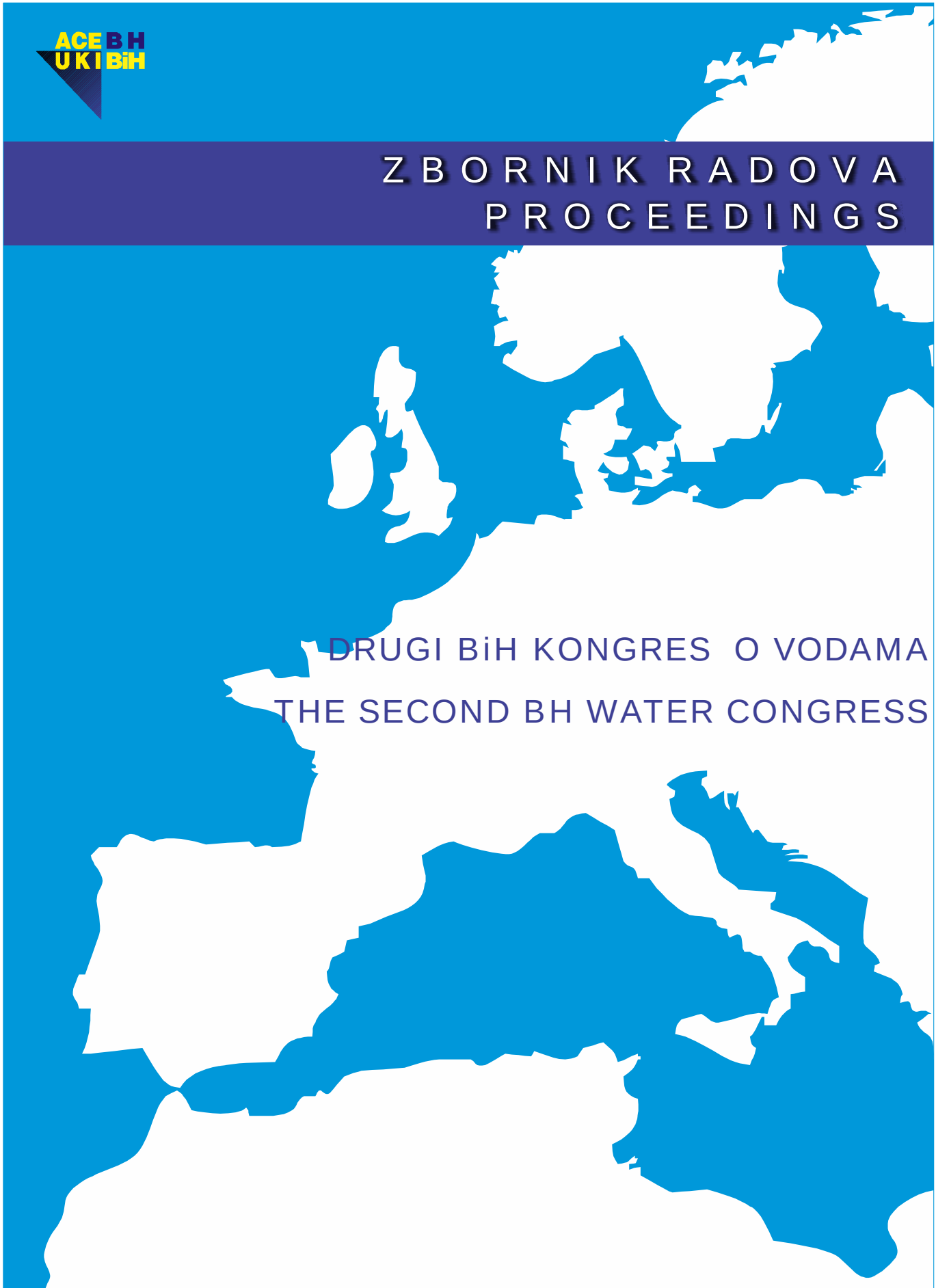
ACE BH
UKI BiH

ZBORNIK RADOVA
PROCEEDINGS



DRUGI BiH KONGRES O VODAMA

THE SECOND BH WATER CONGRESS

Sarajevo
Bosna i Hercegovina
07 - 08 novembar 2019.

ZBORNIK RADOVA

PROCEEDINGS



Poštovani sudionici Kongresa,

Udruženje Konsultanata Inženjera BiH (UKI BiH/ACE BH) snažno podržava sve odluke i preporuke Ujedinjenih Nacija koje potiču ekološku osvještenost i djelovanje na području zaštite okoliša.

Zbog toga smo odlučili da **Zbornik radova** ne štampamo u punom obimu, nego da ga prebacimo u digitalno izdanje i postavimo na Internet.

Zbornik radova je dostupan na web adresi : **www.uki.ba/zbornikradovakov2019**

Vjerujemo da i Vi podržavete ove aktivnosti UKI BiH/ACE BH kao doprinos politici očuvanja zdravlja naše planete.

DRUGI BiH KONGRES O VODAMA

THE SECOND B&H WATER CONGRESS

Sarajevo, Bosna i Hercegovina
07 - 08 novembar 2019.

Z B O R N I K R A D O V A

P R O C E E D I N G S

IZDAVAČ/PUBLISHER:
UDRUŽENJE KONSULTANATA INŽENJERA BOSNE I HERCEGOVINE
UDRUGA KONZULTANATA INŽENJERA BOSNE I HERCEGOVINE
УДРУЖЕЊЕ КОНСУЛТАНАТА ИНЖИЊЕРА БОСНЕ И ХЕРЦЕГОВИНЕ
ASSOCIATION OF CONSULTING ENGINEERS BOSNIA AND HERZEGOVINA
Put života bb
71 000 Sarajevo
Bosna i Hercegovina
tel: 00387 33 276 323
fax: 00387 33 276 355
e-mail: uki@bih.net.ba
URL: www.uki.ba

ZA IZDAVAČA / FOR PUBLISHER:
Ešref Gačanin

UREDNIK / EDITOR:
Alen Mehić, Emir Jašarević i Nataša Stanišić

GRAFIČKI UREDNIK / LAYOUT EDITOR:
Alen Mehić

TEHNIČKA PODRŠKA / TECHNICAL SUPPORT:
Emir Jašarević

PREVOD / TRANSLATION:
Alen Mehić i Emir Jašarević

GRAFIČKO OBLIKOVANJE I PRIPREMA ZA ŠTAMPU / DESIGN AND PREPRESS:
CPU Printing Co.

ŠTAMPA / PRESS:
CPU Printing Co.

TIRAŽ / EDITION
200 primjeraka

DRUGI BiH KONGRES O VODAMA

THE SECOND B&H WATER CONGRESS

ORGANIZATOR / ORGANIZER:

UDRUŽENJE KONSULTANATA INŽENJERA BOSNE I HERCEGOVINE
UDRUGA KONZULTANATA INŽENJERA BOSNE I HERCEGOVINE
УДРУЖЕЊЕ КОНСУЛТАНАТА ИНЖИЊЕРА БОСНЕ И ХЕРЦЕГОВИНЕ
ASSOCIATION OF CONSULTING ENGINEERS BOSNIA AND HERZEGOVINA

POKROVITELJ / SUPPORTER

Ministarstvo vanjske trgovine i ekonomskih odnosa BiH /
Ministry of Foreign Trade and Economic Relations of BiH

ORGANIZACIJSKI ODBOR/
ORGANIZATIONAL BOARD

Predsjednik / President

Miroslav Vujatović, UKI BiH

Članovi / Members

Enko Hubanić, UKI BiH
Boško Kenjić, Ministarstvo vanjske trgovine i ekonomskih odnosa BiH
Damir Mrđen, Agencija za vodno područje jadranskog mora
Sejad Delić, Agencija za vodno područje rijeke Save
Mirza Hujić, Pomoćnik ministra u Ministarstvu vanjske trgovine i ekonomskih odnosa
Tomislav Lukić, Federalno ministrstvo okoliša I turizma
Adnan Pašalić, Vlada Brčko Distrikta
Dragan Mitrović, Republički zavod za geološka istraživanja RS
Miroslav Milovanović, Direktor Javne ustanove „Vode Srpske“
Branko Čolić, Javna ustanova “Vode Srpske”
Amela Ćerić, JP Elektorprivreda BiH
Jelena Jokanović, Elektroprivreda RS
Hazim Zečević, Udruženje poslodavaca komunalne privrede FBiH
Branka Trninić, Udruženje “Vodovodi RS”
Almir Bijedić, Federalni hidrometeorološki zavod
Zoran Božović, Republički hidrometeorološki zavod RS
Zoran Popović, JP vodovod Banja Luka
Injac Zoran, predsjednik inženjerske komore RS
Daniel Maestro, Sanitarni inženjer, Zavod za javno zdravstvo FBiH, firma “Sanitarac”

PROGRAMSKI ODBOR/
PROGRAMME BOARD

Predsjednik / President

Prof. dr. Tarik Kupusović

Članovi / Members

Prof. dr. Čedomir Crnogorac
Doc.dr. Anisa Čičić-Miočić
Prof.dr. Neđo Đurić
Hazima Hadžović, dipl.ing
Prof. dr. Nevenko Herceg
Prof.dr. Emina Hadžić
Prof.dr. Munir Jahić
Slobodan Kovačina, dipl. Ing
Prof.dr. Zoran Milašinović
Doc. dr. Gordan Prskalo
Doc. dr. Željko Rozić
Doc. dr. Amra Serdarević
Prof. dr. sc. Ferid Skopljak
Doc. dr. Admir Softić
Prof. dr. sc. Svjetlana Stanić-Koštroman
Doc. dr. Suad Špago
Prof. dr. Izet Žigić

ZBORNIK RADOVA

PROCEEDINGS



DRUGI BiH KONGRES O VODAMA

THE SECOND B&H WATER CONGRESS

SADRŽAJ
CONTENTS

SADRŽAJ // CONTENT

UPRAVLJANJE VODAMA U BIH PO UN „AGENDI 2030“ ZA ODRŽIVI RAZVOJ

WATER MANAGEMENT IN B&H ACCORDING TO UN AGENDA 2030 FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT 5

ZNAČENJE VODE U BUDIZMU, HINDUIZMU, ISLAMU, KRŠĆANSTVU I ŽIDOVSTVU

Kako religijske zajednice u BiH mogu doprinijeti vrednovanju i zaštiti vode kao jednog od najvažnijih elementa života

THE MEANING OF WATER IN BUDDHISM, HINDUISM, ISLAM, CHRISTIANITY AND JUDAISM

How religious communities in B&H can contribute to the evaluation and protection of water as one of the most important elements of life 11

KLIMATSKE PROMJENE U BiH I OBAVEZE I PREPORUKE KOJE PROIZILAZE IZ PARIŠKOG SPORAZUMA

CLIMATE CHANGE IN BiH AND OBLIGATIONS AND RECOMMENDATIONS ARISING FROM THE PARIS AGREMENT 24

ANALIZA KLIMATSKIH PROMJENA – SLIV RIJEKE BOSNE U FBIH

CLIMATE CHANGE ANALYSIS – BOSNA RIVER BASIN IN FEDERATION OF B&H 30

USKLAĐIVANJE ODREDBI PRAVILNIKA O UTVRĐIVANJU ZONA ZAŠTITE PODZEMNIH VODA U KRŠU S KONCEPTOM ODRŽIVOG RAZVOJA

COORDINATION OF THE DIRECTIVES OF THE REGULATIONS ON THE ESTABLISHMENT OF GROUNDWATER PROTECTION ZONES IN KARST WITH THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT CONCEPT 44

ZNAČAJ ERASMUS + PROJEKATA U JAČANJU VISOKOŠKOLSKOG OBRAZOVANJA, PRIMJER NATRISK I BESTSDI PROJEKAT

THE IMPORTANCE OF ERASMUS + PROJECTS IN STRENGTHENING HIGHER EDUCATION, EXAMPLE NatRisk AND BESTSDI PROJECT 51

KARAKTERISTIKE POLITIKE VODA U BIH I POTREBA ZA PROMJENOM PRISTUPA

CHARACTERISTICS OF WATER POLICY IN BOSNIA AND HERZEGOVINA AND THE NEED FOR CHANGE IN THE APPROACH 58

SEKTOR VODA U PROCESU EU INTEGRACIJA

WATER SECTOR IN EU INTEGRATION PROCESS 64

ZAŠTITA VODA U EU, OKVIRNA DIREKTIVA O VODAMA - JUČER, DANAS, SUTRA

WATER PROTECTION IN THE EU, WATER FRAMEWORK DIRECTIVE – THE PAST, PRESENT AND FUTURE 71

PRIPREMA PODLOGA ZA IZRADU TRANSNACIONALNIH SMJERNICA ZA UPRAVLJANJE RIJEČNIM NANOSOM NA SLIVU DUNAVA U REPUBLICI HRVATSKOJ U OKVIRU EU PROJEKTA DANUBE SEDIMENT

PREPARING THE BASE FOR TRANSNATIONAL GUIDELINE FOR THE DANUBE BASIN SEDIMENT MANAGEMENT IN CROATIA – EU DANUBE SEDIMENT PROJECT 79

ANALIZA HIDROMORFOLOŠKIH PRITISAKA NA VODNOM PODRUČJU RIJEKE SAVE U FEDERACIJI BIH

ANALYSIS OF HYDROMORPHOLOGICAL PRESSURES IN THE WATER AREA OF THE SAVA RIVER IN THE BIH FEDERATION 86

USPOSTAVA MONITORINGA PODZEMNIH VODA ZA VODNO PODRUČJE RIJEKE SAVE U FEDERACIJI BOSNE I HERCEGOVINE

ESTABLISHMENT OF THE GROUNDWATER MONITORING FOR THE SAVA RIVER BASIN IN THE FEDERATION OF BOSNIA AND HERZEGOVINA 98

ANTROPOGENI UTJECAJI NA SLIVNO PODRUČJE RIJEKA LIŠTICE I RADOBOLJE

INFLUENCE OF ANTHROPOGENIC PRESSURES ON THE CATCHMENTS OF THE LIŠTICA AND RADOBOLJE RIVERS.....106

INOVATIVNI INTEGRIRANI ALATI ZA PRAĆENJE ONEČIŠĆENJA U VODENIM EKOSUSTAVIMA

INNOVATIVE INTEGRATED TOOLS FOR MONITORING POLLUTION IN AQUATIC ECOSYSTEMS.....111

DIVERZITET DIJATOMEJA RIJEKE OSKOVE

DIATOM DIVERSITY IN THE OSKOVA RIVER 117

PRIMJENA FITOBENTOSA U OCJENI EKOLOŠKOGA STATUSA POVRŠINSKIH VODA EVROPE I BOSNE I HERCEGOVINE

APPLICATION OF PHYTOBENTHOS IN THE EVALUATION OF ECOLOGICAL STATUS OF WATER BODIES IN EUROPE AND BOSNIA AND HERZEGOVINA 126

VODNA TIJELA ZAŠTIĆENOG PEJZAŽA KONJUH

GROUNDWATER BODY A PROTECTED LANDSCAPE KONJUH 134

SISTEM PROGNOZE I UPOZORENJA NA POPLAVE U SLIVU RIJEKE SAVE

FLOOD FORECASTING AND WARNING SYSTEM IN THE SAVA RIVER BASIN..... 144

PRVI OPERATIVNI EVROPSKI SISTEM UPOZORENJA NA POPLAVE

EFAS - EUROPEAN FLOOD AWARENESS SYSTEM 155

UTJECAJ KLIMATSKIH PROMJENA NA BUDUĆE POPLAVE U BOSNI I HERCEGOVINI

THE CLIMATE CHANGE IMPACT ON FUTURE FLOOD EVENTS IN BOSNIA AND HERZEGOVINA 166

USPOSTAVA SISTEMA PREDVIĐANJA POPLAVA U REALNOM VREMENU ZA SLIV RIJEKE VRBAS U BOSNI I HERCEGOVINI

ESTABLISHING A REAL TIME FLOOD FORECASTING SYSTEM FOR THE VRBAS RIVER BASIN IN BOSNIA AND HERZEGOVINA 179

HIDROLOŠKI MODEL VELIKIH VODA NA PRIMJERU KRŠKOG SLIVA

HYDROLOGICAL MODEL OF FLOOD WATERS IN KARST RIVER BASIN..... 187

BUJICE, OSOBINE, POSLJEDICE I PREVENTIVNE MJERE S OSVRTOM NA KANTON SARAJEVO

TORRENTS, FEATURES, CONSEQUENCES AND PREVENTIVE MEASURES WITH REGARD TO SARAJEVO CANTON 197

ŠTETNO DEJSTVO POPLAVA NA MOSTOVE

HARMFUL EFFECTS OF FLOODING ON BRIDGES 213

ODREĐIVANJE KARATA OPASNOSTI OD POPLAVA U SLUČAJU MOGUĆEG RUŠENJA BRANE TRIBISTOVO

MAPPING THE FLOOD AREAS IN CASE OF A POSSIBLE DAM BREAK FOR TRIBISTOVO RESERVOIR 226

INTEGRALNO UPRAVLJANJE VODAMA NA PRIMJERU IMPLEMENTACIJE PROJEKTA WATSAN FBIH - “VODOSNABDIJEVANJE I ODVODNJA OTPADNIH VODA U FEDERACIJI BOSNE I HERCEGOVINE”

INTEGRATED WATER MANAGEMENT IN THE EXAMPLE OF IMPLEMENTATION OF WATSAN FBIH PROJECT - “WATER SUPPLY AND SANITATION IN THE FEDERATION OF BOSNIA AND HERZEGOVINA” 235

UREDBA O METODOLOGIJI UTVRĐIVANJA NAJNIŽE OSNOVNE CIJENE VODNIH USLUGA U FEDERACIJI BOSNE I HERCEGOVINE - RADNI TEKST UREDBE - 242

ULOGA NEDRŽAVNIH AKTERA U SEKTORU VODNIH USLUGA U FEDERACIJI BOSNE I HERCEGOVINE

THE ROLE OF NON-STATE ACTORS IN WATER SERVICES IN FEDERATION OF BOSNIA AND HERZEGOVINA....249

NOVI PRISTUP UPRAVLJANJA URBANIM OBORINSKIM VODAMA

NEW APPROACH OF URBAN STORMWATER MANAGEMENT 256

UTICAJ ODVODNJE OBORINSKIH VODA NA SIGURNU SANACIJU KLIZIŠTA

IMPACT OF PRECIPITATION WATER DRAINAGE ON SAFE LANDSLIDE REMEDIATION 264

ANTIFRAGILITY AND THE DEVELOPMENT OF URBAN WATER INFRASTRUCTURE....271

RAZLIKE U KVALITETU VODOSNABDIJEVANJA RURALNIH PODRUČJA NA TERITORIJI OPĆINE KONJIC

DIFFERENCES IN THE QUALITY OF WATER SUPPLY IN RURAL AREAS OF KONJICMUNICIPALITY 280

ZAŠTITA OD PRECRPLJIVANJA IZVORIŠTA SPREČKO POLJE KOD TUZLE

PROTECTION AGAINST OVERPUMPING OF SOURCE SPREČKO POLJE NEAR TUZLA. 286

PILOT VERIFIKACIJA POTENCIJALNIH TEHNOLOGIJA TRETMANA MULJA U BIH

PILOT VERIFICATION OF POTENTIAL TECHNOLOGIES FOR SLUDGE TREATMENT IN BIH....296

TRETMAN I ODLAGANJE MULJA SA DEPONIJA I POSTROJENJA ZA PREČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA KROZ PRIMJERE

TREATMENT AND FINAL DISPOSAL OF SLUDGE FROM LANDFILLS AND WASTEWATER TREATMENT PLANTS WITH EXAMPLES 302

VISOKE BRANE U JUGOSLAVIJI

LARGE DAMS IN YUGOSLAVIA 318

KORIŠĆENJE VODNIH SNAGA – OD PRVOG VODNOG KOLA DO SAVREMENIH HIDROTURBINA

USE OF WATER POWER - FROM THE FIRST WATER WHELL TO MODERN HYDROTURBINS 341

NEKA ISKUSTVA U REALIZACIJI I KORIŠĆENJU MALIH HIDROELEKTRANA U BOSNI I HERCEGOVINI

EXPERIENCES IN THE IMPLEMENTATION AND USE OF SMALL HYDRO POWER PLANTS IN BOSNIA AND HERZEGOVINA....351

RECREATIONAL WATERS - RISK ASSESSMENT 361

KOMPARATIVNA MJERENJA PROTICAJA

COMPARATIVE FLOW MEASUREMENTS 368

POMORSKA DRŽAVA BOSNA I HERCEGOVINA, ŠANSE, OGRANIČENJA I MOGUĆNOSTI

MARITIME STATE OF BOSNIA AND HERZEGOVINA,CHANCE,LIMITATIONS AND OPPORTUNITIES .. 378

PROBLEMATIKA VELIKIH INDUSTRIJSKIH ZAGAĐIVAČA NA PRIMJERU FABRIKE „GLOBAL ISPAT KOKSNA INDUSTRIJA LUKAVAC“ D.O.O. LUKAVAC 381

VODA U TEHNOLOŠKIM PROCESIMA TERMOELEKTRANE „TUZLA“

WATER IN TECHNOLOGICAL PROCESSES OF „TUZLA“ THERMAL POWER PLANT 394

MORFOLOŠKE PROMJENE KORITA RIJEKE ŽELJEZNICE NA PODRUČJU SARAJEVSKOG POLJA

MORPHOLOGICAL CHANGES OF THE RIVERBED OF ŽELJEZNICA RIVER IN THE AREA OF THE FIELD „SARAJEVSKO POLJE“ 406

HIDROGEOLOŠKA ISTRAŽIVANJA PODZEMNIH VODA U FLIŠU GORNJE KREDE NA PODRUČJU ILIJAŠA, BOSNA I HERCEGOVINA

HYDROGEOLOGICAL EXPLORATION OF GROUNDWATER IN THE UPPER CRETACEOUS FLYSCH IN THE ILIJAŠ AREA, BOSNIA AND HERZEGOVINA 414

ODREĐIVANJE POLOŽAJNOG I VISINSKOG TRANSFORMACIONOG MODELA IZ ETRS89 REFERENTNOG OKVIRA U ZVANIČNE GEODETSKE DATUME BOSNE I HERCEGOVINE

DEVELOPMENT OF POSITIONAL AND HEIGHT TRANSFORMATION MODELS FROM ETRS89 REFERENCE FRAME TO OFFICIAL GEODETIC DATUMS IN BOSNIA AND HERZEGOVINA 425

HIDROGEOLOŠKE KARAKTERISTIKE TERENA TRGOVSKA GORA KAO POTENCIJALNE LOKACIJE ZA ODLAGANJE NUKLEARNOG OTPADA

HYDROGEOLOGICAL CHARACTERSTICS OF THE TERRITORY OF TRGOVSKA GORA AS A POTENTIAL SITE FOR NUCLEAR WASTE DISPOSAL 431

VAŽNOST HIDROMORFOLOŠKIH ELEMENATA U OCJENI STANJA VODNIH TIJELA NA PRIMJERU VODNOG PODRUČJA JADRANSKOG MORA U FEDERACIJI BIH 436

UPRAVLJANJE VODAMA U BIH PO UN „AGENDI 2030“ ZA ODRŽIVI RAZVOJ

WATER MANAGEMENT IN B&H ACCORDING TO UN AGENDA 2030 FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Prof. dr Tarik Kupusović, dipl. inž. građ.
Institut za hidrotehniku d.d. Sarajevo,
Stjepana Tomića 1, 71.000 Sarajevo
tarik.kupusovic@heis.ba

Sažetak: UN „Agenda 2030“, sa svojih 17 Ciljeva održivog razvoja, treba pomoći u iskorijenjivanju siromaštva i nepravde, te rješavanju klimatskih promjena. Tekuće aktivnosti u BiH na provođenju Agende 2030, koje se u radu izlažu, formalno vode vlasti u BiH svih nivoa, ali ove procese stvarno vode međunarodne organizacije sa timovima domaćih stručnjaka. Promovira se koherentnost politika održivog razvoja sa planovima pristupanja BiH EU i Ciljevima održivog razvoja. Strateški pravci za BiH su „Dobra uprava“, „Pametni rast“, „Investiranje u novi društveni ugovor“ i „Ljudski kapital za 21. stoljeće“. Značaj voda za održivi razvoj tek se prepoznaje. Da bi se dostigli Ciljevi, potrebno je „*Pametno upravljanje vodama*“, interaktivno sa energijom, poljoprivredom i drugim sektorima. Neophodne su tehnološke i druge inovacije, na čemu će se u BiH tek početi raditi.

Ključne riječi: Ciljevi održivog razvoja, Pristupanje BiH EU, Aktuelni procesi u BiH, Vode

Abstract: UN Agenda 2030 with its 17 Goals of Sustainable Development should eradicate poverty, fight inequalities and tackle climate change. Actual activities in B&H formally are led by the all levels of authorities in B&H, but these processes are really led by International organizations, with the teams of local experts. They are promoting coherency of the sustainable development policy with the plans to accession of B&H to EU. Strategic pathways in BiH are: Good governance and public sector management, Smart growth, Investing in a new social contract, and Human capital for the 21st century.

Importance of water for sustainable development is just recognizing. To achieve the Goals, Smart Water Management interactively with energy, agriculture, and other sectors is needed. Necessary technological and other innovations in B&H are at the beginning.

Key words: Sustainable Development Goals, B&H accession to EU, Actual processes in B&H, Water

1. UVOD – ŠTA JE AGENDA 2030?

Na UN Samitu o održivom razvoju održanom 2015. godine, sve države članice Ujedinjenih nacija usvojile su Agendu 2030, koja sadrži **17 Ciljeva održivog razvoja** sa ciljem iskorjenjivanja siromaštva, borbe protiv neravnopravnosti i nepravde i rješavanja pitanja klimatskih promjena do 2030. godine.

Ciljevi održivog razvoja, koji se nazivaju i Globalnim ciljevima, predstavljaju nadgradnju Milenijumskih razvojnih ciljeva, koje se svijet bio obavezao da će postići do 2015. godine. Milenijumski ciljevi, usvojeni 2000. godine, obuhvatali su veliki broj pitanja, uključujući borbu protiv siromaštva, gladi, bolesti, neravnopravnosti polova i obezbjeđivanje vode i sanitarnih uslova života. UN navodi da je na postizanju Milenijumskih ciljeva ostvaren veliki uspjeh, ali takođe da siromaštvo nije nešto posebno značajno smanjeno, niti je u oblasti sanitacije (pitka voda, kanalizacija i prečišćavanje otpadnih voda, te upravljanje čvrstim otpadom) postignut neki naročiti uspjeh. Globalni ciljevi i širi program održivosti idu mnogo dalje od Milenijumskih ciljeva i bave se osnovnim uzrocima siromaštva i univerzalnom potrebom razvoja na dobrobit svih ljudi.

2. KOJI SU TO USVOJENI GLOBALNI CILJEVI?

Evo ih:



O svakom od njih vrijedi ukratko navesti neke činjenice.

Svijet bez siromaštva i gladi, s ljudima koji uživaju dobru zdravstvenu zaštitu i žive u blagostanju – Od 1.9 milijardi 1990, u svijetu je prepolovljen broj ljudi koji žive u ekstremnom siromaštvu i imaju veoma slabu zdravstvenu zaštitu, većinom u Južnoj Aziji i sub-Saharskoj Africi, posebno u zemljama izloženim konfliktima.

Kvalitetno obrazovanje jednako za dječake i djevojčice u osnovnim školama je u svijetu uglavnom postignuto, s porastom pismenosti na preko 90%. **Rodna ravnopravnost** je takođe uglavnom postignuta, mada u samo 46 zemalja žene zauzimaju više od 30% mjesta u parlamentima.

Čista voda i sanitarni uslovi – Dostupnost pitke vode je sa 76% 1990. porasla na 91%. Ipak, 2.5 milijarde ljudi nema odgovarajuće sanitarne usluge. Hidroenergija je sa 71% od svih, najvažniji obnovljivi izvor energije, pri čemu daje 16.4% energije iz svih izvora. Oko 70% voda se koristi za navodnjavanje, dok su poplave sve češća i najopasnija pojava.

Pristupačna energija - Jedan od pet ljudi na Planeti (1.3 milijardi) još uvijek nema modernu i redovnu električnu energiju. Tri milijarde ljudi za kuhanje i grijanje koristi drvo, ugalj ili životinjski otpad. Energetika dominantno, sa oko 60%, doprinosi klimatskim promjenama. Dobivanje čiste i neiscrpne energija iz obnovljivih izvora (vjetar, voda, sunce, biomasa i geotermalna) je neizbježno, a danas je ono svega 15% u globalnim razmjerama.

Dostojanstveno zaposlenje i ekonomski rast je jedini način da se ljudi u nerazvijenim zemljama izbave iz siromaštva. Tipično se poslovi kreiraju u malim i srednjim preduzećima procesne industrije, manufakture i drugog, shodno lokalnim prilikama.

Dobra infrastruktura omogućuje industrijalizaciju, od osnovne, poljoprivredne i prehrambene, do najnaprednije i inovativne.

Smanjenje nejednakosti unutar i među zemljama je proklamovani strateški cilj, ali se, uprkos mnogim projektima, razlike stvarno povećavaju.

Održivi gradovi – danas već pola stanovnika Planete živi u većim gradovima i taj trend će se nastaviti. Brza urbanizacija povećava probleme s dobavom čiste vode, kanalizacijom i prečišćavanjem otpadnih voda, održavanjem javnog zdravlja, te uopće životnim ambijentom.

Osigurati dugoročno **održivu proizvodnju i potrošnju** je jedan od najvećih izazova. Hrana, energija i voda se često rasipaju, pa neki proračuni pokazuju da bi nam sveukupno trebali prirodni resursi tri planete, ako bi se sadašnji stil života nastavio.

Očuvanje klime traži globalnu akciju, koju je veoma teško postići. Fosilna goriva i promjena korištenja zemljišta najviše doprinose klimatskim promjenama, koje je možda moguće ograničiti raznim inovativnim tehnološkim mjerama i promjenama u ponašanju.

Očuvanje života u okeanima je jako važno, jer oni prekrivaju ¾ površine Zemlje, sadrže 97% vode na Zemlji i po volumenu predstavljanju 99% životnog prostora na Planeti. Međutim, 40% zapremine svjetskih okeana su pod značajnim uticajem ljudskih aktivnosti, kao što je zagađivnje, icsrpljivanje ribarstva i gubitak obalnih staništa.

Život na zemlji ugrožen je globalno gubljenjem šuma, degradacijom poljoprivrednog zemljišta, erozijom i širenjem pustinja.

Mir, pravda i snažne institucije su preduslov održivosti zajednica, smanjenja broja izbjeglica, smanjenja korupcije i podmićivanja, te izbjegavanja poreza.

Samo **partnerstvom** razvijenih i onih u razvoju na svim poljima, moguće je dostići Globalne ciljeve.

Svi navedeni ciljevi, odnosno Agenda 2030, zasnivaju se na tri ključna načela:

- **Univerzalnost** - Agenda je primjenjiva na sve zemlje;
- **Integracija** - održivi razvoj zahtijeva politike i programiranje koji paralelno sadrže društvene, okolišne i ekonomske komponente; i
- **Niko ne smije biti isključen** - aspekti generacijske i međugeneracijske jednakosti trebaju podržati tranziciju prema održivom razvoju.

3. ŠTA KAŽE EVROPSKA UNIJA?

Pristupanje Evropskoj uniji (EU) uživa koncenzus i sveobuhvatni je prioritet za BiH. EU Sporazum o stabilizaciji i pridruživanju (SSP, koji je stupio na snagu 2015. godine), definira BiH kao „potencijalnog kandidata“ za pristupanje EU; BiH je formalno predala zahtjev za članstvo u EU u februaru 2016. godine. **Mišljenje** Evropske komisije iz maja 2019. godine o kandidaturi države navodi da „pregovori za pristupanje Evropskoj uniji trebaju biti otvoreni sa Bosnom i Hercegovinom kada država postigne neophodni nivo usklađenosti sa kriterijima za članstvo, a posebno Političkim kriterijima iz Kopenhagena, koji zahtijevaju stabilnost institucija koje garantiraju značajan nivo demokratije i vladavine prava“.

Tekuće aktivnosti u BiH na provođenju Agende 2030 (formalno) vode vlasti u BiH (Predsjedništvo BiH, Vijeće ministara BiH, entitetske vlade, i drugi), ali su Delegacija EU u BiH, tim UN agencija, programa i fondova u BiH (ukupno 13), Svjetska Banka i MMF, te posebno Švedska i Švicarska te koje stvarno vode ove procese u BiH. Promovira se koherentnost politika održivog razvoja sa planovima pristupanja EU i Ciljevima održivog razvoja. U sve je naravno uključen i izvjestan broj domaćih nezavisnih eksperata, te veći broj domaćih ljudi koji rade u pomenutim međunarodnom organizacijama, kao i pojedini regionalni i svjetski eksperti.

Sve domaće vlasti su (deklarativno) proklamovale da prepoznaju suštinski potencijal provedbe Agende 2030 i vide to kao mogućnost za unapređenje društvenih, ekonomskih i okolišnih aspekata života u zemlji kao i značajno poboljšanje regionalne saradnje. Stoga, **svi nivoi vlasti su posvećeni zajedničkom postizanju Ciljeva održivog razvoja, u skladu sa svojim ustavnim nadležnostima**. **Pristupanje Evropskoj uniji i Agenda 2030 su procesi koji**

su komplementarni i uzajamno se podržavaju, što potiče institucije i građane da teže boljem društvu i budućnosti gdje niko neće biti isključen te gdje su ljudi, prosperitet, mir, partnerstvo i briga za našu planetu u središtu bolje i zajedničke budućnosti. Dakle, vlasti (deklarativno) hoće; doduše, slabo znaju kako će; svi nam pomažu, ali mi nikako da krenemo, očito, iz političkih razloga, koje kreiraju vladajuće (ili „pobjedničke“) stranke. Ipak, krenućemo, kad' li, tad' li.

4. GDJE JE U SVEMU VODA?

Voda je svugdje, jer svakome i u svim aktivnostima treba kvalitetna voda, te zaštita od štetnog djelovanja voda. Prema Svjetskom ekonomskom forumu iz Davosa, bolje upravljanje vodama predstavlja jedan od najvećih i za unaprjeđivanje najhitnijih društvenih, okolišnih i ekonomskih izazova današnjice.

Značaj voda za održivi razvoj još nije dovoljno šire prepoznat. Da bi se dostigli Globalni ciljevi, potrebno je „**Pametno upravljanje vodama**“. Neophodne su tehnološke i možda još više ne-tehnološke inovacije u svim zajednicama, od sela i mjesnih zajednica, općina i gradova, pa do većih i najvećih prekograničnih riječnih bazena i mora, uključivanjem svih relevantnih strana u upravljanje vodnim sistemima. Samo monitoring, transparentnost, uključivost i odgovornost mogu dovesti do mnogo boljeg, dakle Pametnog upravljanja vodama, koje je kritično za Globalne ciljeve održivosti.

Ali, šta je to stvarno „Pametno upravljanje vodama“? To je uvođenje novih tehnologija u odavno „zrele“, klasične tehnologije korištenja voda, zaštite voda i zaštite od voda. Budućnost svijeta je svakako u novim tehnologijama takozvane četvrte industrijske revolucije (ili Industrije 4.0), koja se sastoji u prilagođavanju proizvodnje (dakle upravljanju) pametnom automatizacijom, samo-dijagnozom i otklanjanjem problema, te svjesnim i inteligentnim procesom donošenja odluka. Sve bi to, kao i mnogo čega drugog, osim u „pravoj“ industriji, trebalo „ugraditi“ i u upravljanje vodama.

Evropska agencija za okoliš ima 7 „Vodnih indikatora“:

- Korištenje svježih vodnih resursa;
- Intenzitet potrošnje vode u poljoprivredi;
- Tretman urbanih otpadnih voda;
- Potrošnja kisika u rijekama
- Nutrienti u svježim vodama;
- Efikasnost vodnih resursa i
- Kvalitet voda za kupanje.

Svi oni se, sistematski ili ne, već prate u BiH. Ciljne vrijednosti svih indikatora definisane su relevantnim standardima (WHO, FAO i drugi), kao i EU direktivama.

Veoma intersantan za BiH je dodatni indikator **„Indeks korištenja voda“**. To je svako korištenje, odnosno potrošnja vode, osim za hidroenergiju, kao procenat zahvatanja od ukupne srednje godišnje vrijednosti raspoloživih obnovljivih vodnih resursa, na nivou zemlje, odnosno slivnih područja. U razvijenim zemljama, ovaj index je 15 – 40% (Španija 34%, Belgija 30%, Poljska i Njemačka 18%, Francuska 16% ...), dok je u zemljama u razvoju 0,5 do 5% (Slovenija 3.6%, Srbija 2.4%, Hrvatska 0.6%, Bosna i Hercegovina 0.5%, te Crna Gora 0,2%). Dakle, sve je prilično jasno – uz ostale faktore, razvijene zemlje su postale razvijene pametnim korištenjem svojih voda!

Politička i intelektualna elita, administracija i čak nevladine organizacije u zemljama u razvoju pokušavaju kopirati danas analogne aktivnosti u razvijenim zemljama. Bogate zemlje i mnoge finansijske institucije pomažu nerazvijenim da sačuvaju svoje „nedirnute“ prirodne resurse, kažu, za svoju održivu budućnost. Međutim, rezultat je da nerazvijeni ostaju nerazvijeni, a već razvijeni postaju još razvijeniji, sa svojom održivom budućnošću! Dakle, sve je stvarno do lokalne elite, do promocije pametnog korištenja voda.

5. POVEZANOST VODE I ENERGIJE

Specijalna pažnja posvećuje se činjenicama o povezanosti vode i energije, u svjetlu socio-ekonomskih, tehnoloških i političkih inovacija u oba sektora, da bi se izgradilo „**Pametno vodno-energijsko društvo**“ (engleski „Water & Energy smart society“).

Postoji mnogo značajnih zajedničkih karakteristika u snabdijevanju vodom i energijom, među kojima se neophodnost da se razvežu potrošnja i energije i vode od ekonomskog rasta i razvoja čini najvažnija. Aktuelni izazovi nisu samo da se optimiziraju međusobne veze usluga snabdijevanja vodom i energijom, nego još više da se ostvari napredak u elastičnosti, održivosti i prilagodljivosti.

Do 2050, zahtjevi za energijom će se globalno gotovo udvostručiti, a zahtjevi za vodom se procjenjuju uvećati za 50%. Izazovi podmirenja ovih zahtjeva se dalje usložnjavaju zbog uticaja klimatskih promjena. Prelazak na nisko-emisioni razvoj, zbog klimatskih promjena, okolišnih i drugih razloga, ako se njime ne bude dobro upravljalo, može pogoršati stanje voda i vodnog režima, ili kao proces biti značajno ograničen stanjem kvaliteta i režima voda.

Saradnja i sinergija vodnih i energijskih komunalnih preduzeća je neophodan korak za „pametni grad“ budućnosti. Povećanje fragmentacije sektora voda, kao i upravljački, institucionalni i pravni aspekti su glavne prepreke za ovu saradnju. Da bi se dostigli ciljevi nisko-emisionog razvoja, mora se smanjiti specifična potrošnja energije, znatno povećati proizvodnju energije iz obnovljivih izvora, ali sačuvati vodu i ekosisteme zavisne o vodi. Energetici budućnosti treba sve više vode za razne potrebe, a voda je ograničeni resurs. Uštede vode i energije su dobre i za Planetu, odnosno naš okoliš, i za biznis.

Potpuno je jasno da prelaz na čistije i održivije energijske sisteme znači daljnje značajno povećanje izgradnje parkova vjetroelektrana i solarnih sistema. Ovi sistemi po prirodi stvari električnu energiju proizvode samo povremeno, isprekidano, shodno varijabilnostima raspoloživosti vjetra i sunca. U ovoj novoj situaciji, neophodna je mnogo veće fleksibilnost drugih proizvođača, da bi se obezbijedila stabilnost elektro-energetske mreže. Uz hidroelektrane (HE) sa većim akumulacijama, pumpno-reverzibilne HE su jedine u stanju obezbijediti uskladištenje većih količina električne energije akumuliranjem vode na višoj koti, uz preuzimanje energije od proizvođača koji ne mogu u veoma kratkom vremenu prekinuti proizvodnju električne energije, za koju tokom nekog vremena nema potražnje, a to su prije svega termo i nuklearne elektrane.

6. TURIZAM

Turizam u BiH se zasniva na prirodnim ljepotama i kulturnom naslijeđu zemlje - i jedno i drugo su povezani sa investicijama u okolišnu održivost. Bez obzira na značajan turistički potencijal zemlje, BiH zaostaje za većinom susjednih zemalja po mnogim sektorskim indikatorima (npr, broj dolazaka stranih turista). Ovo nije slučaj samo kada se porede zemlje koje privlače turiste zbog morskog turizma (npr. Hrvatska, Albanija, Bugarska) nego i kada se poredi sa zemljama koje nemaju izlaz na more, a koje su napravile ozbiljne investicije u zimski, planinski, vinski i druge oblike turizma, koji su primjenljivi i za BiH (npr, Mađarska, Slovačka).

Veći naglasak na turizam - uz odgovarajuće investicije u održivo upravljanje vodama i otpadom, transport i slično - mogao bi osigurati povrat u smislu zelenog rasta. Ovo bi moglo biti od posebne pomoći relativno nedovoljno razvijenim ruralnim/planinskim područjima, koja imaju dobar turistički potencijal - posebno zato što je turizam radno intenzivan sektor i mogao bi biti podržan kroz putovanja ljudi iz dijaspore.

7. OKVIR CILJEVA ODRŽIVOG RAZVOJA U BIH

Pristupanje Bosne i Hercegovine Evropskoj uniji i Agenda 2030 su znači procesi koji se uzajamno podržavaju. Ključni pokretači i ograničenja vezana za održivi razvoj u BiH su:

- Demografija, migracije, obrazovanje i ljudski kapital;
- Ekonomski rast i zapošljavanje;
- Socijalna zaštita, kohezija, siromaštvo i ranjivost;
- Javne finansije/fiskalni položaj; i
- Uprava, vladavina prava i ljudska prava.

Tokom širokih konsultacija posljednje dvije godine, pod pokroviteljstvom UN-a, utvrđena su četiri strateška pravca održivog razvoja (akceleratora razvoja) u BiH, koji imaju veliki broj važnih veza i odražavaju razvojnu situaciju i prioritete u zemlji. To su:

- **Dobra uprava i upravljanje javnim sektorom**, kako bi se izgradio odgovoran, transparentan, efikasan i djelotvoran javni sektor, koji može osigurati provedbu vladavine prava;
- **Pametni rast** osigurava pretvaranje inovativnih i produktivnih ideja u proizvode i usluge koje mogu dovesti do otvaranja visokoplaćenih radnih mjesta i velikog rasta, uz očuvanje prirodnog kapitala i smanjenje nejednakosti u društvu. Ovaj pravac podrazumijeva razvoj poduzetništva i poticanje kompanija koje ostvaruju brzi rast;
- **Investiranje u novi društveni ugovor**, kako bi se osiguralo poštivanje UN principa „da niko ne bude isključen“. Ovaj pravac je usko povezan sa reformom uprave i bržim rastom prihoda i zapošljavanja te se fokusira na zatvaranje jazova u sistemima socijalne zaštite u

zemlji, kako bi se na bolji način zaštitili oni koji su suočeni sa najvećim rizikom siromaštva i ranjivosti (npr., starije osobe, osobe sa invaliditetom, stanovnici udaljenih ruralnih područja, određene grupe žena i djece)—s ciljem jačanja socijalne kohezije i vraćanja povjerenja građana u institucije;

- **Ljudski kapital za 21. stoljeće**; BiH se suočava sa velikim izazovima u pogledu unaprjeđenja kvaliteta obrazovanja koje se stječe, uvezivanja obrazovanja i edukacije sa trendovima tržišta rada, promoviranja poduzetničkog obrazovanja te da se to radi na način koji je usklađen sa trendovima digitalizacije. Ovaj pravac je usmjeren na kvalitetno obrazovanje i cjeloživotno učenje, bolju usklađenost ponude na tržištu rada sa potražnjom i investiranje u istraživanje i razvoj - kako bi se ubrzalo stvaranje dostojanstvenih radnih mjesta.

Institucionalnu strukturu, finansiranje za razvoj, te praćenje i izvještavanje tek treba razraditi.

8. ZAKLJUČAK

Moramo se svi uključiti, niko ne smije ostati po strani, što je jedan od ključnih načela Agende 2030!

ZNAČENJE VODE U BUDIZMU, HINDUIZMU, ISLAMU, KRŠĆANSTVU I ŽIDOVSTVU

Kako religijske zajednice u BiH mogu doprinijeti vrednovanju i zaštiti vode kao jednog od najvažnijih elementa života

THE MEANING OF WATER IN BUDDHISM, HINDUISM, ISLAM, CHRISTIANITY AND JUDAISM

How religious communities in B&H can contribute to the evaluation and protection of water as one of the most important elements of life

Prof. dr. sc. Ivan Markešić,
Institut društvenih znanosti Ivo Pilar,
Zagreb, Hrvatska
e-mail: ivan.markesic22@gmail.com

Sažetak: Voda je u svim svjetskim religijama od izuzetne važnosti, kako u budizmu, hinduizmu tako i u islamu, kršćanstvu i židovstvu. Ona je posebna vrijednost ne samo u njihovim svetim knjigama nego i u praktičnim religijskim obredima, što znači da su bez vode nezamislivi mnogi religijski obredi (posebno obredi (o)čišćenja). Vodu se promatra kao dar bogova čovjeku, odnosno kao od Boga Stvoritelja darovano dobro čovjeku pojedincu i ljudskoj zajednici u cjelini. Voda je simbol ne samo početka ljudskoga života na Zemlji uopće, nego i njegova nestanka. Ona je time simbol „stvaranja i razaranja, izobilja i neimaštine, zaštićenosti i prijetnje, čistoće i nečistoće“. A to znači, voda je moć, snaga, i tko ju posjeduje, on i gospodari određenim područjem, on istinski kontrolira populaciju i njezin opstanak. Mnogi primjeri kako iz daleke povijesti spomenutih religija tako i iz najnovije povijesti mnogih nerazvijenih zemalja to zorno pokazuju. Autor će stoga u ovome tekstu posebnu pozornost posvetiti analizi značenja vode u islamu i katoličanstvu s posebnim osvrtom na Bosnu i Hercegovinu te slijedom toga na potrebu (o)čuvanja vodâ i vodnoga blaga kao mogućnosti fizičkog opstanka u današnjemu vremenu.

Ključne riječi: Bosna i Hercegovina, voda, religija, budizam, hinduizam, islam, kršćanstvo, židovstvo, ekologija, bioetika, okoliš

Abstract: Water in all world religions is of extreme importance; this applies to Buddhism and Hinduism as well as Islam, Christianity and Judaism. It is of particular value not only in their holy books but also in practical religious rites. This means that many religious rites (especially rites of purification) are unthinkable without water. Water is considered as a gift from the gods to man, that is, from God the Creator bestowed on man and the human community as a whole. Water is not only a symbol of the beginning of human life on Earth in general, but also of its disappearance. It is thus a symbol of "creation and destruction, abundance and poverty, protection and threat, purity and impurity." This means that water is power and strength; whoever owns it also manages a certain area and truly controls the population and its survival. This is well illustrated in many examples from both the distant history of these religions as well as the recent history of many undeveloped countries. In this paper, the author will pay special attention to the analysis of the meaning of water in Islam and Catholicism, with particular reference to Bosnia and Herzegovina as well as the need for the preservation of water and water treasures as an opportunity for physical survival in contemporary times.

Key words: Bosnia and Herzegovina, water, religion, Buddhism, Hinduism, Islam, Christianity, Judaism, ecology, bioethics, environment

UVOD

U svim svjetskim religijama voda je služila kao sredstvo tjelesnog i duhovnog (o)čišćenja. I time postala simbol pročišćenja. U tu svrhu koristili su je još davno članovi židovske sljedbe Eseni[1]. U budizmu je ona načelo milosti, u taoizmu simbol mudrosti dok u hebrejskoj i kršćanskoj tradiciji simbolizira čin stvaranja. Tamo, gdje su bili izvori vode – u dolinama rijeka i na obalama mora i jezera - oblikovala su se i naselja čime je voda u bitnome pridonijela nastanku ljudskih kultura i civilizacija, što najbolje možemo vidjeti i na primjeru Bosne i Hercegovine, svejedno je li riječ o islamskoj ili kršćanskoj kulturi i civilizaciji.

Sve do početka nezaustavljivih procesa industrijalizacije, urbanizacije i globalizacije, a posebno tijekom njihova trajanja u drugoj polovici 20. i početkom 21. stoljeća, problem vode kao jednog od najvažnijih elemenata za održavanje života na ovome svijetu kao i problem njezinoga neracionalnog iskorištavanja i slijedom toga kao i problem njezinog održivog očuvanja nije bio u fokusu teoloških razmatranja religijskih zajednica uopće, pa time ni u Bosni i Hercegovini. Na vodu se gledalo ponajviše kao na samorazumljivo Bogom dano sredstvo potrebno za obavljanje obredne prakse. Ne čudi stoga da do sada ni jedna od religijskih zajednica u Bosni i Hercegovini, dakle ni Islamska zajednica, ni Katolička crkva, ni Srpska pravoslavna crkva ni Židovska općina nisu još uvijek donijeli ni jedan službeni akt kojim bi iskazali svoju zabrinutost za trenutno stanje u iskorištavanju voda u Bosni i Hercegovini, kojim bi iskazali svoju zabrinutost za njihovo onečišćenje ali i svoju jasnu i nedvosmislenu opredijeljenost za njezino čuvanje. One bi to trebale učiniti unatoč iskaznim „nacionalnim“ interesima „svojih“ partijskih i tehnomenadžerskih vođa da učine sve kako bi što više iskoristili vodu u stjecanju materijalnih dobara „za našu stvar“, ne vodeći računa o posljedicama toga iskorištavanja za društvenu zajednicu u cjelini. Vodu, koja je do sada služila, koja služi i koja će i dalje služiti kao glavno sredstvo u obrednoj praksi (o)čišćenja u islamu, katoličanstvu, pravoslavlju i židovstvu, potrebno je u ovome vremenu očistiti i s nje sprati nacionalne/nacionalističke privatne tehnomenadžerske interese i kao takvu je čistu (o)čuvati.

Međutim, mi danas živimo u vremenu poremećenih ne samo međuljudskih (nacionalnih, religijskih, rasnih, rodnih i dr.) odnosa, nego i u vremenu poremećenih općeljudskih vrijednosti, posebno kad je riječ o odnosu čovjeka prema (stvorenome) svijetu, njegovu opstanku i očuvanju, prema zemlji, vodi, zraku, prema čovjeku, životinjskom i biljnom svijetu. Živimo u vremenu u kojemu je uništavanje prirode počelo dosezati svoj vrhunac. Iako su u nekoliko posljednjih desetljeća tehnološki i tehnički napretci puno pomogli čovječanstvu, to čovječanstvo se, međutim, nije s dužnom zahvalnošću odnosilo prema Prirodi, nije se obaziralo na očuvanje prirodnoga okoliša, zemlje, vode i zraka - temeljnih uvjeta zdravog i održivog života. Više pažnje posvećivano je problemima porasta stanovništva i njegovim posljedicama, terorizmu i ratovima, negoli očuvanju okoliša.

No, ekološki problemi pratili su uvijek sociokulturnu evoluciju tijekom koje društvo nije uvijek reagiralo na svaku promjenu u svojoj okolini, nego se selektivno određivalo. Ako je i reagiralo, smatra Niklas Luhmann, njemački sociolog, to je prije svega bilo „nevjerojatno, negoli samorazumljivo“. Međutim, ekološki problemi nikada se u tolikoj mjeri nisu umnožili kao krajem prošlog i početkom ovoga stoljeća. Upravo je u tome razdoblju svoga najvećeg tehničkog i tehnološkog uspona i razvoja moderno društvo počelo – što zvuči paradoksalno - ugrožavati sebe i svoj opstanak.

Stoga je u razmatranju ove tematike potrebno poći od postavke da društvo, mijenjajući svoju okolinu, mijenja i uvjete svoga daljnjeg opstanka. Činjenično, a to i sami svi zapažamo, društvo je pogođeno rezultatima, odnosno posljedicama svoga zahvata u okoliš. Pri tome se, smatra Niklas Luhmann, misli na sljedeće segmente:

1. Potrošnja nenadoknadivih resursa (nafta, plin) kao i zamjedbeni artikli koje društvo proizvodi;
2. Reduciranje bioraznolikosti kao pretpostavke daljnje biološke evolucije (izgradnja hidroakumulacija i atomskih centrala, izumiranje vrsta, itd.);
3. Evolucija novih uzročnika bolesti koje se ne može liječiti. Nekih bolesti ranije nije ni bilo, ili se za njih nije znalo. Bez obzira na snažni razvitak medicinskih znanosti nije moguće pronaći lijekove za sve trenutno neizlječive bolesti, niti je moguće smanjiti broj bolesti;

[1] Eseni - židovska vjerska sljedba; uz farizeje i saduceje jedna od najbrojnijih. (…) Prvi spomen o njima potječe iz II. st. pr. Kr. (…) Imali su stroge propise o obrednoj čistoći. (…) Esenski svitci otkriveni su 1947. u špiljama doline Kumran (Qumrān; zapadno od Mrtvoga mora; odatle i naziv kumranski i qumranski rukopisi). U glinenim vrčevima bili su pohranjeni hebrejski rukopisi pisani na kožnim svitcima, vjerojatno ostatci knjižnice. Među spisima važna su pravila esenskoga reda te vrlo stari fragmenti židovskih biblijskih knjiga (u: http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=18354), pristupljeno 1.10.2019.

4. Problemi svakovrsnoga zagađivanja okoliša;
5. Prenapučenost zemlje kao jedan od velikih problema suvremenoga društva. (Luhmann, 1990:11)

Uz mnoštvo drugih kriza kojih je na pretek, a koje rastaču suvremeni svijet, kriza vode spada u izazove s kojima se počinjemo svakodnevno suočavati. Zalihe čiste vode nisu nepresušne i vječne. Na nekim dijelovima zemlje vode uopće nema, jer su izvori presahnuli; ili su postali zagađeni do neupotrebljivosti. Upravo zbog nedostatka ponajviše pitke vode najviše trpe siromašni, ostavljeni, oni koji si ne mogu priuštiti bocu čiste vode, oni čija je higijena na granici, a medicinska skrb loša, zbog čega ljudsko dostojanstvo pada na najniže grane. Prema navodima predsjednika UNEP-a (UN-ovog programa za okoliš) zbog problema s vodom svake minute umire u svijetu šestoro djece.

Sve ovo bio je razlog da si postavimo ključno pitanje današnjega vremena, svejedno što to mnogi neće tako shvatiti: kakav je odnos svjetskih religija, a time i religija, odnosno religijskih zajednica u BiH prema vodi, prema očuvanju pitke vode i prema privatizaciji njenih izvora? Kako su u Bosni i Hercegovini najmnogobrojnije dvije religije (islam i kršćanstvo), odnosno tri konfesije (islam, katoličanstvo i pravoslavlje), u ovome radu samo u najkraćim crtama osvrnut će se na stajališta iznesena u okviru svjetskih religija budizma, hinduizma i židovstva, dok će se više pozornosti posvetiti stajalištu prema vodi u islamu i kršćanstvu, jer je odnos prema vodi gotovo isti u katoličanstvu i u pravoslavlju.

Stoga sam se u svrhu dobivanja što preciznijeg odgovora na pitanje o odnosu četiriju konfesija, odnosno religijskih zajednica u Bosni i Hercegovini prema vodi, pisanim putem obratio u javnosti poznatim predstavnicima gore navedenih četiriju religijskih zajednica u Bosni i Hercegovini s okvirnim pitanjima:

1. Je li netko od profesora s Vašega fakulteta pisao o odnosu islama, katoličanstva, pravoslavlja, židovstva prema vodama, odnosno je li netko u Vašim teološkim časopisima objavio npr. rad o značenju vode u religiji koju ispovijedate? Ako da, kako mogu (pro)naći te tekstove?
2. Također, ima li Vaša religijska zajednica (Islamska zajednica, Katolička crkva, Srpska pravoslavna crkva, Židovska općina), neki službeni dokument o vodama u BiH izdan npr. u povodu Svjetskoga dana voda?

Nažalost, na moja pitanja odgovorili su samo prof. dr. Enes Karić u ime Fakulteta islamskih nauka u Sarajevu i prof. dr. Darko Tomašević uime Katoličkog bogoslovnog fakulteta u Sarajevu. Odgovore od predstavnika dviju drugih religijskih zajednica u BiH nisam dobio. U tome smislu i sadržaj ovoga teksta odnosit će se na odnos islama i kršćanstva (katoličanstva) prema vodama, odnosno na ono što je o toj temi objavljeno.

1. ODNOS SVJETSKIH RELIGIJA BUDIZMA, HINDUIZMA I ŽIDOVSTVA PREMA VODI

Voda je u mnogim religijama imala značaj izvora novoga života, sredstvo očišćenja. U islamu, u nekim azijskim religijama, ali i u kršćanstvu i židovstvu voda je simbol očišćenja. Kako u svojoj knjizi *Sociologjia obreda* navodi prof. Cvitković, voda se koristi u hinduističkim, kršćanskim, islamskim, šintoističkim, taoističkim … obredima. Osim toga, ona može biti ljekovita (ljekoviti izvori) i služiti kao sredstvo u obredima očišćenja zbog čega u mnogim religijskim kulturama, uz hodočasnička mjesta, postoje izvori vode za koju se smatra da ima terapeutsko svojstvo. (Cvitković, 2014: 147-165)

a. Voda u budizmu

Pored vatre, zemlje i zraka, voda se u budizmu - religijskome sustavu bez boga, osnovanom na učenju Siddhārthe Gautame (Bude)[2] - ubraja u četiri velika elementa. Pošto je prolazna i nije vječna, voda time nema nadnaravno značenje. No, unatoč njezinoj ovozemnosti i prolaznosti, nju se u budističkome učenju koristi kako bi se iskazao proticanje ovozemaljskoga života. Kao voda u rijeci, tako i u životu duša teče prema spasenju. U tome smislu, čovjek mora izgraditi pravilan odnos prema prirodi i svim njezinim elementima. Jer „narušavanjem prirodne ravnoteže, onečišćenje zraka, tla, vode i hrane, izumiranje biljnih i životinjskih vrsta nisu rezultat pukog zanemarivanja prirode“, nego su „posljedice puno dubljih uzroka, pa su ekološke krize „samo tužna slika problema koji se nalaze u njihovoj pozadini: pretjerane vezanosti za materijalno, okrenutosti sebi, bešćutnosti, nasilja, otuđenosti, itd.“ (Krivdić, 2019)
Obredno kupanje postoji i u budizmu. Tako se pranje u budističkoj tradiciji vrši prigodom inicijacije monaha (redovnika) što predstavlja „spiranje njegove svjetovnjačke prošlosti“. (Mali rečnik tradicionalnih simbola, 1999:113).

b. Voda u hinduizmu

[2] Budizam, u: *Hrvatska enciklopedija*, http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=9995, pristupljeno 10.10.2019.

U hinduizmu odn. brahmanizmu, indijskome religijskom, filozofskom i društvenom sustavu koji nema ni osnivača (kao kršćanstvo) ni proroka (kao islam)[3], voda se smatra praizvorom, prapočetkom života. Hindusi, kojih danas u svijetu ima preko milijardu i čine preko 15% od ukupnog broja svjetskog stanovništva (Majdandžić-Gladić, 2015) smatraju vodu vječnim, neprolaznim, besmrtnim prirodnim elementom. Prema hinduističkome vjerovanju voda nosi (prenaša) duše pokojnika do mjesta vječnoga života. Kupanjem na svetim mjestima ili ritualnim pranjem svetom vodom mogu se oprati grijesi i duša se može očistiti. U Indiji ima mnogo vodâ, rijeka i jezera u kojima se ljudi kupanjem mogu oprati od grijeha, posebno uzduž rijeke Ganges koju hindusi smatraju „svetom rijekom". Mnogi od njih, „kada osjete da će uskoro umrijeti, upute se u grad Benares, kako bi se u svetoj rijeci Ganges kupanjem očistili od grijeha", zbog čega su „prilazi rijeci Ganges uvijek puni polumrtvih ljudi koji čekaju da nakon smrti budu spaljeni" (Majdandžić-Gladić, 2015). Cvitković navodi da se kod hindusa tijelo umrlog okupa i detaljno obrije, i pripremi za obred sahrane (spaljivanje), da hindusi odlaze na hodočašće u Kumbhamelu (Kumbh Mela) da bi se obredno okupali vjerujući da vode rijeke Ganges očiste od grijeha one koji se u njoj okupaju i da imaju iscjeliteljsku moć te da siromašni cijeloga života štede kako bi se jednom mogli okupati u toj rijeci. (Cvitković, 2014: 147-165) Sljedbenici zajednice *Međunarodno društvo za Krišnino učenje* (ISKCON) obavezni su kupati se tri puta dnevno.

c. Voda u židovstvu

U židovstvu (judaizmu) kao ukupnosti židovskih vjerskih, društvenih i kulturnih institucija, odnosno židovskoj vjerskoj, kulturnoj i društvenoj tradiciji koja je „utvrđena i ustaljena nakon babilonskoga sužanjstva"[4], gotovo svaka manja židovska zajednica ima mikvu - ritualnu kupku s tekućom čistom vodom. Kupanje u mikvi vrši se uoči blagdana i subote, uoči vjenčanja. Osim toga, ritualno kupanje u mikvi ne trebaju činiti samo žene nakon menstruacije ili poroda, nego također i oni koji su se obratili (prešli) na židovstvo. Običaj je da se u mikvu potopi i posuđe kupljeno od nežidova. Jer samo onaj tko se potpuno uroni u vodu, može biti ritualno očišćen. Uz to, Cvitković navodi da uz sinagogu u Travniku protječe potok pored kojeg se, za židovsku Novu godinu, izvodio obred očišćenja od grijeha. Naime, obredni nečist židov nije smio ulaziti u Hram. (…) Zato se u židovstvu ruke obredno moraju oprati nakon buđenja iz sna, dodira mrtvaca, prije jela, molitve ili paljenja svijeća. Običaj je da se prije Jom Kipura obavi obredno kupanje u mikvi. Neki uranjaju u mikvu tri puta, a neki 39 puta. Pripadnice židovske religije ritualno su se kupale prije i nakon porođaja, spolnog odnosa, mjesečnice, prije svakog blagdana, prije subote i prije ukopa. Tevila je naziv za obredno kupanje vjernice nakon mjesečnice i tijekom vjenčanja. (Cvitković, 2014: 147-165)

2. BIH-RELIGIJE I RELIGIJSKE ZAJEDNICE I NJIHOV ODNOS PREMA VODI

Kao i u drugim religijama, tako je i u islamu, kršćanstvu i židovstvu voda simbol kako izviranja, nastanka novoga života, tako i kao sredstvo očišćenja.

No, ni jedna od religijskih zajednica u Bosni i Hercegovini, ni Islamska zajednica, ni Katolička crkva, ni Srpska pravoslavna crkva, ni Židovska općina nisu izdale nikakav službeni stav o vodi, o njezinome značenju u životu čovjeka pojedinca, ali i u životu društvene zajednice u Bosni i Hercegovini. Nisu dakle izdale nikakav službeni akt u kojem bi se odredile prema potrebi očuvanja vode i vodnoga blaga u BiH, svejedno tko tu društvenu zajednicu i u kojem omjeru sačinjavao. A priroda u Bosni i Hercegovini je ugrožena, posebno njezine vode koje život znače, kako one tekuće u rijekama i potocima tako i one stajaće: u močvarama, jezerima i moru, ali i one podzemne i nadzemne. Također, ni u susjedstvu nema o tome nekog prikladnog tzv. crkvenog dokumenta. Jedino što je papa Franjo izdao svoju encikliku *Laudato si (Hvaljen budi)* koju Katolička crkva u svim zemljama koristi kao svoj dokument o odnosu prema prirodi, a time i prema vodi.

2.1 Islam i voda

Kako je islam kao religija nastao u pustinjskome dijelu Arabije, ne čudi da su ljudi vodi pridavali tako veliku važnost, da su bili svjesni njezine životno važne snage i moći. U tome smislu, u islamu se Allaha kao darovatelja vode uspoređuje s bezgraničnim oceanom. Naime, on ljudima, ali i ostalim živim stvorovima i biljkama daruje vodu koja u predodžbama raja ima veoma važnu ulogu. Edenski vrt kroz koji teče čista hladna voda već je na zemlji „smislena slika toga raja".

Ne čudi stoga da ni u jednoj religiji voda nema tako velik značaj kao što ga ima u islamu. Bez nje ne bi bilo moguće ni prakticiranje vjere. Ona „označava znanje i mudrost". Koristi se u svim prilikama: za piće, pranje, kupanje, obredno pranje (abdest) - u islamskoj tradiciji važan obred koji

[3] Hinduizam, u: *Hrvatska enciklopedija*, http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=25577, pristupljeno 10.10.2019.

[4] Judaizam, u: Hrvatska enciklopedija, http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=29433, pristupljeno 10.10.2019.

označava povratak čovjeka praiskonskoj čistoći (Mali rečnik tradicionalnih simbola, 1999:113), pranje umrlih (gusul), urešivanje vrtova – šadrvani itd. Zbog svega toga postala je simbolom islama. Ona kod muslimana zauzima jedno veoma važno mjesto kako u molitvama tako i u svakodnevnim obredima.[5] U tome smislu postoji i posebna molitva za kišu „Istiskva"[6] koja je važna za mnoge muslimane u sušnim područjima.

Povijest nas uči, ističe u svome članku *Halal i pridoda* dr. sc. Enes Karić, profesor na Fakultetu islamskih nauka u Sarajevu, „da su veliki padovi i propasti drevnih naroda dolazili i kao rezultat surovog i neprijateljskog odnosa ljudi prema prirodi." Tako su, navodi on, faraonska carstva napredovala dok nije izgrađen sustav navodnjavanja. I kada su počeli „kontrolisati sjetvu, trostruko umnožavati dobra i plodove, prekomjerno iskorištavati Nil — bili su pred propašću." (Karić, 1983: 818) Kao potvrda gornje teze neka posluže životne sudbine drevnih naroda Inka i Maja, te naroda sumersko-akadske kulture. Pozivajući se na riječi Ibn Kalduna „da se narod ne može razvijati do unedogled, da jedno društvo mora propasti kada mu „materijalni aspekti civilizacije nadilaze njezine duhovne i moralne aspekte", prof. Karić će reći da „vrhunac forme, vrhunac civiliziranosti i napretka je „kao neki Damoklov mač" koji visi nad sudbinom naroda.' Uz to potrebno je istaknuti, da „pored Svetog pisma i Kur'ana fragmenti koji su nam dostupni iz Atharva-vede, Upanišade, Mahabharate itd. kao i svjedočenje o „istočnoj nauci" općenito, govore „da je priroda snaga, život, ljepota, zdravlje." Uz napomenu da je čovjek od iste tvari kao i priroda i njegov zadatak je – živjeti: „Ne živi da znaš, već znaj živjeti". (Karić, 1983: 818)

Osim toga, voda je praslika čistoće pa stoga pranje vodom prije svake molitve služi ne samo vanjskom (o)čišćenju nego i unutarnjem. Tako je pijenje vode s izvora u blizini Meke obveza za hodočasnike. Voda stoji na raspolaganju pravednima i pravovjernicima, dok Allah nepravednicima „oduzima vodu i dopušta da im se vrtovi osuše".

U svojoj knjizi *Bioetički problemi u publikacijama Islamske zajednice u BiH od 1945. do 2012*., ujedno i doktorskoj disertaciji obranjenoj na Filozofskome fakultetu u Zagrebu, dr. sc. Orhan Jahić, profesor na Fakultetu islamskih nauka u Sarajevu analizirao je i interpretirao zastupljenost bioetičkih problema u izdanjima Islamske zajednica u BiH u vremenu od 1945. do 2012. godine. U knjizi su na svima razumljiv način objašnjeni pojmovi bioetike i integrativne bioetike te skrenuta pozornost na opseg i domet „muslimanske religiozne bioetike" u širem povijesnom, kulturnom, religijskom, filozofskom i društvenom kontekstu kako bi se pokazalo da je taj oblik muslimanske religiozne bioetike komplementaran sa „svjetovnom bioetikom" pod vidom inovativnog koncepta „integrativne bioetike". Istaknuto je da su bosanskohercegovački muslimani, obogaćujući vlastito intelektualno naslijeđe zainteresirani za bioetičku problematiku o čemu svjedoče radovi objavljeni u izdanjima Islamske zajednice u BiH

Kad je riječ o vodi, o njoj nalazimo dosta tekstova koji su objavljeni u tim izdanjima Islamske zajednice. Tako je u 'Takvimu' - godišnjem izdanju Islamske zajednice u BiH s prigodnim tekstovima i kalendarom- objavljen je članak Francesce de Chatel pod naslovom *Kapljice vjere: voda u islamu*, a u 'Glasniku Islamske zajednice' sljedeći naslovi: Džemal Salispahić *Kuran o vodi*, Afan Šoše *Ako vode presuše, ko će nam pitku vodu dati*, zatim u listu 'Preporod' tri teksta o vodi Ferida Čaušević*a*: *Voda*, potom tri teksta Ismeta Dedića *Bez vode nema života*, *Oj, Vrbasu, vodo hladna – Ekologija i ekonomija*, *Vrtlog života – voda – naša nepoznanica,* zatim tekst Adisa Sultanovića *Voda je blagodat – tribina na Fakultetu islamskih nauka u Sarajevu*. (Jašić, 2019: 261-279) U 'Preporodu' od 17. travnja 2018. objavljen je intervju s prof. dr. Tarikom Kupusovićem pod naslovom *Nismo svjesni važnosti vode,* u kojemu prof. Kupusović ističe da je voda „najvažniji resurs današnjice i budućnosti", neophodan ne samo za piće i „zdravlje ljudi, usluge ekosistema od kojih ljudi ovise, ekonomiju i radna mjesta i zdrave ljudske zajednice", nego je voda „istovremeno i nezamjenjivo prirodno i društveno dobro, roba na tržištu, ali i jedno od osnovnih ljudskih prava"[7]

[5] A koje značenje voda ima u životu čovjeka pojedinca, ali i zajednice kojoj pripada, na najgori mogući način iskusili su stanovnici grada Sarajeva tijekom opsade grada koja je trajala 44 mjeseca, od 5. travnja 1992. do 29. veljače 1996. Mnogi su, čekajući u redu da u kanistre natoče vode s neke od javnih gradskih česama, poginuli od granata ili snajpera ispaljenih s položaja vojske bosanskih Srba.

[6] Salatul-Istisqa - posebne muslimanske molitve za kišu. Praksa poznata od vremena poslanika Muhammeda, često se organiziraju širom Bliskog istoka, gdje je voda rijetka i od neprocjenjive vrijednosti, posebno na Arabijskom poluotoku, u: https://aura.ba/da-li-su-kisne-dove-nas-jedini-spas-kako-se-moliti-za-kisu/, pristupljeno 2.10.2019.

[7] Kupusović, Tarik (2018) „Nismo svjesni važnosti vode", u: *Preporod*, od 17. travnja 2018.; https://www.preporod.com/index.php/component/content/article/31-novi-broj/117-1114-8, pristupljeno 27.10.2019.

Ne čudi stoga da u islamu postoji više vrsta vode koje ovdje navodim prema tekstu *FIKHUS – SUNNE: Čistoća (taharet) – voda i njene vrste*:[8]

1. **Čista voda –** ona je čista sama po sebi i njome se može čistiti pa se zove i čisteća. U tu skupinu spadaju: izvorska voda, kišnica, tekuća voda, otopina od snijega, morska slana voda, zemzem-voda (voda s izvora *Zemzem* u Meki), voda koja se promijeni zbog dugoga stajanja, ili zbog mjesta u kojem se nalazi, ili pak zbog miješanja s nečim što se najčešće pomiješa s njom, kao što je žabokrečina i lišće. U tu skupinu spada i bunarska voda. U čiste vode spada i sperma, s tim da je preporučljivo oprati je ukoliko se nađe na odjeći ili tijelu. (Jašić, 2019: 17-21)
2. **Upotrijebljena voda –** voda koja spadne s tijela nakon abdesta ili kupanja
3. **Voda koja je došla u dodir s čistim stvarima** kao što su: sapun, šafran, brašno i druge stvari koje se mogu uglavnom odvojiti. Takva voda je čisteća sve dok ju se može tako nazvati. Međutim, ako izađe iz tog okvira, onda je čista, ali ne i čisteća.
4. **Voda koja je došla u dodir s nečistoćom**. Takva voda može imati dva stanja: **prvo:** da nečistoća promijeni okus vode, njenu boju ili miris. U tom slučaju takva voda ne može biti čisteća; **drugo:** da voda i dalje ostane čista, tj. da se nijedna od tri navedene stvari ne izmijeni. Takva voda, bila u velikoj ili maloj količini, čista je i čisteća.
5. **SUR - ostatak vode u posudi nakon pića**. Dijeli se na više vrsta: 1) **Ostatak vode nakon čovjeka**. Takva voda smatra se čistom, bez razlike pio iz posude musliman, nevjernik, džunup ili žena s menstruacijom. 2) **Ostatak pića nakon životinja čije je meso dozvoljeno jesti.** Takva je voda također čista, jer je pljuvačka iz životinje koju je dozvoljeno jesti čista, pa će se i voda tako smatrati. 3) **Ostatak pića poslije mazge, magarca, zvijeri i ptica grabežljivica.** I takva voda je čista. 4) **Ostatak vode iza mačke.** Takva voda je također čista. 5) **Ostatak vode iza psa i svinje.** Takva voda je nečista i mora se izbjegavati.

Poseban esej o vodi pod naslovom *Slovo o vodi* napisao je već spomenuti profesor Enes Karić. U njemu on navodi da se u Kur'anu veli: „Kiša ne pada, kišu Bog s neba spušta!“. (Karić, 2019) Međutim, koliko je voda važna za muslimane, navodi on, u Kur'anu se ona spominje „u gotovo svim svojim stanjima“: kao kiša, rijeka, more, rosa, sočnica (voda nastala topljenjem leda), led, svježina (izvorska voda), para. Uz to morske vode su u islamskim komentarima opisane kao „donje vode, prostrane, ispunjene tmušnim dubinama i katovima neprozirja!“, dok su oblaci u Kur'anu znak ne samo preobražene plinovite vode, nego su oni sami po sebi one vidljive, "gornje vode".

Voda je bezbojna, bezokusna i bezmirisna, ali omogućuje i boju i okus i miris. U tome smislu, navodi prof. Karić, na vodu se gledalo kao na najzačudniji trag Božji, bezbojan, bezokusan, bezobličan, bezmirisan. Znači transcendentan, zbog čega je voda u islamskoj arhitekturi „prigodno korištena kao simbol Božje jedinosti, tevhida“.

Uz to voda se, navodi on dalje, zahvalila Bogu, jer od nje se ne da oblikovati, od nje ljudi nisu mogli „spravljati kipove, kumire i idole.“ I obvezala se voda Bogu na stalno i predano klanjanje žuborom, vodopadom, valovima, izvorskim kuljanjem, isparavanjem. I zbog toga se, završavajući svoje *Slovo o vodi*, prof. Karić, „u Kur'anu veli da mogu gorjeti i ljudi, i drva, i kamenje! Ali, voda ne! Voda vatru trne! Zbog čega je, kako se navodi u Kur'anu „i Božje prijestolje bilo na vodi“.

2.2 Kršćanstvo i voda

Voda je u Starome zavjetu simbol života, a u Novome simbol Duha. Stoga se ona u kršćanstvu, kako navodi prof. Cvitković, koristi kao simbol u obredu krštenja, u obrednom očišćenju, u obredima za zazivanje kiše, obredima prijelaza, blagoslivljanja itd. Tako ona u crkvenom sakramentu krštenja očisti krštenika od istočnoga (prvog) grijeha. (Cvitković, 2014: 147-165)

Analizirajući biblijske tekstove, može se kazati da svaki biblijski, a time i svaki kršćanski govor o odnosu kršćanstva prema prirodi i svemu što je čini morao bi, ističe bosanski franjevac fra Božo Lujić, pročelnik Katedre Svetog pisma Staroga zavjeta na Katoličkome bogoslovnom fakultetu u Zagrebu i profesor na Franjevačkoj teologiji u Sarajevu, „ishoditi iz činjenica opisane na prvim stranicama Biblije koja govori o stvaranju svijeta i postavljanju čovjeka u njega“. (Lujić, 2003: 5-36) A to znači da je prema postavkama biblijske ekologije potrebno uspostaviti dijalog između čovjeka i prirode, jer je, smatra on, i priroda „Božje stvorenje“ kao i čovjek i da bi stoga taj dijalog trebao biti „odnos ljubavi, a ne iskorištavanja.“

Na prvim stranicama Biblije nalaze se izvješća o stvaranju svijeta i čovjeka. Tako u *Knjizi*

[8] Voda i njene vrste, u: https://akos.ba/fikhus-sunne-cistoca-taharet-voda-i-njene-vrste/, pristupljeno 1.10.2019.

postanka nalazimo da voda ima veoma važnu ulogu. Najprije je zemlja bila prekrivena vodom, potom je Bog odijelio vode neba i zemlje i stvorio more i zemlju[9] čime je voda postala simbol života, ali i smrti što se ogleda u biblijskome mitu o *Općem potopu*[10]. Značenje vode u Bibliji, ne samo ono religijsko, nego i ono životno, egzistencijalno, vidljivo je na mnogim drugim mjestima u Bibliji. Voda je sveta, jer postoji duboka povezanost između „zemaljske vode i vode života". Upravo zbog toga vodu se smatralo da ima božansko podrijetlo. Ono se iskazuje u svakodnevnoj potrazi vode Izraelaca u području između Sredozemnoga mora i Jordana i susjednih pustinjskih područja.

Za kršćane voda je jedan od najvažnijih elemenata „čišćenja i života". Krštenje je nezamislivo bez vode. Voda je imala snagu čišćenja kako za ovozemaljski tako i za život nakon smrti. Voda služi kao sredstvo, kao medij očišćenja od prvoga grijeha, ona kršćanima omogućuje novo rađanje. U kršćanskoj tradiciji ona je simbol nevinosti. Simbolično pranje što ga svećenik obavlja za mise, nakon prikazanja, tzv. lavabo, znači: „umivam pravdom ruke svoje". (Mali rečnik tradicionalnih simbola, 1999:113). Također, voda je potrebna i tijekom života. Zapravo, bez vode i nema života.

Međutim, pitanje ekologije u svjetskim religijskim teologijama - pa tako i u katoličkoj - bilo je rubno pa se tako npr. u papinskim dokumentima ono spominje tek usputno. Zacijelo stoga što je priroda još bila koliko-toliko netaknuta, sve do pojave industrijalizacije i njezinog rapidnog uspona nakon II. svjetskog rata. Što znači da se o ekologiji i problemima i posljedicama nesavjesnog uništavanja prirode, o značajnim promjenama u biosferi, degradaciji okoliša, narušavanju zakonitosti u ekosustavu i neskladu u prirodi počelo u zapadnoeuropskim zemljama govoriti tek na ekumenskim skupovima u organizaciji njemačkih protestanata i katolika. Čime se željelo naglasiti „važnost zaštite okoliša na širokom području međudisciplinarne suradnje politike, gospodarstva i raznih znanstvenih disciplina." (Tomašević; Vuletić, 2019: 53) Svoje uporište ekoteologija naći će u zaštitniku ekologije, sv. Franji Asiškome, kojeg za uzor u poštivanju svega od Boga stvorenog uzima i papa Franjo i na njegovu odnosu prema prirodi gradi svoju encikliku *Laudato si (Hvaljen budi*).

Stoga ta ekološka enciklika pape Franje predstavlja s prvi službeni pisani dokument kojim se poglavar Katoličke crkve, a time i Katolička crkva uopće, određuje prema problemu očuvanja prirodnoga okoliša, prema problemu voda. Enciklika počinje istim riječima kao i stihovi "Pjesme stvorenja" sv. Franje Asiškoga, poznate i pod imenom "Pjesma brata Sunca", predstavljena u Vatikanu u četvrtak 18. lipnja 2015. Uz naslov enciklike nalazi se i dodatak koji u bitnome označava razloge njezina pojavljivanja. On glasi: "O skrbi za zajednički dom".[11]

Enciklika ima šest poglavlja. U prvome poglavlju "Ono što se događa našemu domu" papa Franjo bavi se temama kao što su onečišćenje i klimatske promjene, voda, gubitak bioraznolikosti, opadanje kvalitete ljudskoga života i društveno srozavanje, planetarna nejednakost, slabe reakcije (na problem), različita mišljenja. U drugome poglavlju, "Evanđelje stvorenja", nalazimo Papino tumačenje (judeo)kršćanskoga viđenja svijeta i čovjekova mjesta u njemu, uz jednu važnu napomenu da čovjek ne može biti apsolutni gospodar zemlje nego mora biti njezin odgovoran čuvar. Papa Franjo potom navodi ljudske korijene ekološke krize kao što su

[9] „U početku stvori Bog nebo i zemlju. Zemlja bijaše pusta i prazna; tama se prostirala nad bezdanom i duh Božji lebdio je nad vodama. (…) I reče Bog: »Neka bude svod posred voda da dijeli vode od voda!« I bi tako. Bog načini svod i vode pod svodom odijeli od voda nad svodom. A svod prozva Bog nebo. Tako bude večer, pa jutro – dan drugi. I reče Bog: »Vode pod nebom neka se skupe na jedno mjesto i neka se pokaže kopno!« I bi tako. Kopno prozva Bog zemlja, a skupljene vode mora. I vidje Bog da je dobro. (Post 1:1-11) (…) Kad je Jahve, Bog, sazdao nebo i zemlju, još nije bilo nikakva poljskoga grmlja po zemlji, još ne bijaše niklo nikakvo poljsko bilje, jer Jahve, Bog, još ne pusti dažda (kišu, op. I.M.) na zemlju i nije bilo čovjeka da zemlju obrađuje. Ipak, voda je izvirala iz zemlje i natapala svu površinu zemaljsku. Jahve, Bog, napravi čovjeka od praha zemaljskog i u nosnice mu udahne dah života. Tako postane čovjek živa duša. (Post 2:4-8)

[10] Noi bijaše šest stotina godina kad je potop došao na zemlju. I pred vodama potopnim uđu s Noom u korablju njegovi sinovi, njegova žena i žene sinova njegovih. Od čistih životinja i od životinja koje nisu čiste, od ptica, od svega što zemljom puzi, uđe po dvoje – mužjak i ženka – u korablju (drveni brod, op. I. M.) s Noom, kako je Bog naredio Noi. A sedmoga dana zapljušte potopne vode po zemlji.

Pljusak je na zemlju padao četrdeset dana; vode sveudilj rasle i korablju nosile: digla se visoko iznad zemlje. Vode su nad zemljom bujale i visoko rasle, a korablja plovila površinom. Vode su sve silnije navaljivale i rasle nad zemljom, tako te prekriše sva najviša brda pod nebom. Petnaest lakata dizale se vode povrh potonulih brda. Izgiboše sva bića što se po zemlji kreću: ptice, stoka, zvijeri, svi gmizavci i svi ljudi. Sve što u svojim nosnicama imaše dah života – sve što bijaše na kopnu – izgibe. Istrijebi se svako biće s površja zemaljskog: čovjek, životinje, gmizavci i ptice nebeske, sve se izbrisa sa zemlje. Samo Noa ostade i oni što bijahu s njim u korablji. Stotinu pedeset dana vladahu vode zemljom. (Post 7:6-24)

[11] Encikliku nisu predstavili samo katolički teolozi nego i predstavnik Ekumenskoga carigradskog patrijarhata, pravoslavlja i ekumene, jedan od najvažnijih suvremenih teologa, metropolit Pergama Ioannis Zizioulas.

"globalizacija tehnokratske paradigme", "suvremeni antropocentrizam". Jedini odgovor na sve to je, smatra on, integralna ekologija te slijedom toga razgovori na svim razinama oko pronalaska konkretnih rješenja. A to znači da je potrebno poticati „dijalog između politike i ekonomije, između znanosti i religija“. Na kraju toga dokumenta nalazi se njegov najvažniji dio koji glasi: ekološko obraćenje, odnosno odgoj i obrazovanje mladih da budu odgovorni prema svemu Stvorenom: zemlji, vodi, zraku, biljnome i životinjskome svijetu. Osim toga, Papa se ne osvrće samo na značenje pitke vode, već i na slana, nepitka vodna izvorišta – na mora i oceane, na velike vode koje svojim neprestanim gibanjem daju ritam svakodnevnoga života u cijelome svijetu.

Zapravo, u svijetu se ekološke probleme počelo promatrati kao etičke izazove. A kako problem okoliša nije samo katolički problem, nego problem svih onih koji žive na Zemlji, papa je encikliku namijenio svim dobronamjernim ljudima kojima je stalo do očuvanja okoliša i koji bi trebali biti spremni dati drugima vodu kako bi i oni mogli (pre)živjeti i time osigurati neotuđivo općeljudsko i prirodno pravo na vodu, odnosno na život. Stoga se i prva kršćansko-katolička ekologija rađa s idejom obnove teologije stvaranja, i to u vrijeme kada su posthumno, 2008. godine, objavljena djela francuskoga teologa, filozofa i paleontologa, isusovca Teilharda de Chardina (1881–1955). Prvi problem te ekologije jednak je osnovnome teološkom problemu koji se sastoji u gorkoj činjenici „da naš ljudski svijet ne odgovara iskonskoj Božjoj dobroti i nakani“, jer je svijet „pun siromaštva, nasilja, tlačenja, nepravdi svih vrsta, trpljenja pravednih i nevinih, kao i uništavanja same prirode oko nas.

Takav pristup čovjekovu okolišu dovelo je u okviru Katoličke crkve do pojave ekoteologije kao nove grane praktične znanosti koja polazi od traženja višestrukih uzroka ekoloških problema sagledavajući ih kroz prizmu etičkog i antropološkog problema i „čiji je prvotni cilj: interakcija između ekoloških vrijednosti u održivosti čovjekove dominacije nad prirodom“. (Tomašević; Vuletić, 2019: 53)

Za ekološke i bioetičke probleme u suvremenom društvu, s posebnim osvrtom na Bosnu i Hercegovinu, najviše interesa pokazali su bosanski franjevci, odnosno profesori s Franjevačke teologije u Sarajevu. Tako je o pojmu, značenju i nastanku bioetike s posebnim osvrtom na Bosnu i Hercegovinu pisao fra Velimir Valjan, profesor na Franjevačkoj teologiji u Sarajevu (Valjan, 2014: 47-52) koja je prihvatila organizirati *Prvi međunarodni bioetički simpozij u Bosni i Hercegovini* 1. travnja 2006. godine na kojem je osnovano i Bioetičko društvo u Bosni i Hercegovini. Ideju osnivanja društva podržao je i FONDEKO (Udruženje za podsticanje održivog razvoja i kvalitete života). Nakon toga, u Sarajevu su održana još četiri međunarodna bioetička simpozija: 1) *Integrativna bioetika i interkulturalnost*: Akademije nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine 23. i 24. svibnja 2008.; 2) *Integrativna bioetika pred izazovima biotehnologije*: Franjevački međunarodni studentski centar. 25. i 26. svibnja 2012., 3) *Integrativna bioetika i prirodno naslijeđe*: Franjevački međunarodni studentski centar, 20. i 21. lipnja 2014. 4) U organizaciji Bioetičkog društva u BiH, uz potporu Humanitarno-karitativne organizacije „Kruh svetog Ante“ Franjevačke provincije Bosne Srebrene, kao i Franjevačkog samostana „Sv. Ante“ i Franjevačke teologije u Sarajevu, u Sarajevu je 21. i 22. listopada 2016. održan dvodnevni peti međunarodni bioetički simpozij *Integrativna bioetika – društveni i ekološki problemi zdravlja*. Simpozij je organiziran u suradnji sa Znanstvenim centrom izvrsnosti za integrativnu bioetiku i Hrvatskim bioetičkim društvom.

U tome smislu ova nastojanja bosanskih franjevaca ukazuju na potrebu čuvanja toga za ljudski, životinjski i biljni život prirodnog blaga, tih izvora pitke, ali i izvora nepitke vode – mora i oceane, njihove ekosustave, floru i faunu, koraljne grebene i morska dna. Jer, svi su oni sastavni dio stvorenoga svijeta i stoga je zadaća koja stoji pred današnjim čovječanstvom, i pred katoličkom zajednicom, ali i drugim religijskim zajednicama u Bosni i Hercegovini, (o)čuvati to Bogom dano odnosno prirodno bogatstvo, čineći sve da nam mora i oceane, ali i korita rijeka te dna, površine i obale jezera u Bosni i Hercegovini ne prekrivaju nepregledna polja plutajuće nerazgradive plastike.

Svi znamo da je posjednik izvora vode ujedno i posjednik života, pa u tome smislu i Papin poziv da voda ne bude oružje u rukama moćnih, da voda ne bude znak podjele među narodima već da bude znak susreta, pomirenja i mirnoga življenja. Zadaća političara koji se bave danas najosjetljivijim pitanjima - a to su migracije i klimatske promjene – da taj posao rade odgovorno i da tu odgovornost pokažu ne samo prema sadašnjosti nego i prema budućnosti, prema budućim naraštajima, da im mi sve ne potrošimo. U tome smislu papa govori da svaki čovjek treba uživati „u ovome neophodnom dobru, u smjernoj brizi za darove primljene od Stvoritelja, a osobito rijeke, mora i oceane.“

U spomenutoj enciklici papa Franjo kaže: „ne može biti ekologije bez odgovarajuće antropologije“. (Laudato si, 2015:118) A to znači da u svome odnosu prema mjestu u kojem živimo moramo poći od čovjeka, jer samo ako imamo autentičnu i cjelovitu viziju čovjeka možemo se nadati cjelovitijoj i autentičnijoj brizi za naš planet, za našu zemlju.

U povodu blagdana Svjetskoga dana molitve za brigu o stvorenome svijetu[12] koji Katolička crkva već nekoliko godina slavi zajedno s pravoslavnim i protestantskim kršćanima papa se posebno osvrnuo na vodu, na tako jednostavan i dragocjen element koji je mnogima teško dostupan, ako uopće ikako i jest dostupan. A što kao potkrjepu nalazimo u istoj enciklici: „pristup pitkoj i zdravoj vodi je osnovno, temeljno i sveopće ljudsko pravo, jer je bitno za čovjekov opstanak i stoga uvjet za ostvarivanje ostalih ljudskih prava. Ovaj naš svijet ima velik socijalni dug prema siromašnima koji nemaju pristup pitkoj vodi, jer im je uskraćeno pravo na život u skladu s njihovim neotuđivom dostojanstvom" (*Laudato si,* 2015: 30).

Jer, govoriti o vodi, znači govoriti o početcima čovječanstva (na početku *Knjige Postanka* kaže se da je u početku duh Stvoritelja „lebdio nad vodama", govori o nama samima, o našemu tijelu u čijem sastavu voda ima većinski dio, o mnogim živim i umrlim civilizacijama koje su nastajale u i oko rijeka zbog čega je i voda ostavila dubokog traga u njihovim identitetima.

Voda je, smatra papa Franjo, imala temeljnu ulogu u stvaranju i čovjekovu razvoju. Ona je jednostavna i korisna za život kao ni jedna druga stvar na ovome svijetu. Dok nije bilo zagađivanja okoliša, nije do sad ni bilo brige za očuvanje izvora i tokova rijeka, ali ni i jezera i mora i oceana, zaleđenih površina i močvara. Stoga je potrebno, smatra papa, nadići „čisto utilitaristički način, u kojem su učinkovitost i produktivnost u potpunosti usmjerene na postizanje pojedinačnog profita" (Laudato si, 2015: 159). U tome smislu neprihvatljiva je svaka privatizacija vodnoga blaga, jer svaki čovjek mora imati pravo pristupa vodi. Da „privatizacija voda kao prirodnog resursa ne dolazi u obzir“ ističe i prof. Kupusović u već spomenutom intervjuu, uz napomenu da „koncesije sve više postaju poslovni oblici angažiranja privatnoga sektora u korištenju javnih resursa“, kao oblik javno-privatnoga partnerstva „u kome na osnovi dodijeljenih koncesija privatni kapital pod uvjetima dogovorenim s javnim partnerom ostvaruje investiranje za korištenje koncesije i pružanje javnih usluga“.

Stoga je papa i ove godine u povodu *Svjetskoga dana voda*[13] 22. ožujka 2019. čija je tema bila „Voda za sve“, iznova naglasio „da je pristup tom dobru temeljno ljudsko pravo koje treba poštovati zato što je ono prijeko potrebno za život i dostojanstvo osobe“. (Lomonaco; Anić, 2019) U tome smislu potrebno je ukloniti postojeće nepravde i nikoga ne ostaviti po strani[14], potom je potrebno poučiti mlade naraštaje o značenju i važnosti vode uopće te kako se koristiti vodom, kako je očuvati i kako se brinuti o njoj, naučiti ih da cijene i vole bogatstva ove Zemlje, da budu zajedno s nama stvaratelji održive budućnosti. U svakome slučaju treba učiniti sve da se vodu ne učini običnom i bezvrijednom robom čije će korištenje biti određeno zakonima trgovine.

A da je zaštita okoliša, vode, močvare, šuma i zraka važna za Katoličku crkvu, pokazala je i Panamazonska sinoda (Tema: Amazonija – novi putovi za Crkvu i cjelovitu ekologiju)[15] koja se održavala od 6. do 27. listopada u Rimu i na kojoj se

[12] „Poruka pape Franje za Svjetski dan molitve za skrb o stvorenom svijetu 2018.“ od 1.9.2019., objavljena 3.9.2018. pod naslovom „Čuvati neprocjenjivo dobro vode“, u: http://www.zg-nadbiskupija.hr/dokumenti/rijec-svetog-oca/cuvati-neprocjenjivo-dobro-vode, (8.10.2019.)

[13] Tema Svjetskog dana voda za 2019. godinu je „**Voda za sve“,** a određena je u skladu sa šestim ciljem UN-ove Agende 2030. za održivi razvoj (SDG 6) kojim se za sve ljude do 2030. godine zahtijeva osiguranje pristupa pitkoj vodi, održivo upravljanje vodama te osiguranje higijenskih uvjeta. Rezolucijom Opće skupštine Ujedinjenih naroda br. 64/292 iz 2010. godine pravo na sigurnu i čistu vodu za piće proglašeno je kao ljudsko pravo od velike važnosti za potpuno uživanje drugih ljudskih prava.“ („Svjetski dan voda 2019. godine“, u: https://www.hzjz.hr/sluzba-zdravstvena-ekologija/svjetski-dan-voda-2019-godine/, pristupljeno 8.10.2019.)

[14] Prema podacima Ujedinjenih naroda 2,1 milijarde ljudi još uvijek nema omogućen pristup zdravstveno ispravnoj vodi u svojim domovima. Među njima su i marginalizirane skupine koje su posebno ugrožene i suočene s diskriminacijom u pristupu zdravstveno ispravnoj vodi – žene, djeca, izbjeglice i osobe s invaliditetom. Također, podaci pokazuju da svaka četvrta osnovna škola u svijetu nije uključena u sustav javne vodoopskrbe, a više od 700 djece mlađe od pet godina svakog dana umire od bolesti prouzročenih zdravstveno neispravnom vodom. Više od 68 milijuna ljudi koji su zbog različitih razloga prisilno napustili svoje domove imaju otežan pristup vodi, a oko 160 milijuna ljudi uzima vodu za piće iz neobrađenih površinskih voda, jezera i potoka. Oko 4 milijarde ljudi što čini približno 2/3 populacije planeta Zemlje je izloženo nestašicama vode tijekom najmanje jednog mjeseca u godini, a procjene su da će do 2030. godine zbog stalnih nestašice vode oko 700 milijuna ljudi biti prisiljeno na trajno preseljenje. Stoga, kako bi se postigli ciljevi održivog razvoja i ostvario globalni napredak neophodno je svim ljudima, bez diskriminacije po bilo kojoj osnovi omogućiti pristup sigurnoj i zdravstveno ispravnoj vodi za piće. („Svjetski dan voda 2019. godine“, u: https://www.hzjz.hr/sluzba-zdravstvena-ekologija/svjetski-dan-voda-2019-godine/, pristupljeno 8.10.2019.)

[15] Od 6. do 27. listopada 2019. u Rimu se na poziv pape Franje održava biskupska sinoda pod naslovom: Amazonija – novi putovi za Crkvu i cjelovitu ekologiju“ na kojoj sudjeluju biskupi i drugi crkveni klerički i laički

uz dušobrižnička pitanja na području Amazonije raspravljalo i o impulsima koje bi Sinoda trebala dati o klimatskim promjenama. (Bešker, 2019)

3. NARODNA VJEROVANJA I OBIČAJI

Ne postoje zapisi o vodi samo u svetim knjigama svjetskih religija. O vodi su obični ljudi, iskusujući svakodnevno njezinu blagodat, stvorili mnoga vidljiva i nevidljiva kulturna dobra, od poezije do gradskih vodoskoka i česama. Mnogi su i određena mjesta posvetili tom prirodnom elementu. U tekstu „Da li su kišne dove naš jedini spas? Kako se moliti za kišu?“[16] nalazimo mjesta koja su „posvećena“ vodi:

1. Djevojačka pećina kod Kladnja, poslije Ajvatovice, jedno je od najpopularnijih i najmasovnijih dovišta. Više desetina hiljada ljudi posjeti ovu pećinu zadnje nedjelje u mjesecu kolovozu kada se održava tradicionalna *kišna dova*.
2. U nekim dijelovima BiH, hodža a često i svećenici, uzmu jednu vreću, u koju svaki mora baciti po jedan kamenčić. Onda se vreća zaveže i odnese na most. Poslije učenja kišne dove se baci u vodu.
3. U drugim dijelovima BiH hodža sa više odabranih ljudi ode na neku rijeku te zajedno sa njima uđe u nju. Tada uči kišnu dovu, a svi prisutni izgovaraju “Amin!”.
4. U nekim bosanskim mjestima čak postoji i vjerovanje da će kiša pasti ako se mrtvačka nosila svežu za johu ili vrbu i bace u rijeku, posebno ako ih baci u vodu trudnica.
5. Vlasti Jordana redovito pozivaju narod na trodnevni post i molitvu za kišu. Ovakve molitve često se organiziraju širom Bliskog istoka, gdje je voda rijetka i od neprocjenjive vrijednosti. (aura.ba)

Kod katolika postoje i molitve za kišu, ali i za vedrinu[17]:

„Bože, stvoritelju života i uzdržavatelju svega što postoji! Obraćamo ti se u našoj nevolji i usrdno te molimo da nam podariš spasonosnu kišu (ili: lijepo vrijeme) i tako providiš za kruh naš svagdanji. Ljubitelju života, ti si nam povjerio ovu zemlju da je brižno obrađujemo i čuvamo kao životni prostor za cijelo čovječanstvo i za sve generacije do kraja vremena. Oprosti što svojim neodgovornim i sebičnim ponašanjem narušavamo ravnotežu prirode koju si ti podario. Pomozi da se u tome popravimo te da u svemu što nam daješ uvijek prepoznajemo tvoj govor. Amen.“

Ili

„Bože, Stvoritelju i Svedržitelju, koji ravnaš svime što si stvorio. Podari nam potrebitu kišu, u ovom vremenu suše, vatre i drugih nevolja, da kroz život Tebe možemo još više slaviti i Tebi živjeti. Amen.“[18]

Uz to, u mnogim mjestima postoje čudotvorni izvori. Poznaju ih kako kršćanstvo (katoličanstvo: i pravoslavlje) tako i islam.

Zato veoma često slušamo o čudotvornoj vodi iz Bosne, iz bosanskoga grada Kladnja. Mnogi vjeruju da muškarcima povećava seksualnu želju i učvršćuje penis te je u tome smislu smatraju prirodnom viagrom: *Muška voda - ženska radost*[19].

Uz katoličko i franjevačko svetištu u Podmilačju kraj Jajca vežu se različiti oblici pučke pobožnosti, ali i pučka hodočasnička praksa. Toj praksi pripada i umivanje na vrelu Mrtvalj, koje se u narodu zove „izvor Sv. Ive“, a koje se smatra „ljekovitim i čudotvornim“. Danas sve više hodočasnici, a i domaći uzimaju vodu kao blagoslovljenu i nose u bocama svojim obiteljima i bolesnicima.[20]

Ništa drukčije nije ni u pravoslavlju. Voda s čudotvornog izvora Lovnice, koji se nalazi neposredno uz istoimeni pravoslavni manastir Svetog Đorđa u Šekovićima ima, prema narodnome

predstavnici koji raspravljaju o pitanjima dušobrižništva na području Amazonije. Riječ je svakako o posebnoj sinodi sazvanoj za neku svjetsku regiju. Slični susreti bili su organizirani 2009. za Afriku ili 2010. za Bliski Istok. U središtu pozornosti su položaj (situacija) ljudi amazonskoga područja i izazovi za Katoličku crkvu. Akcenti su stavljeni na probleme koji za domorodačko indijansko stanovništvo nastaju zbog izrabljivanja sirovinskih bogatstava kao npr. drveta, nafte, plina, plemenitih metala kao i monokulturama. U to se ubrajaju još lokalni sukobi i protjerivanja kao i zagađivanje okoline zbog rudarstva i drugih aktivnosti.

[16] Da li su kišne dove naš jedini spas? Kako se moliti za kišu?, u: https://aura.ba/da-li-su-kisne-dove-nas-jedini-spas-kako-se-moliti-za-kisu/, pristupljeno 2.10.2019.

[17] Družba sestara naše Gospe : „Molitva za kišu i vedrinu“, u: http://www.dsng.hr/duhovni-kutak/molitve/molitva-za-kisu-i-vedrinu, pristupljeno 2.10.2019.

[18] Molitva za kišu!, u: https://www.dnevno.hr/vjera/duhovnost/molitva-za-kisu-1044722/, pristupljeno 2.10.2019.

[19] Čudotvorna voda iz Bosne je zapravo prirodna viagra, u: https://www.24sata.hr/fun/cudotvorna-voda-iz-bosne-je-zapravo-prirodna-viagra-103723, pristupljeno 2.10.2019.

[20] Čudesna priča o najstarijem svetištu u Bosni i Hercegovini, u: http://www.laudato.hr/Novosti/Zanimljivosti/Cudesna-prica-o-najstarijem-svetistu-u-Bosni-i-Her.aspx, pristupljeno 2.10.2019.

vjerovanju, posebnu iscjeliteljsku snagu i to poslije ljetnoga solsticija, poslije Ivanjdana koji se slavi 24. lipnja. Zahvaljujući „čudotvornim svojstvima ove vode mnogi su se izliječili od: karcinoma, bolesti očiju, psihičkih oboljenja, neplodnosti itd.“[21]

ZAKLJUČAK

Ovim kratkim radom pokušao sam u najosnovnijim natuknicama istaknuti da je i u okviru inženjerskih kongresa o vodama, o vodi moguće razgovarati i s drugih stajališta. Stoga se ovim zahvaljujem prof. dr. Tariku Kupusoviću, mome dobrom i dragom prijatelju te prijatelju moga ramskog kraja, što mi je kao sociologu religije omogućio nastupiti na 2. BiH-kongresu o vodama i na njemu iznijeti i nešto drukčija gledišta koja svoje uporište nemaju u ovozemaljskom nego u onostranom svijetu.

Jer, da je kojim slučajem voda u religijama koje se ispovijedaju u Bosni i Hercegovini divinizirana, kad bi se prema njoj postupalo kao prema Svetome, ne bi tada bilo moguće izgraditi ni jednu hidrocentralu ili na bilo koji način iskorištavati vodu radi stjecanja profita. Moralo bi je se ostaviti u njezinom prirodnom stanju kao što to rade prirodne, plemenske zajednice. Kako to, međutim, nije slučaj, i kako se o vodi i o njezinome značenju u životu društvene zajednice raspravlja u svim društvenim sustavima, od privrede, preko politike, prava, obrazovanja pa sve do ekologije i religije, onda je bilo potrebno čuti i onaj drugi, religijski glas.

Uz to, pokušao sam pronaći informacije o postojanju nekog službenog dokumenta, neke deklaracije u izdanju bosanskohercegovačkih religijskih zajednica: Islamske zajednice u BiH, Katoličke crkve, Srpske pravoslavne crkve i Židovske zajednice u kojima se one određuju prema suvremenim zbivanjima u Bosni i Hercegovini, posebno kad je riječ o ekološkim pitanjima, te time i o pitanjima ugroze vode i sveukupnog vodnoga blaga. Kako ih nisam našao i kako time nisam mogao analizirati njihova službena stajališta o vodama u Bosni i Hercegovini, njihovom prekomjernom iskorištavanju radi isključivo ekonomske dobiti i njihovoj zaštiti i očuvanju, pokušao sam iznijeti relevantna stajališta o toj temi najpoznatijih islamskih i katoličkih teologa.

Iz njihovih izlaganja je vidljivo da je u islamu i kršćanstvu voda od izuzetnog značenja, ali da se o tome njezinu izuzetnom značenju počelo razmišljati, kao i u drugim europskim i svjetskim državama, tek u novije vrijeme.

Nadam se da će zbog sve veće ugroženosti voda u Bosni i Hercegovini i vodstva religijskih zajednica u BiH izići u javnost sa svojim službenim stavovima o tome i zatražiti od svih aktera u društvu da se 'domaćinski' odnose prema vodi, kao jednom od najznačajnijih elemenata za održavanje života na zemlji.

KORIŠTENA LITERATURA:

1. Bešker, Inoslav (6.10.2019) „Papa otvorio sinodu o Amazoniji s pozivom na integralnu ekologiju“, u: https://euractiv.jutarnji.hr/aktualno/papa-otvorio-sinodu-o-amazoniji-s-pozivom-na-integralnu-ekologiju/9451640/, pristupljeno 8.10.2019.
2. Biblija. (1991) Zagreb: Kršćanska sadašnjost
3. Budizam, u: *Hrvatska enciklopedija*, http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=9995, pristupljeno 10.10.2019.
4. Cvitković, Ivan (2014) *Sociologija obreda*. Sarajevo : Nacionalna i univerzitetska biblioteka Bosne i Hercegovine
5. Čaušević, Ferid (1974) „Voda“ (1), u: *Preporod* 94/1974, 10; „Voda“ (2), u: *Preporod* 95/1974, 10; „Voda“ (3), : *Preporod* 96/1974, 10-11;
6. Čudesna priča o najstarijem svetištu u Bosni i Hercegovini, u: http://www.laudato.hr/Novosti/Zanimljivosti/Cudesna-prica-o-najstarijem-svetistu-u-Bosni-i-Her.aspx, pristupljeno 3.10.2019.
7. Čudotvorna voda iz Bosne je zapravo prirodna viagra, u: https://www.24sata.hr/fun/cudotvorna-voda-iz-bosne-je-zapravo-prirodna-viagra-103723, pristupljeno 2.10.2019.
8. Da li su kišne dove naš jedini spas? Kako se moliti za kišu?, u: https://aura.ba/da-li-su-kisne-dove-nas-jedini-spas-kako-se-moliti-za-kisu/, pristupljeno 2.10.2019.
9. De Chatel, Francesca (2004) „Kapljice vjere. Voda u islamu“, u: *Takvim*, 131-141. S engleskog: Mirnes Kovač.

[21] Manastir Lovnice, u: https://putevimapravoslavlja.info/manastir-lovnica/; Čudotvorni izvor manastira Lovnica, u: https://putevimapravoslavlja.info/cudotovorni-izvor-manastira-lovnica/, pristupljeno 3.10.2019.

10. Dedić, Ismet (2002) „Bez vode nema života“, u: *Preporod* 738/2002, 35 / „Oj, Vrbasu, vodo hladna – Ekologija i ekonomija“, u: *Preporod* 891/2009, 59; „Vrtlog života – voda – naša nepoznanica“, u: *Preporod* 956/2011, 50
11. Družba sestara naše Gospe : „Molitva za kišu i vedrinu“, u: http://www.dsng.hr/duhovni-kutak/molitve/molitva-za-kisu-i-vedrinu, pristupljeno 2.10.2019.
12. Eseni, u: http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=18354), pristupljeno 1.10.2019.
13. Hinduizam, u: *Hrvatska enciklopedija*, http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=25577, pristupljeno 10.10.2019.
14. Jašić, Orhan (2019) Bioetički problemi u publikacijama Islamske zajednice u BiH od 1945. do 2012. Zagreb : Pergamena d.o.o Zagreb; Znanstveni centar izvrsnosti za integrativnu bioetiku Filozofskoga fakulteta u Zagrebu
15. Judaizam, u: Hrvatska enciklopedija, http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=29433, pristupljeno 10.10.2019.
16. Karić, Enes (1983) „Halal i priroda“, u: *Glasnik Islamske zajednice*, 46(6/1983), 818-827.
17. Karić, Enes „Slovo o vodi“, u: http://sveske.ba/en/content/slovo-o-vodi, pristupljeno 13.10.2019.
18. Krivdić, Ivančica, „Ekologija i budizam“, u: https://nova-akropola.com/covjek-i-svijet/ekologija/ekologija-budizam/, pristupljeno 10.10.2019.
19. Kupusović, Tarik (2018) „Nismo svjesni važnosti vode“, u: Preporod, od 17. travnja 2018.; https://www.preporod.com/index.php/component/content/article/31-novi-broj/117-1114-8, pristupljeno 27.10.2019.
20. Lomonaco, Amedeo; Anić, Ariana (22.3.2019) „Papa Franjo – Pristup vodi ljudsko je pravo“, u: https://www.vaticannews.va/hr/papa/news/2019-03/papa-franjo-poruka-svjetski-dan-voda-pristup-ljudsko-pravo.html, pristupljeno 8.10.2019.
21. Luhmann, Niklas (1990) *Ökologische Kommunikation. Kann die moderne Gesellschaft sich auf ökologische Gefährdung einstellen*. Opladen, Westdeutscher Verlag
22. Lujić, fra Božo (2003) „Biblijski odnos spram prirode i čovjeka. Pretpostavke biblijske ekologije“, u: *Bosna franciscana,* 18/2003, 5-36.
23. Majdandžić-Gladić, Snježana (2015) „Hinduizam“, u: *Vjera i djela –portal katoličkih teologa*: https://www.vjeraidjela.com/hinduizam/, pristupljeno 10.10.2019.
24. Mali rečnik tradicionalnih simbola (1999) Beograd: „Libretto“.
25. Manastir Lovnice, u: https://putevimapravoslavlja.info/manastir-lovnica/; Čudotvorni izvor manastira Lovnica, u: https://putevimapravoslavlja.info/cudotovorni-izvor-manastira-lovnica/, pristupljeno 3.10.2019.
26. Molitva za kišu!, u: https://www.dnevno.hr/vjera/duhovnost/molitva-za-kisu-1044722/, pristupljeno 2.10.2019.
27. Papa Franjo (2015) *Laudato si.* Zagreb: Kršćanska sadašnjost
28. Poruka pape Franje za Svjetski dan molitve za skrb o stvorenom svijetu 2018.“ od 1.9.2019., objavljena 3.9.2018. pod naslovom „Čuvati neprocjenjivo dobro vode“, u: http://www.zg-nadbiskupija.hr/dokumenti/rijec-svetog-oca/cuvati-neprocjenjivo-dobro-vode, (8.10.2019.)
29. Salatul-Istisqa, u: https://aura.ba/da-li-su-kisne-dove-nas-jedini-spas-kako-se-moliti-za-kisu/, pristupljeno 2.10.2019.
30. Salispahić, Džemal (1981) „Kuran o vodi“, u: *Glasnik Islamske zajednice* 44(3/1981), 248-254.
31. Sultanović, Adis (2006) „Voda je blagodat – tribina na Fakultetu islamskih nauka u Sarajevu“, u: *Preporod* 831/2006.
32. Svjetski dan voda 2019. godine“, u: https://www.hzjz.hr/sluzba-zdravstvena-

ekologija/svjetski-dan-voda-2019-godine/, pristupljeno 8.10.2019.)

33. Šoše, Afan (1981) „Ako vode presuše, ko će nam pitku vodu dati“, u: *Glasnik Islamske zajednice* 63(1-2/2001), 19-24.
34. Tomašević, Luka; Vuletić, Suzana (2019) Ekoteologija. Kršćanska ekologija u svjetlu katoličke teologije i franjevačke duhovnosti”, u: *Bosna franciscana* 50/2019, 53-74.
35. Valjan, fra Velimir „Pojam, značenje i nastanak bioetike sa posebnim osvrtom na Bosnu i Hercegovinu“, u: *Znakovi vremena*. Sarajevo, proljeće 2014., godina XVII, br. 63., str. 47-52.
36. Voda i njene vrste, u: https://akos.ba/fikhus-sunne-cistoca-taharet-voda-i-njene-vrste/, pristupljeno 1.10.2019.

KLIMATSKE PROMJENE U BiH I OBAVEZE I PREPORUKE KOJE PROIZILAZE IZ PARIŠKOG SPORAZUMA

CLIMATE CHANGE IN BiH AND OBLIGATIONS AND RECOMMENDATIONS ARISING FROM THE PARIS AGREMENT

Željko Majstorović, dipl fiz. – klimatolog
Udruženje meteorologa u BiH
zmajstor.majstor@gmail.com

Sažetak: Klimatske promjene su globalna pojava i srednja temperatura čitave planete Zemlje neprestano raste. Štaviše, taj se proces neprestano ubrzava. Dok je početkom ovog milenija povećanje iznosilo 0,6 oC za sto godina, sada to povećanje iznosi preko 1 oC. Primjer Sarajevskog stogodišnjeg niza pokazuje da se ti procesi odvijaju u i u BiH. Što se tiče padavina, imamo stagnaciju ili lagano povećanje suma padavina što je utješno, medjutim promjena režima padavina koja je posljedica sve učestalijih vremenskih ekstrema, prije svega poplava i suša uzrokuje sve lošije vodne bilanse. Bosna i Hercegovina je potpisnik Pariškog sporazuma o klimatskim promjenama. U pogledu primjene njegovih odredaba naša zemlja nije daleko odmakla, i to je veoma štetno. Naime, Pariški sporazum pretpostavlja dvije vrste obaveza glede klimatskih promjena. Prva je sprječavanje klimatskih promjena, a druga je prilagodba istim. Naša zemlja je nema velike obaveze u pogledu sprječavanja klimatskih promjena, jer nema velike emisije stakleničkih plinova, ali što se tiče prilagodbe tu može samo dobiti, jer prilagodjavanje prije svega podrazumjeva umanjenje šteta koje nastaju usljed povećanih ekstrema i smanjenje broja ljudskih žrtava.

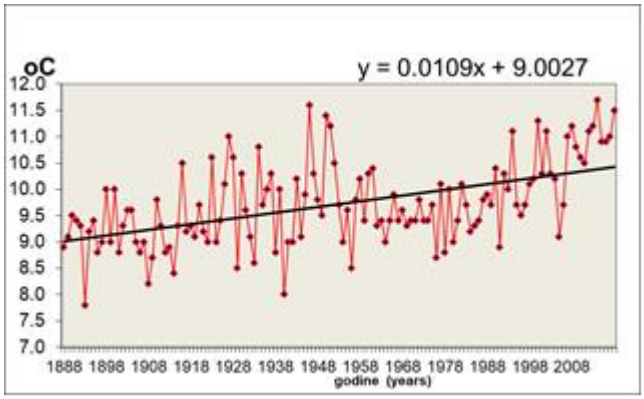
Ključne riječi: klimatske promjene, sprječavanje, prilagodba, vodni bilansi

Abstract: Climate change is a global phenomenon and the mean temperature of the entire planet Earth constantly increasing. Moreover, this process is constantly accelerating. Whereas at the beginning of this millennium, the increase was 0.6 oC for a hundred years, now this increase is over 1 oC. The example of the Sarajevo Centennial Series shows that these processes take place in and in BiH. With regard to precipitation, there is a stagnation or a slight increase in the sums of precipitation which is comforting, but the change in the precipitation regime which is a consequence of increasing weather extremes, above all floods and droughts, causes worse water balances. Bosnia and Herzegovina is a signatory to the Paris Agreement on Climate Change. In terms of the implementation of its provisions, our country is not far behind, and it is very harmful. Specifically, the Paris Agreement assumes two types of climate change commitments. The first is to prevent climate change, and the second is to adapt to them. Our country has no great obligation in terms of climate change prevention, because it does not have large greenhouse gas emissions, but as far as adaptation is concerned, it can only be obtained because adaptation primarily means reducing the damage caused by increased extremes and reducing the number of human casualties.

Key words: climate change, prevention, adaptation, water balances

Klimatske promjene u BiH

Utjecaj klimatskih promjena na klimu naše zemlje je evidentan. Trend povećanja temperature je u skladu sa globalnim procesima i ubrzava. Zaključno sa 2018. godinom Sarajevski niz (sl.1.1.) pokazuje **trend od 1 ºC** za zadnjih sto godina . Napomenimo da je početkom ovog milenija taj trend **iznosio 0,6 ºC**, Ovo ima za posljedicu porast učestalosti klimatskih ekstrema svih vrsta, uključujući temperaturne rekorde, suše poplave, smanjenje broja dana sa snježnim pokrivače i drugo.

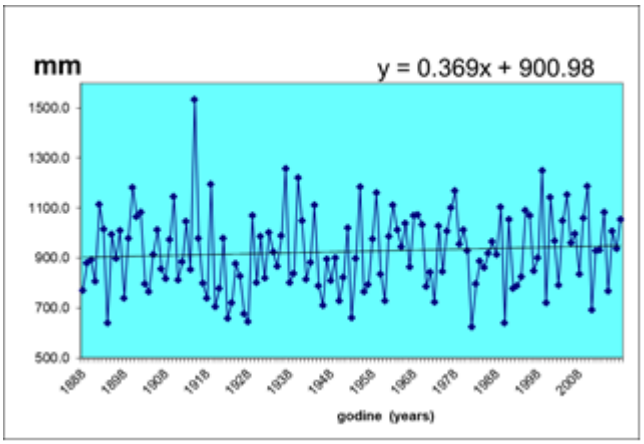


***Slika.1**. Srednje godišnje temperature u Sarajevu u peridu 1888.-2018. g. i pridruženi trend (Average anual temperature in Sarajevo 1888.-2015. and pasted trend)*

Koeficijent uz x (sl.1) pokazuje porast temperature približno za 1,1 ºC za sto godina.

Treba naglasiti da je gore navedeni trend prosječan, jer svaki klimatološki parametar ima svoju vremensku i prostornu raspodjelu. Najveći porast temperature pokazuje peripanonska oblast, a najmanji jugozapadna.

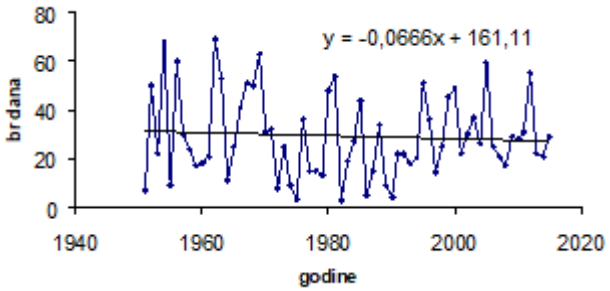
Što se tiče suma oborina, one blago rastu, ili stagniraju.(sl.2.)



***Slika.2**. Godišnje sume oborina u Sarajevu u periodu 1888.-2018. I pridruženi trend (Anual percipitation in Sarajevo 1888.-2015. and pasted trend)*
Koeficijent uz x (sl.2) pokazuje blagi porast godišnjih suma oborina približno za 37 mm za sto godina.

Međutim, režim oborina se sve brže mijenja. S jedne strane imamo sve duže sušne periode, a s druge velike intenzitete oborina u kratkim vremenskim intervalima, što uzrokuje poplave. U uvjetima brdsko-planinskog zemljišta, oborine većeg intenziteta se brzo odlivaju po površini zemlje, a suše iza toga povećavaju deficit vode. Osim toga, sve su učestaliji i drugi vremenski ekstremi i rekordi u pogledu svih klimatoloških parametara. Ovo ima nesagledive posljedice na različite oblasti života u Bosni i Hercegovini, što direktno utječe na uvjete za razvoj poljoprivredne prizvodnje, rast biljaka i biodiverzitet, kao i na vodne bilanse, što se osjeća u otežanom vodosnabdijevanju.
Količina oborina, ovisno od kraja u BiH, pokazuje minimalne promjene u prethodnih 100 godina od najviše +/- 5 %, , s tim što je u središnjem planinskom pojasu prisutan trend povećanja količina kišnih oborina, dok je u jugozapadnom i sjevernom i sjeveroistočnom dijelu zemlje prisutan trend smanjenja, ali postoji različit trend po sezonama.

Sarajevski stogodišnji niz (Slika 2.) pokazuje povećanje od 37 mm za sto godina u odnosu na prosjek od 932 mm (l961.-1990.) što predstavlja povećanje od oko 3,9 %.



Slika.1.5. Broj dana sa snijegom >10 cm 1951. – 2016. u Sarajevu i pridruženi trend

Ovim razmatranjima treba dodati i podatke o snježnom pokrivaču. Postoji posebna zabrinutost za trend visine i trajanja snježnog pokrivača koji opada u zimskom periodu, što smanjuje akumulaciju vode u planinskim dijelovima. Kao primjer navodimo trend trajanja snježnog pokrivača u Sarajevu u periodu 1950. – 2016. godina (Slika 1.5.). Snijeg na planinama koji se lagano topi u proljetnom periodu značajno utječe na ujednačenost, kvantitet i kvalitet vode u podzemlju i izvorištima. Navedeni faktori također ukazuju na ozbiljan deficit vode u proljetnim i ljetnim sezonama, što se već osjeti.

Razmatranje posljedica

Posebno je interesantno je gore navedene trendove parametara pogledati po godišnjim dobima. Za primjer ćemo opet uzeti stogodišnji Sarajevski niz. (1888. - 2015. godina), (jedini niz u BiH koji ima neprekinut niz mjerenja od 1888. godine, tako da je pogodan za razmatranje stogodišnjih trendova klimatoloških parametara.)

Interesantno je pogledati trendove suma padavina po godišnjim dobima date u slijedećoj tabeli.

Tablica.1. U prvom redu su dati trendovi godišnjih suma padavina (R) u pojedinim sezonama, u drugom trendovi srednjih godišnjih temperatura(Tsr), a u trećem trendovi indeksa suše (I). proracunati na 100 g.

	Proljeće	Ljeto	Jesen	Zima
R	**-3,21**	**13,09**	**-0,95**	**25,31**
Tsr	**0,76**	**1,16**	**0,58**	**1,62**
I	**-1,95**	**-0,83**	**-1,25**	**-3,42**

Vidimo da proljeće i jesen imaju malo opadanje suma oborina, dok ljeto i zima imaju porast. Međutim, ljeto i zima pokazuju i najveći porast temperature.

Indexi suše (Tablica 1.) pokazuju malo opadanje u svim godišnjim dobima, a najveće zimi. To su male promjene (za sto godina) s obzirom na gore navedene srednje vrijednosti za pojedina mjesta. Ipak, koeficijenti su negativni, tj. sušni trend postoji, a kako smo vidjeli u uvodu, ovi procesi pokazuju trend ubrzanja.

Evapotranspiracija

Uočena je sve veća promjenljivost vremena u svim sezonama i ona uključuje brze izmjene kraćih perioda (pet do deset dana) ekstremno hladnih i toplih vremenskih uvjeta, tzv. toplih i hladnih valova i perioda sa ekstremno velikim kišnim oborinama, kao i sušama. Te izmjene su često praćene i jakim vjetrovima, premda se mora napomenuti da su vrijednosti brzina vjetra još uvijek manje nego u drugim dijelovima svijeta, kao i štete koje izazivaju. Ovako povećane oscilacije temperature i kišne oborine dovode do povećanja intenziteta i učestalosti vremenskih nepogoda praćenih pljuskom kiše, nerijetko i gradom. Uočena je izuzetna promjenljivost vremena u kratkim vremenskim intervalima i na malom prostoru, te pogoršanje biometeoroloških prilika[1], kao i evidentne posljedice na poljoprivredu, vodoprivredu, elektroprivredu i ljudsko zdravlje.

Zbog gore pomenutih faktora, očekuje se da će se trajanje suhih perioda, učestalost poplava od bujica i intenzitet erozije tla povećati tokom sljedećeg stoljeća. Osim toga, povećanje se očekuje u pojavi grada, oluja, munja i maksimalne brzine vjetra, koji mogu predstavljati prijetnje svim oblicima ljudske aktivnosti (IPCC).

Također, porast srednje temperature utječe na porast potencijalne evapotranspiracije (tj. isparavanja), što i pored izvjesnog povećanja sume padavina pojačava efekat suše. (Majstorović, Hodžić 2013.) pokazuju pravu suštinu trenda oborina i temperature. Naime, porast srednje temperature utječe na porast **potencijalne evapotranspiracije**, a to još vise **pojačava efekat suše**. (Majstorović, Hodžić 2013.)

Stručnjaci u svijetu su odavno svjesni ovih problema, pa je od 1990. godine održano više velikih konferencija. To je 1990. godine rezultiuralo

Konvencijom ujedinjenih nacija o klimatskim promjenama, 1996. godine Kjoto protokolom, a ove godine je potpisan i Pariški sporazum.

2. PARIŠKI SPORAZUM

Osnovni cilj Konvencije UN je da se smanje antropogene emisije gasova sa efektom staklene bašte (ugljendioksid, azotsuboksid, metan, freoni, troposferski ozon), kako bi se zaustavilo dalje zagrijavanje atmosfere sa posljedicama globalnih promjena klime i podizanja nivoa mora. Najodgovorniji za ovakvo stanje u dosadašnjem periodu industrijalizacije su najrazvijenije zemlje svijeta, zatim zemlje kao što su tzv-ne BRIC zemlje, te zemlje u tranziciji Centralne i Istočne Evrope. Ove zemlje su prihvatile odgovornost za dosadašnje globalno zasićenje atmosfere plinovima koji izazivaju efekat staklenika (75% ukupnih globalnih emisija dolazi iz ovih zemalja, a samo 25% iz preko 100 zemalja u razvoju), kao i obavezu postepenog smanjivanja svojih nacionalnih emisija kako bi, prema odredbama Kyoto protokola, u periodu od 2008. do 2012. godine smanjile svoje emisije u prosjeku za 5.2% u odnosu na nivo iz 1990. godine. Industrijske zemlje su, takođe, prihvatile **obavezu da osiguraju dodatna sredstva za fond formiran u okviru Konvencije i Kjoto protokola za pružanje podrške zemljama u razvoju** za aktivnosti na implementaciji Konvencije. Ostaje obaveza da po stupanju Pariskog sporazuma ispuni sve što se od BiH očekuje, naravno uz podršku EU i drugih razvijenih zemalja svijeta. Na pariškoj Konferenciji (decembar 2015.) fokus aktivnosti je bio na donošenju pravno obavezujućeg Sporazuma koji je UNFCCC dobio kao zadatak na skupu u Durbanu (COP17) kroz ADP) Ad-hoc Durban Platformu, koja je bila i podloga za pregovore u prethodnim godinama, kao i na samom COP21, a rezultirala je u obliku konačnog teksta Pariškog sporazuma. Ovaj sporazum je u samoj najavi predstavljen kao pravno obavezujući za sve zemlje svijeta, ali u isto vrijeme, treba biti i primjenjiv za sve zemlje svijeta.

Pored sporazuma, strane su usvojile još 34 odluke, 23 koje se odnose na COP21, a 12 koje se odnose na još uvijek važeći Kjoto protokol (CMP11). Pored Pariškog sporazuma, između ostalih, usvojene su odluke o: (i) osnaživanju razvoja tehnologija i transfera kroz tehnološki mehanizam, (ii) procesu ocjene napretka u procesu definiranja i implementacije nacionalnih adaptacionih planova (NAP-a), (iii) produžnju mandata expertskoj grupi najnerazvijenijih zemalja, (iv) metodološka pitanja koja uključuju ispunjenje obaveza iz Doha amandmana, (v) osiguranje metodološkog vodiča za smanjenje emisija zbog deforestacije (sječe šuma) i šumske degradacije u zemljama u razvoju, održivo upravljanje šumama, i jačanje stokiranja CO_2 u šumama (REDD+), vodič za CDM, te Joint implementation, kao i osiguranje budžeta za dvogodišnji period 2016.-2017. godinu.

Glavni elementi novog Sporazuma iz Pariza:

- **dugoročni cilj:** vlade su postigle dogovor da će porast prosječne svjetske temperature zadržati na razini znatno manjoj od 2°C u usporedbi s predindustrijskim razinama te da će ulagati napore da se taj porast ograniči na 1,5°C.
- **doprinosi:** prije Pariške konferencije i za vrijeme njezina trajanja zemlje su podnijele sveobuhvatne nacionalne planove klimatskog djelovanja za smanjivanja emisija.
- **ambicija:** vlade su se složile da će svakih pet godina obavještavati o svojim doprinosima za postavljanje ambicioznijih ciljeva.
- **transparentnost:** takođe su prihvatile da će se izvještavati međusobno, kao i javnost, o tome kako napreduju u provedbi svojih ciljeva kako bi se osigurala transparentnost i nadzor.
- **solidarnost:** EU i ostale razvijene zemlje i dalje će finansirati borbu protiv klimatskih promjena kako bi zemljama u razvoju pomogle da smanje emisije i izgrade otpornost na učinke klimatskih promjena.

3. STRATEGIJA PRILAGOĐAVANJA NA KLIMATSKE PROMJENE BiH

Klimatološki prognostički modeli predviđaju povećanje prosječnih godišnjih temperatura za 2 - 4^0 C do kraja ovog stoljeća sa porastom ljetnih temperatura i do $4,8^0$ C. Ovakva situacija će zahtijevati fundamentalne promjene u poljoprivredi, šumarstvu i pristupima u obradi i upravljanju zemljištem. Predviđeno smanjenje godišnjih oborina za 30% i smanjenje ljetnih oborina u području Posavine i na jugu Bosne i Hercegovine do 50%, imat će negativne implikacije za poljoprivredu i šumarstvo.

Strategija prilagođavanja na klimatske promjene i niskoemisionog razvoja za Bosnu i Hercegovinu usvojena je od strane Vijeća ministara BiH 08. oktobra 2013. godine.

3.1. Poljoprivreda

Poljoprivreda, zbog svoje izloženosti prirodnim promjenama i osjetljivosti na prirodne promjene,

predstavlja sektor koji je najosjetljiviji na promjene klime: od ukupne površine Bosne i Hercegovine, 46% je poljoprivredno zemljište. Klima predstavlja primarnu determinantu/odrednicu poljoprivredne produktivnosti zemlje. Predviđa se da će utjecaj budućih klimatskih promjena na poljoprivredni sektor biti znatno – ali ne i u potpunosti – negativan.

Šumarstvo

Klimatske promjene mogu bitno utjecati na šume u Bosni i Hercegovini tako što će vremenom transformirati šumske ekosisteme i izmijeniti sastav i distribuciju šuma. Neke od šumskih vrsta su otpornije na klimatske promjene, iako i dalje postoje potencijalni negativni utjecaji. Šume bukve, koje su prilično otporne, mogle bi biti napadnute različitim patogenima i oboljenima, a i vatra/požari bi mogli biti sve veći rizik. Nizinske bukove šume izložene su posebnom riziku, naročito u područjima s malim količinama oborina, na sjeveroistoku zemlje. Isto tako, rizicima su izložene i nizinske šume hrasta i visoke planinske šume. Četinari su na visokim temperaturama naročito podložni napadima štetočina (buba, insekata), a postoji i rizik od izbijanja požara. Simulacije povećanja prosječne temperature za 2^0 C predviđaju značajne negativne posljedice za distribuciju tamnih četinarskih šuma. Drvo jele je također izloženo riziku od porasta temperature. Druge vrste se postepeno šire i na više nadmorske visine. Veliki broj vrsta drveća, a naročito širokolisnog drveća, pogođen je stresom zbog suše, što bi moglo imati značajan utjecaj na veliki broj šumskih vrsta. Poseban utjecaj koji se može pojaviti kao posljedica klimatskih promjena je 'višestruki stres', kod kojeg dolazi do promjena u vlažnosti tla, promjena u količini oborina, temperaturi i patogenima, što sve skupa doprinosi nastajanju netrpeljivog staništa i visoke stope mortaliteta drveća. Vrste drveća koje se nalaze u centru svog areala bit će tolerantnije u odnosu na klimatske promjene od vrsta koje se nalaze na periferiji.

Napomena autora: Ova dva poglavlja su uvrštena zbog povezanosti ovih oblasti, a posebno zbog uticaja šume na akumulaciju vode u podzemlju i kvalitet vode.

Voda

Prognozirane promjene u količinama oborina i temperaturi zraka će negativno utjecati na sadašnji sistem upravljanja vodnim resursima u Bosni i Hercegovini. Iako za riječne tokove postoje dostupne informacije o vodostajima, i te se informacije koriste za određivanja ukupne raspoloživosti vode, dostupni podaci o hidrološkim resursima su veoma ograničeni. U skladu s tim, nije bilo ni procjene utjecaja klimatskih promjena na ove sisteme na državnom nivou.

Očekuje se da će vodni sistemi biti izloženi utjecajima koji su povezani sa klimatskim promjenama. Smanjene količine oborina tokom proljeća i ljeta, koje su povezane sa regionalnim smanjenjem godišnjih nivoa oborina i povećanjem temperature zraka, doprinijet će povećanoj učestalosti pojave suša. Suprotno tome, u periodima jeseni i zime očekuje se povećana učestalost pojave poplava. Očekuje se da će se ovakvi ekstremniji vremenski uvjeti pojavljivati u prosjeku svakih 5 do 10 godina. Također, očekivano je produženje suhih, bezvodnih perioda, kao rezultat smanjenih količina oborina tokom ljeta u kombinaciji sa povećanim stopama isparavanja. Nivo vode u riječnim tokovima će opasti, naročito u toku ljeta i rane jeseni, što će utjecati na kvalitet vode. Nizak vodostaj i suše će se dešavati tokom ljetnih mjeseci, što će utjecati na snabdijevanje pitkom vodom (posebno u ruralnim zajednicama) i na turizam.

Ukratko, prognozirane promjene u obimu oborina i njihovoj distribuciji (prostornoj i sezonskoj), u kombinaciji sa povećanjima temperature i stopa isparavanja, vjerovatno će uzrokovati pojavu ekstremnijih događaja (poplava i suša), a dovest će i do manjka vode koja je raspoloživa tokom ljetnih mjeseci, naročito u mediteranskom području i Hercegovini (najteža situacija će biti u krečnjačkim krškim predjelima). Pristupi prilagođavanju na klimatske promjene trenutno su ograničeni zbog nedostatka pouzdanih podataka, što je situacija koja se mora hitno rješavati. Neophodna su infrastrukturna poboljšanja (zaštita od poplava i infrastruktura za skladištenje vode), kao i mehanizmi za bolje upravljanje vodosnabdijevanjem i distribucijom.

Preporuka autora: S ozirom na navedene činjenice opadanja efektive vodnih bilansa, kao i nove obaveze proistekle iz Pariškog sporazuma, trebalo bi uraditi posebnu STRATEGIJU prilagodjavanja klimatskim promjenama u oblasti voda. U tu strategiju bi trebalo ugraditi i ubrzanu gradnju manjih VIŠENAMJENSKIH akumulacija vode, jer logika nalaže da je odgovor na sve lošiji režim padavina - skupljati vodu u periodima kada je ima, da bi je koristili kada je nema!

LITERATURA

1. Ž.Majstorović, Klimatske promjene i prilagodba u sferi zaštitevodnog fonda u BiH, Prvi kongres o vodama BiH, Sarajevo, oktobar 2016.
2. Ž.Majstorović Promjena režima padavina u Bosni i Hercegovini i uticaj na različite oblasti života i ekonomiju u našoj zemlji, Simpozij ANUBiH o poplavama, MAJ 2015.(str1.- 4.)
3. Grupa eksperata: Prvi nacionalni izvještaj BiH u skladu sa okvirnom konvencijom UN o klimatskim promjenama (poglavlje 3.2), Banjaluka 2009.
4. Pariški sporazum o klimatskim promjenama, april 2016.
5. Strategija prilagođavanja na klimatske promjene i niskoemisionog razvoja za Bosnu i Hercegovinu usvojena od strane Vijeća ministara Bosne i Hercegovine 08. oktobra 2013. godine
6. Spasova D., Trbić G., Ž.Majstorović: Studija procjene uticaja klimatskih promjena na poljoprivredu i razvoj strategije adaptacije u Bosni i Hercegovini Vlada Republike Srpske, Ministarstvo za prostorno uređenje, građevinarstvo i ekologiju, Regionalni centar za životnu sredinu, Banja Luka (2007).
7. Majstorović, Ž. i dr (2008b).: Ekstremni događaji i varijabilnost vremenskih prilika u Bosni i Hercegovini u posljednjih deset godina sa posebnim pregledom 2007. godine, Sofija, maj 2008.
8. B.Krajinović, Ž.Majstorović (2012) Varijabilnost vremena i vjetar u dekadi 2001-2010 u BiH, Balwois, Ohrid
9. Sabina Hodžić, Željko Majstorović i dr. (2013): Globalne klimatske promjene ne teritoriji BiH i njihov uticaj na agrikulturu
10. FHMZBiH, RHMZRS, (2011, 2012, 2013,2014,2015.2016.) Mjesečne, Sezonske i Godišnje klimatološke analize

ANALIZA KLIMATSKIH PROMJENA – SLIV RIJEKE BOSNE U FBIH

CLIMATE CHANGE ANALYSIS – BOSNA RIVER BASIN IN FEDERATION OF B&H

Mirza Mujčić, MA dipl. ing. građ.
Institut za hidrotehniku Sarajevo
mirza.mujcic@heis.ba

Bojana Nedić, dipl. ing. građ.
Institut za hidrotehniku Sarajevo
bojana.nedic@heis.ba

Sažetak: Posljednjih 15-20 godina moguće je uočiti značajne stohastičke i determinističke utjecaje na slivovima rijeka u BiH. Stohastički utjecaji, izraženi kroz utjecaj klimatskih promjena, zajedno s determinističkim (utjecaj čovjeka) imaju negativan utjecaj na režim tečenja, posebno na ekstremne hidrološke pojave u vidu poplava i suša. U navedenom su razdoblju na slivovima rijeka u BiH registrirane učestale ekstremno sušne godine (2000, 2003, 2007,2011 i 2012 godina), kao i poplave (1999, 2005, 2010. i 2014.). Već danas, promjene su značajne i kada se uzme u obzir da hidrološki modeli, s ulazom raznih klimatskih scenarija (globalni i regionalni) predviđaju nastavak trenda učestalosti ekstremnih hidroloških pojava (poplave i suše), potrebno je vidjeti kako se globalne klimatske promjene manifestuju na jednom manjem području - sliv rijeke Bosne u FBiH. Za sliv rijeke Bosne primjenom modifikovane Conrad-Chapmen metode, koja je preporučena od strane WMO-a, analizirani su sljedeći meteorološki i hidrološki parametri: temperature zraka, padavine i protoci, i to na tri Meteorološke stanice MS Sarajevo (gornji dio sliva Bosne), MS Zenica (srednji dio sliva Bosne) i MS Tuzla (donji dio sliva Bosne) i 5 hidroloških stanica VS Reljevo (rijeka Bosna), VS Zavidovići (rijeka Bosna), VS Maglaj (rijeka Bosna), VS Merdani (rijeka Lašva - lijeva pritoka) i VS Zavidovići (rijeka Krivaja - desna pritoka). Ovim izborom meteoroloških i hidroloških stanica ¨pokriven¨ je gornji, srednji i donji dio sliva (meteo), kao i cijeli tok rijeke Bosne u Federaciji BIH, uključujući značajne lijeve i desne pritoke. Rezultati obrade mogu poslužiti i za to da se u narednim projektima uđe sa relevantnim klimatološkim pokazateljima za sliv rijeke Bosne.

Ključne riječi: klimatske promjene, temperature zraka, padavine, protok, tok rijeke Bosne u FBiH

Abstract: In the last 15 to 20 years it's possible to notice significant stochastic and deterministic influences on the river basins in B&H. The stochastic influences, expressed through the influence of climate change, together with deterministic (anthropogenic) have a negative influence on the flow regime, especially on extreme hydrologic appearance of floods and droughts. In the above mentioned period, extremely dry years were registered on the river basins in B&H (2000, 2003, 2007, 2011 and 2012), just as floods (1999, 2005, 2010 and 2014). Today already, changes are significant and when taken in consideration that hydrological models, with inputs of various climate scenarios (global and regional) envision the continuation of the trend in frequency of extreme hydrological appearances (floods and droughts), it is necessary to see how the global climate change manifest on a much smaller area – the Bosna River Basin in FB&H. For the Bosna River Basin applying the modified Conrad-Chapmen method, which is recommended by the WMO, the following meteorological and hydrological parameters where analyzed: air temperature, rainfalls and flows. Analyzed parameters were measured on three meteorological stations - MS Sarajevo (the upper part of the Bosna river basin), MS Zenica (middle part of the Bosna river basin) and MS Tuzla (the bottom part of the Bosna river basin) and five hydrological stations - HS Reljevo (river Bosna), HS Zavidovići (river Bosna), HS Maglaj (river Bosna), HS Merdani (river Lašva - the left tributary) and HS Zavidovići (river Krivaja - the right tributary). With the choice of these meteorological and hydrological stations we "covered" the upper, middle and bottom part of the basin (meteo), just as the whole section of the Bosna river in the Federation B&H, including the significant left and right tributaries. The results of the analysis should serve also for the projects to come to entered with relevant climatological parameters for the river Bosna basin.

Key words: climate changes, temperatures of the air, rainfalls, flow, river Bosna in FB&H

UVOD

U XXI vijeku Bosna i Hercegovina je suočena s nekoliko značajnih ekstremnih klimatskih i vremenskih epizoda koje su uslovile značajne materijalne i finansijske deficite, kao i gubitke ljudskih života.

Dva najznačajnija ekstremna događaja su suša iz 2012. i poplave tokom 2014.

Također, povećana je varijabilnost i intenzitet ekstremnih vremenskih uslova (toplotni talasi, intenzivne padavine, olujni vjetrovi, dani s gradom ...), zabilježenih u svim godišnjim dobima, s brzim promjenama koje se događaju tokom kratkih perioda (pet do deset dana) iz izrazito hladnog u toplo vrijeme, ili iz perioda izrazito velikih količina padavina u ekstremne sušne periode.

Iz navedenih razloga se 2017. godine, ukazala potreba inoviranja prethodno izrađenih hidroloških studija, obzirom na značajniji period sistemskih hidroloških registriranja vodostaja i mjerenja protoka u XXI vijeku – najmanje 10 godina, a sve sa glavnim ciljem provođenja hidroloških obrada koje će obuhvatiti i period 2001-2016. godina, uz obavezno utvrđivanje utjecaja klimatskih promjena na otjecanje (XXI vijek u odnosu na XX vijek).

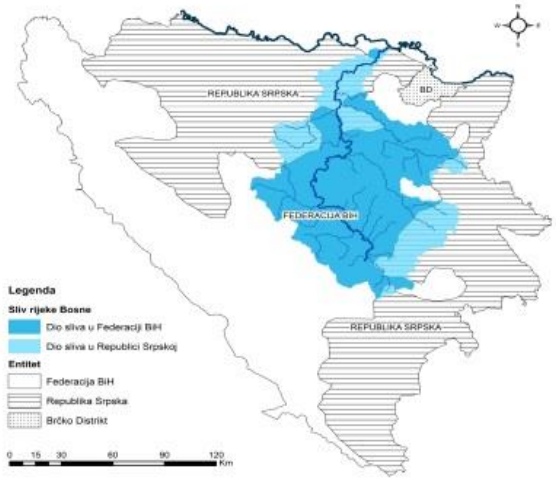
Navedena hidrološka studija sliva rijeke Bosne u FBiH iz 2019 godine, u kojem su učestvovali Agencija za vodno područje rijeke Save kao investitor i Institut za hidrotehniku Sarajevo kao obrađivač, poslužio je kao podloga izrada ovoga rada.

Cilj rada je izvršiti analizu parametara temperature zraka, padavina i proticaja (male, srednje i velike vode) sliva rijeke Bosne u periodu 2001-2016 godina, uspoređujući ga sa ¨temeljnim¨ nizom 1961 – 1990 godina (koji preporučuje Svjetska meteorološka organizacija).

1. OPIS SLIVA RIJEKE BOSNE

Rijeka Bosna je desna pritoka rijeke Save, sa vrelom u podnožju planine Igman u blizini Sarajeva i ušćem u rijeku Savu kod Bosanskog Šamca. Cijelom svojom slivnom površinom, koja iznosi 10.400 km^2, se nalazi u Bosni i Hercegovini.

To je vrlo bitno, jer se danas u svijetu smatra da su vodno bogatstvo jedne države, prije svega, vlastite vode, što rijeka Bosna sa svim svojim pritokama za BiH, zaista i jeste.



Slika 1: Obuhvat sliva rijeke Bosne u Federaciji BiH

Glavno bogatstvo voda u Bosni i Hercegovini – i kvalitativno i kvantitativno je sadržano u Dinarskom kršu - koji je, uostalom, najveći ¨krivac¨ za značajno vodno bogatstvo Bosne i Hercegovine. Suština je da ogromna podzemna hidrogeološka slivna površina u Dinarskom kršu, sa, velikim dijelom, bezvodnim površinskim područjima i povremenim vodotocima, gdje bezbrojne vrtače u slivu kao ogromni ¨slivnici¨ prihvataju vodu i brzo je distribuiraju u podzemlje - čini da je krš veliki ¨sakupljač¨ vode, koji je, potom, kroz snažna kraška vrela i distributer vode.

Rijeka Bosna i Vrelo Bosne (sa zaleđem planina Igman i Bjelašnica) - pripadaju području ¨središnjih Dinarida¨ i ¨unutrašnjih Dinarida¨, koji u potpunosti pripadaju glavnom toku rijeke Save i Drine.

Sliv rijeke Bosne se može opisno podijeliti na 5 dionica.

- *Dionica I: Od Vrela Bosne do Reljeva*

Vrelo rijeke Bosne je tipično snažno, kraško vrelo.

Preciznije, radi se o jednom glavnom vrelu i nekoliko manjih vrela u podnožju planine Igman - na obodu Sarajevskog polja.

Odmah nakon vrela, nakon spajanja nekoliko krakova, rijeka Bosna utječe u Sarajevsko polje, gdje sve do Reljeva, prihvata nekoliko snažnih pritoka (rijeka).



Slika 2: "Glavno" Vrelo Bosne

Vodno bogatstvo Sarajevskog polja, u podnožju planine Igman, čini gusta mreža površinskih voda, rijeke: Bosna, Željeznica, Zujevina, Miljacka i Dobrinja; podzemne vode koje se formiraju u akviferu intergranularne poroznosti u kombinaciji sa akviferom pukotinsko - karstne poroznosti (okolne planine odakle se i generišu vode na Vrelu Bosne) - a sve to čini cjelinu odakle se grad Sarajevo, najvećim dijelom (cca. 80%), snabdijeva pitkom vodom.

- *Dionica II: Od Reljeva do Zenice*

Za desnu obalu rijeke Bosne je karakteristično, cijelom dužinom, postojanje brojnih pritoka, na približno podjednakim rastojanjima jedna od druge, slične dužine, oblika i površine sliva, te manje pritoke koji pri jakim oborinama znatno porastu i izazivaju poplave, kao što su: Vogošća, Ljubina, Misoča, Stavnja, Goruša, Trstionica, Zgošća, Ribnica i Babina rijeka (u Zenici).
S druge strane, posmatrajući lijevu obalu tretirane dionice, također je razvijena hidrografija sliva, ali koncentrisana na samo dva snažna vodotoka, pritoke rijeke Bosne – Fojnica (sa pritokama Željeznica i Lepenica) i Lašva (sa pritokama Bila i Plava voda).

- *Dionica III: Od Zenice do Maglaja*

Ova dionica je, geografski, središnji dio sliva rijeke Bosne. Osnovna karakteristika ovog dijela sliva Bosne je ¨siromašna¨ hidrografija i međudotok lijevom obalom rijeke Bosne, dok desnom obalom postoje dvije snažne pritoke, rijeku Gostović i, odmah nizvodno, rijeku Krivaju kao najveću pritoku rijeke Bosne sa ušćem u Zavidovićima.
Rijeka Krivaja je najveća pritoka rijeke Bosne. Desna je pritoka, sa ušćem u gradu Zavidovići. Veliko slivno područje rijeke Krivaje (cca. 1427 km^2), čini da je ova rijeka najsnažnija pritoka rijeke Bosne. Objektivno, srednji godišnji protok je neznatno veći od druge najveće pritoke rijeke Bosne – rijeke Spreče.
Krivaja nastaje od dva snažna vodotoka – Bioštice i Stupčanice, koje se spajaju u gradu Olovo. Rijeka Stupčanica dotječe iz pravca istoka, ima razvijenu hidrografiju sa najznačajnijim pritokama: Pistavica, Brijesnica, Varošnica, Jablanica, Grabovica, Blizanci, dok rijeka Bioštica dotječe iz pravca jugozapad (područje planine Romanije) i jugoistok, sa najznačajnijim pritokama: Kaljina, Blatnica i Dobračica.
Dalje nizvodno (od Maoče), sve do ušća u rijeku Bosnu, rijeka Krivaja ima izrazito izdužen oblik sliva, što implicira da, iako su brojne, nema velikih pritoka.

- *Dionica IV: Od Maglaja do Doboja*

Od grada Maglaja do Doboja rijeka Bosna nema značajnih pritoka osim desne pritoke Jablanice u Maglaju. Ali, na području grada Doboja dvije su jake pritoke, rijeka Usora (koja nastaje spajanjem Velike Usore i Male Usore nizvodno od grada Teslić, a čija je značajnija pritoka, prije ušća u rijeku Bosnu u Karušama rijeka Tešanjka) kao lijeva pritoka te rijeka Spreča sa ušćem u gradu Doboju. kao desna pritoka rijeke Bosne i druga po jakosti (poslije Krivaje iako ima veću slivnu površinu od Krivaje).

- *Dionica V: Od Doboja do ušća u Savu*

Ova dionica nalazi se u ravničarskom, donjem dijelu sliva rijeke Bosne, gdje rijeka meandrira. Prije ušća u Bosanskom Šamcu ima veliku širinu, a postoji i utjecaj uspora rijeke Save pri velikim vodama. Nema značajnih pritoka na ovoj dionici, osim pri jakim kišama.



Slika 3: Ušće rijeke Bosne u rijeku Savu – Bosanski Šamac

2. KLIMA SLIVA RIJEKE BOSNE

Slivno područje rijeke Bosne se prostire od Dinarida na jugu do Panonske nizije na sjeveru, i odlikuje se vrlo raznovrsnim reljefom, koji značajno utječe na klimu tretiranog područja. Generalno se može reći da

sliv rijeke Bosne pripada umjereno kontinentalnom tipu klime, međutim, obzirom na već spomenutu raznovrsnost reljefa izdvaja se nekoliko podtipova klime.
Južni dio i obodni dijelovi središnjeg dijela sliva Bosne karakteriziraju područja sa višim nadmorskim visinama tako da se tu može govoriti o umjereno kontinentalnoj klimi pretplaninskog tipa, a na visokim planinama i planinskoj, pa i alpskoj klimi (na nadmorskim visinama preko 2000 m). Za ovaj klimatski tip su karakteristične topla ljeta i oštre zime. Ovo je ujedno područje sa najvišom godišnjom sumom padavina, uz napomenu da količina padavina raste sa porastom nadmorske visine.
Područje Sarajevsko – Zeničke kotline pripada području umjereno kontinentalne klime kotlinskog tipa, za koju je karakteristična temperaturna inverzija koja se može javiti tokom cijele godine, ali je najizraženija zimi. Područje oko Zenice, odnosno sjeverni dio Sarajevsko – zeničke kotline ima najmanju sumu padavina na tretiranom slivu.
Za sjeverni dio sliva Bosne je karakteristična umjereno kontinentalna klima panonskog tipa, jer je donji dio slivnog područja rijeke Bosne pod utjecajem Panonske nizije i ti utjecaji prodiru dolinom rijeke Bosne sve do Sarajevsko-Zeničke kotline. Karakteristično za ovaj tip klime su topla ljeta i hladne zime, ali su razlike u temperaturama manje izražene nego u području pretplaninske i planinske klime.

3. ANALIZA KLIMATSKIH PROMJENA SLIVA RIJEKE BOSNE

Klimatologija kao dio meteorologije je nauka o klimi, pri čemu se primarno misli na kolektivno stanje atmosfere na određenom mjestu unutar dužeg vremenskog razdoblja. Klimatologija, također proučava karakteristična stanja (prosječna i ekstremna) u atmosferi koja nastaju kao posljedica prirodnih procesa, ili antropogenih utjecaja.

Analizom meteoroloških i hidroloških parametara iz perioda 2001.-2016. i njenom usporedbom sa temeljnim nizom 1961.-1990., jer na sjednici Komisije za klimatologiju pri WMO(SMO), koja je održana u novembru 2001 godine, određeno je da se period 1961-1990. koristi kao referentni niz za usporedbu, sve do završetka slijedećeg niza 1991-2020. godina, dobijaju se jasni pokazatelji klimatskih promjena u XXI vijeku.

Za sliv rijeke Bosne, primjenom modifikovane Conrad-Chapmen metode, koja je preporučena od strane WMO-a, analizirani su sljedeći meteorološki i hidrološki parametri:
- Temperature zraka,
- Padavine i
- Protoci,

na tri Meteorološke stanice:
- MS Sarajevo (gornji dio sliva Bosne),
- MS Zenica (srednji dio sliva Bosne) i
- MS Tuzla (donji dio sliva Bosne)

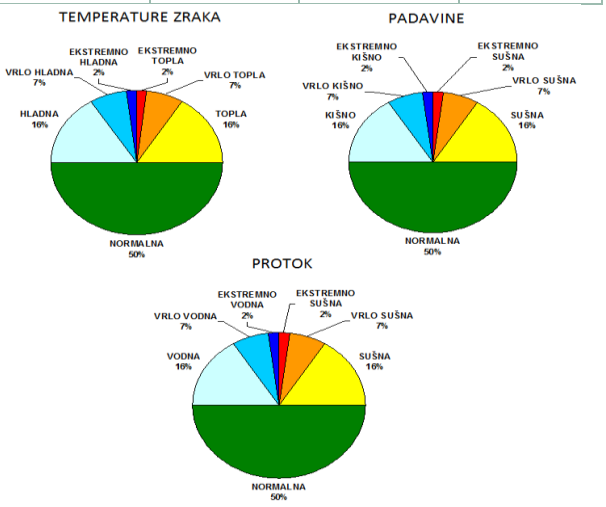
i na 5 hidroloških stanica

- VS Reljevo, rijeka Bosna,
- VS Zavidovići, rijeka Bosna,
- VS Maglaj, rijeka Bosna,
- VS Merdani, rijeka Lašva (lijeva pritoka) i
- VS Zavidovići, rijeka Krivaja (desna pritoka).

i to prema sljedećim klasama:

Tabela I: Conrad – Chapman klase

Temp. zraka T (C^0)	Padavine P (mm)	Protok Q (m^3/s)	Percentili
Ekstremno hladno	Ekstremno sušno	Ekstremno sušna	<2
Vrlo hladno	Vrlo sušno	Vrlo sušna	2-9
Hladno	Sušno	Sušna	9-25
Normalno	Normalno	Normalna	25-75
Toplo	Kišno	Vodna	75-91
Vrlo toplo	Vrlo kišno	Vrlo vodna	91-98
Ekstremno toplo	Ekstremno kišno	Ekstremno vodno	>98



Slika 4: Grafički prikaz Conrad-Chapman-ovih klasa

Usvajajući Conrad-Chapman-ovu metodologiju, za svaki od tretiranih parametara su definirane granične vrijednosti percentila za temeljni niz 1961-1990. godina. Na taj način su dobivene odgovarajuće klase koje su korištene za procjenu 16 godina ovog vijeka. Srednje godišnje vrijednosti novog niza svih tretiranih parametara su svrstane u odgovarajuću klasu i na taj

način je definirano odstupanje u odnosu na temeljni niz.

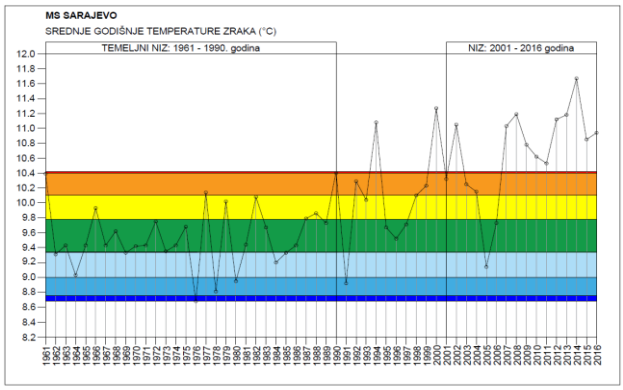
Prethodno navedenim izborom meteoroloških i hidroloških stanica ¨pokriven¨ je gornji, srednji i donji dio sliva (meteo), kao i cijeli tok rijeke Bosne u FBIH, uključujući značajne lijeve i desne pritoke.

Obzirom na brojnost meteo i hidro stanica, a sa osnovnim ciljem da se tekst ne preoptereti i bude što jasniji, u nastavku će biti stavljen fokus na MS Sarajevo i VS Zavidovići n/B, dok će u vidu dijagrama i tabela biti prezentovani rezultati i za ostale navedene meteo/ hidro stanice.

3.1. Temperature zraka

Prema klimatskim scenarijima (RCP8.5, A2 i A1B), do kraja XXI vijeka, može se očekivati kontinuirani porast temperature zraka na teritoriji Bosne i Hercegovine. Bitno je naglasiti da je povećanje temperature, pored povećanja emisija GHG (emisije staklemičkih plinova), uslovljeno izraženijim efektom gradskog ostrva toplote.

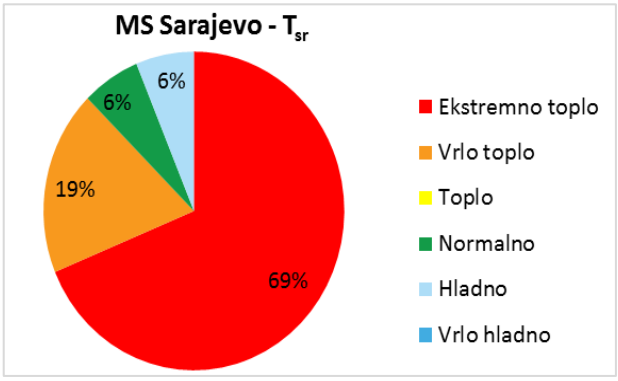
U nastavku je dat grafički prikaz srednjih godišnjih temperatura zraka za razdoblje sistemskih meteoroloških osmatranja za razdoblje 1961-2016 g. – za odabranu MS Sarajevo.



Slika 5: Srednje godišnje temperature zraka sa prikazom Conrad – Chapman klasa, za MS Sarajevo; period 1961-2016. god.

Iz prethodnog dijagrama je jasno vidljiv značajan trend porasta srednjih godišnjih temperatura zraka u XXI vijeku, čime su potvrđeni klimatski scenariji o zatopljavanju. Na primjer, od 14 najtoplijih godina iz perioda 1961-2016 g., 11 godina su iz XXI vijeka (2001-2016 godina).

Na osnovu definisanih graničnih vrijednosti percentila za temeljni niz 1961.-1990., dobivene su odgovarajuće klase, koje su poslužile za određivanje broja srednjih godišnjih temperatura zraka iz XXI vijeka u navedenim klasama, što je prikazano na sljedećem dijagramu.



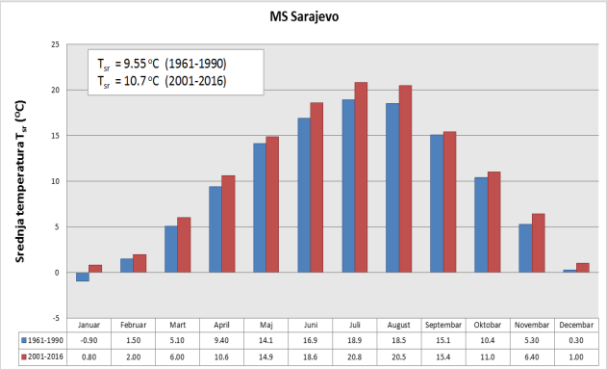
Slika 6 Prikaz broja srednjih godišnjih temperatura zraka iz XXI vijeka koje ulaze u odgovarajuće Conrad-Chapman klase, izražene u procentima

Radi usporedbe, u nastavku je dat prikaz u tabelarnoj formi, za sve tri analizirane meteorološke stanice:

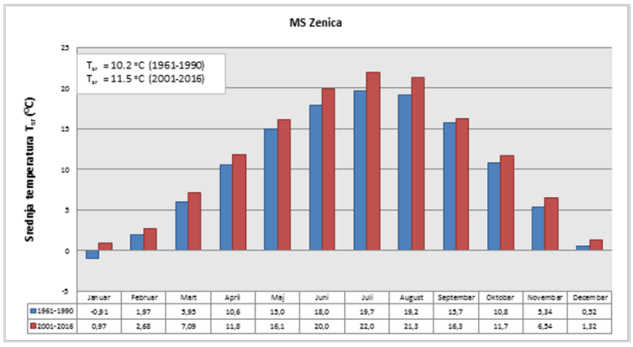
Tabela II: Tabelarni prikaz broja srednjih godišnjih temperatura zraka iz XXI vijeka koje ulaze u odgovarajuće Conrad-Chapman klase, izražene u procentima

	MS Sarajevo (%)	MS Zenica (%)	MS Tuzla (%)
Ekstremno toplo	69	88	69
Vrlo toplo	19	0	19
Toplo	0	6	6
Normalno	6	6	0
Hladno	6	0	6
Vrlo hladno	0	0	0
Ekstremno hladno	0	0	0

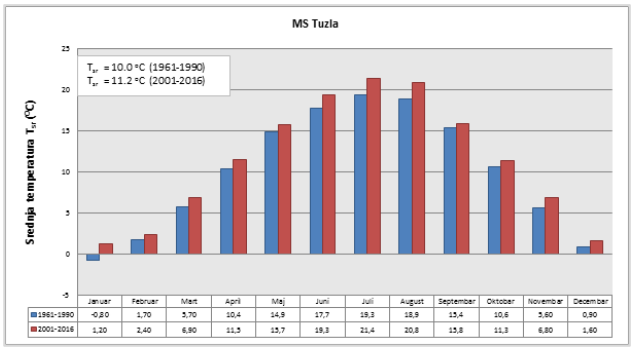
Također, izvršena je analiza srednjih mjesečnih vrijednosti temperatura zraka, a odgovarajući dijagrami za analizirane meteorološke stanice su dati u nastavku.



Slika 7 Unutargodišnji hod srednjih mjesečnih temperatura zraka/ uporedni prikaz nizova 1961-1990 i 2001-2016, za MS Sarajevo



Slika 8 Unutargodišnji hod srednjih mjesečnih temperatura zraka/ uporedni prikaz nizova 1961-1990 i 2001-2016, za MS Zenica



Slika 9 Unutargodišnji hod srednjih mjesečnih temperatura zraka/ uporedni prikaz nizova 1961-1990 i 2001-2016, za MS Tuzla

Porast mjesečnih vrijednosti temperatura zraka je evidentan u svim mjesecima.

Potom, urađena je analiza prema klimatološkim godišnjim dobima, a rezultati su prikazani u sljedećoj tabeli.

Tabela III: Sezonski (klimatološka godišnja doba) i godišnji prosjeci sa prikazom razlika u oC i %

	T_{sr} (61-90) (°C)	T_{sr} (01-16) (°C)	Razlika T_{sr} (61-90)- T_{sr} (01-16) (°C)	Razlika T_{sr} (61-90)- T_{sr} (01-16) (%)
Proljeće	9.56	10.48	0.92	10
Ljeto	18.11	19.96	1.84	10
Jesen	10.23	10.96	0.73	7
Zima	0.29	1.24	0.95	329
Godina	9.55	10.66	1.11	12

Iz prethodne tabele, uočava se porast temperature u svim godišnjim dobima.

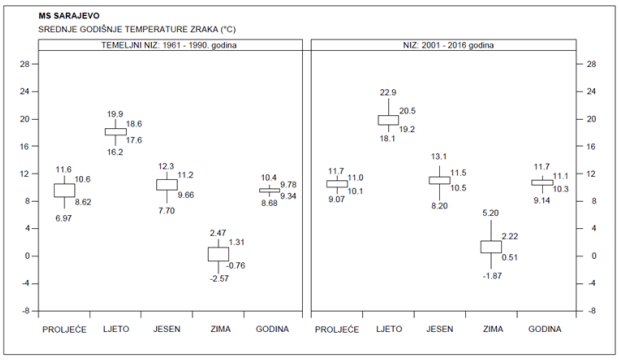
Najveće procentalno povećanje temperature je zimi, što proizilazi iz činjenice, što pri manjim temperaturama, svaki prirast temperature (makar on bio u rangu prirasta u ostalim godišnjim dobima), u procentualnom smislu ima veću vrijednost.

U nastavku se daje tabelarni prikaz procentualnog porasta srednjih temperatura zraka:

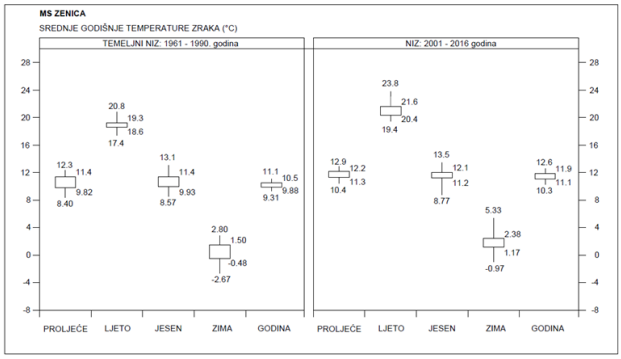
Tabela IV: Tabelarni prikaz procentualnog porasta srednjih sezonskih temperatura zraka za period 2001-2016 u odnosu na 1961-1990. za sve tri analizirane stanice.

	MS Sarajevo (%)	MS Zenica (%)	MS Tuzla (%)
Proljeće	10	11	10
Ljeto	10	11	10
Jesen	7	8	8
Zima	329	214	180
Godina	12	13	12

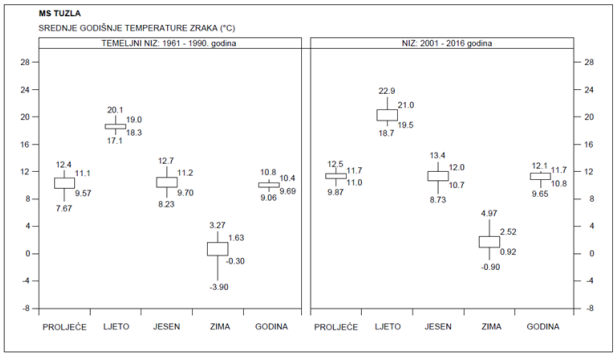
IQR (Interquartile Range) dijagrami, koji su prikazani u nastavku daju još precizniju sliku o povećanju srednjih temperatura zraka, na kojima su prikazani „boksovi“ u kojima su smještene 50% vrijednosti srednjih temperatura zraka, kao i maksimalna srednja i minimalna srednja registrirana temperatura zraka u tretiranim nizovima, na godišnjem nivou i u svim godišnjim dobima.



Slika 10:IQR dijagram (Interquartile Range) sezonskih i godišnjih srednjih temperatura MS Sarajevo



Slika 11: IQR dijagram (Interquartile Range) sezonskih i godišnjih srednjih temperatura MS Zenica



Slika 12: IQR dijagram (Interquartile Range) sezonskih i godišnjih srednjih temperatura MS Tuzla

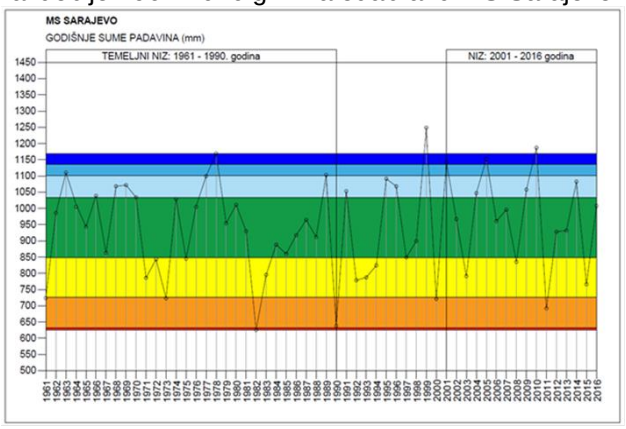
Prethodni dijagrami ukazuju, da je u novijem periodu 2001-2016 došlo do povećanja kako generalno srednjih, tako i minimalnih srednjih i maksimalnih srednjih temperatura, za sve tri meteorološke stanice, u svim sezonskim dobima.

3.2. Padavine

Posljednjih godina izražen je utjecaj klimatskih promjena na režim izlučivanja padavina s posljedicama na vodne resurse. Iako nisu zabilježene signifikantne promjene godišnjih količina padavina, u velikoj mjeri je poremećen pluviometrijski režim, odnosno godišnja raspodjela.

Zbog povećanog intenziteta padavina i njegove veće promjenljivosti, kao i zbog povećanog udjela jakih kiša u ukupnoj visini kiša, povećan je rizik od poplava, naročito u sjevernoistočnom dijelu BiH, gdje su tokom maja 2014. godine zabilježene najkatastrofalnije poplave u historiji.

U nastavku je dat grafički prikaz ukupnih padavina za razdoblje sistematskih meteoroloških osmatranja za razdoblje 1961-2016 g. – za odabranu MS Sarajevo.

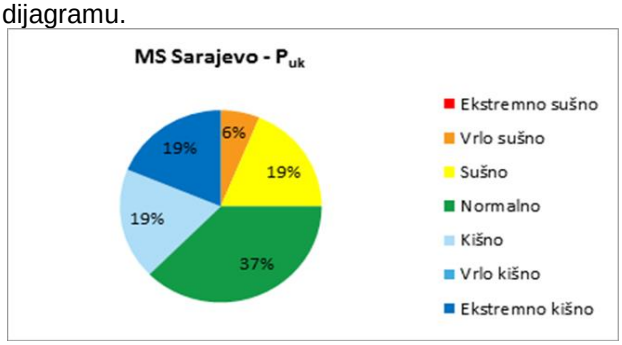


Slika 13: Godišnje sume padavina sa prikazom Conrad – Chapman klasa, za MS Sarajevo; period 1961-2016. god.

Već na prvi pogled, iz dijagrama je vidljivo da ne postoji opći trend rasta ili opadanja godišnje sume padavina na prikazanoj meteorološkoj stanici.

Međutim, u posljednjih 16 godina se bilježe razlike u padavinama - kada su u pitanju ekstremi.

Na osnovu definisanih graničnih vrijednosti percentila za temeljni niz 1961.-1990., dobivene su odgovarajuće klase, koje su poslužile za određivanje procentualnog broja godišnjih padavina iz XXI vijeka u navedenim klasama, što je prikazano na sljedećem dijagramu.



Slika 14: Prikaz broja godišnjih suma padavina iz XXI vijeka koje ulaze u odgovarajuće Conrad-Chapman klase, izražene u procentima

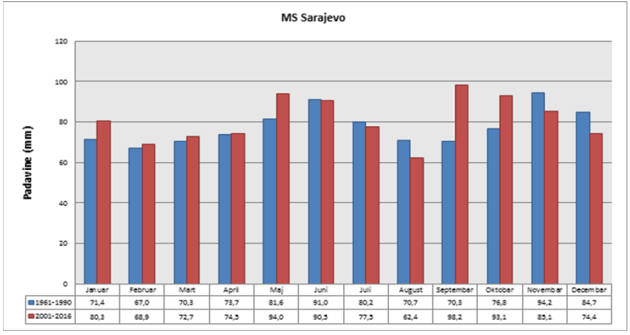
I iz gornjeg dijagrama je vidljivo da je došlo do promjena u godišnjim sumama podavina, jer značajan procenat godina odstupa u klasu ekstremno kišno, koja zauzima manje od 2% vrijednosti u temeljnom nizu.

Radi usporedbe, u nastavku je dat prikaz u tabelarnoj formi, za sve tri analizirane meteorološke stanice:

Tabela V: Tabelarni prikaz broja godišnjih suma padavina iz XXI vijeka koje ulaze u odgovarajuće Conrad-Chapman klase, izražene u procentima

	MS Sarajevo (%)	MS Zenica (%)	MS Tuzla (%)
Ekstremno sušno	0	6	6
Vrlo sušno	6	6	13
Sušno	19	6	6
Normalno	37	31	38
Kišno	19	19	6
Vrlo kišno	0	13	6
Ekstremno kišno	19	19	25

Također, izvršena je analiza mjesečnih suma padavina, a odgovarajući dijagram za MS Sarajevo je dat u nastavku.



Slika 15: Unutargodišnji hod mjesečnih suma padavina/ uporedni prikaz nizova 1961-1990 i 2001-2016, za MS Sarajevo

Kod mjesečnih vrijednosti promjene su najviše izražene u januaru, maju, septembru i oktobru kad je registriran najveći porast količine padavina u odnosu na temeljni niz, dok je u ljetnjim mjesecima izražen pad količine padavina (MS Sarajevo).

U narednoj tabeli su prikazana procentualna uvećanja/ smanjenja suma mjesečnih padavina po mjesecima, za sve tri analizirane meteorološke stanice.

Tabela VI: Tabelarni prikaz procentualnog porasta/ smanjenja mjesečnih suma padavina za period 2001-2016 u odnosu na 1961-1990. za sve tri analizirane stanice.

	MS Sarajevo (%)	MS Zenica (%)	MS Tuzla (%)
Januar	12	17	3
Februar	3	11	2
Mart	3	8	8
April	1	9	5
Maj	15	16	31
Juni	-1	1	8
Juli	-3	22	-3
August	-12	-7	-4
Septembar	40	31	28
Oktobar	21	9	38
Novembar	-10	-7	-11
Decembar	-12	-9	-19

Generalno u prosjeku je najveći porast sume mjesečnih padavina u mjesecima januar, maj, septembar i oktobar, dok se najveće smanjenje mjesečnih suma padavina uočava u augustu, novembru i decembru. u XXI vijeku u odnosu na temeljni niz.

Nakon analize mjesečnih vrijednosti, urađena je analiza prema klimatološkim godišnjim dobima, a rezultati su prikazani u sljedećoj tabeli.

Tabela VII: Sezonski (klimat. godišnja doba) i godišnji prosjeci sa prikazom razlika u mm i %

	P (61-90) (mm)	P (01-16) (mm)	Razlika P(61-90)-P(01-16) (mm)	Razlika P(61-90)-P(01-16) (%)
Proljeće	75.20	80.38	5.18	7
Ljeto	80.63	76.81	-3.82	-5
Jesen	80.43	92.14	11.71	15
Zima	74.38	74.55	0.17	0
Godina	931.92	971.65	39.73	4

U nastavku se daje tabelarni prikaz procentualnog porasta/ pada sezonskih suma padavina za period 2001-2016 u odnosu na 1961-1990. za sve tri analizirane stanice:

Tabela VIII: Tabelarni prikaz procentualnog porasta/ smanjenja sezonskih suma padavina za period 2001-2016 u odnosu na 1961-1990. za sve tri analizirane stanice.

	MS Sarajevo (%)	MS Zenica (%)	MS Tuzla (%)
Proljeće	7	12	17
Ljeto	-5	5	1
Jesen	15	10	16
Zima	0	5	-6
Godina	4	8	7

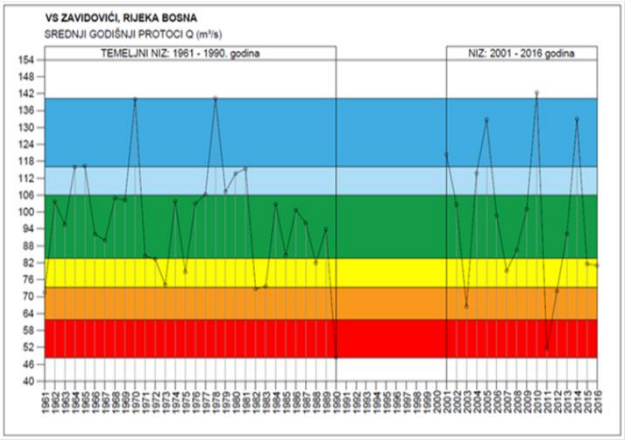
Dakle, kako se to vidi iz tabele, bilježi se najveći porast količina padavina u proljeću i jeseni u XXI vijeku na svim meteorološkim stanicama. Smanjenje količina padavina je uočeno jedino na MS Sarajevo (Ljeto) I MS Tuzla (Zima).

3.3. Protoci

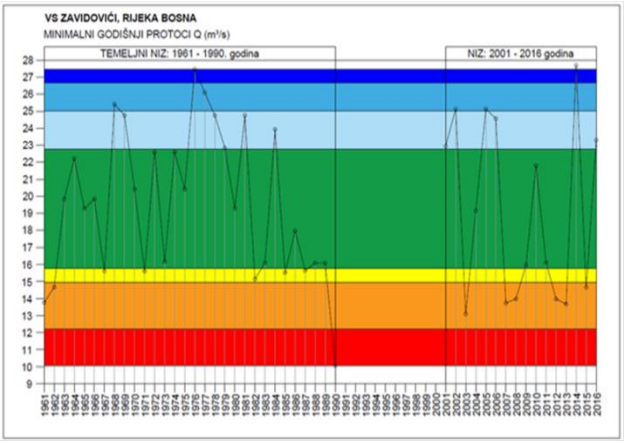
Proticaj vode predstavlja jedan od najosnovnijih i najvažnijih hidrauličkih i hidroloških elemenata, na osnovu kojeg se određuju ostali parametri vodotoka.

Na isti način, kao što je to bio slučaj sa parametrima temperaturom i padavinama (čije promjene u režimu, direktno utječu i na režim tečenja) izvršena je analiza proticaja i to za male, srednje i velike vode.

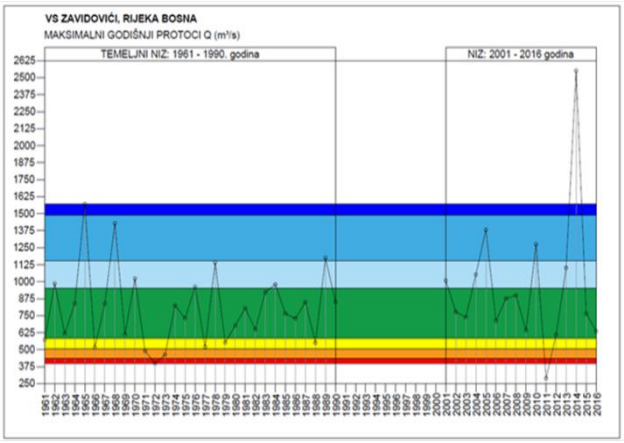
U nastavku je dat grafički prikaz srednjih, minimalnih i maksimalnih protoka za razdoblje sistemskih hidroloških osmatranja za razdoblje 1961-2016 g. – za odabranu VS Zavidovići n/B.



Slika 16: Srednji godišnji protok sa prikazom Conrad – Chapman klasa, za VS Zavidovići n/B; period 1961-1990; 2001-2016.



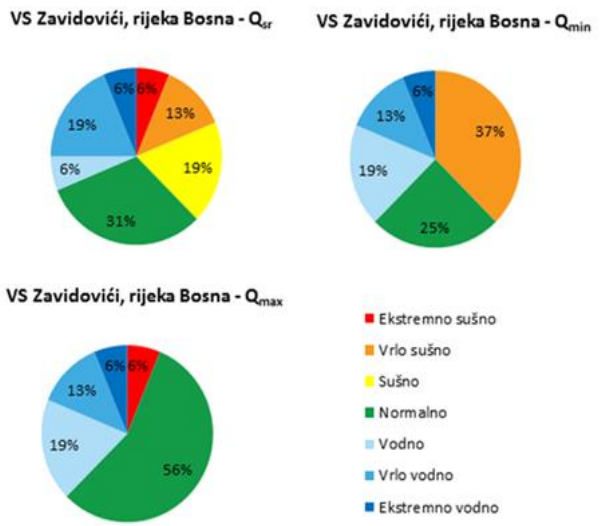
Slika 17: Minimalni godišnji protoci sa prikazom Conrad – Chapman klasa, za VS Zavidovići n/B; period 1961-1990; 2001-2016.



Slika 18: Maksimalni godišnji protoci sa prikazom Conrad – Chapman klasa, za VS Zavidovići n/B; period 1961-1990; 2001-2016.

Na osnovu definisanih graničnih vrijednosti percentila za temeljni niz 1961.-1990., dobivene su odgovarajuće klase, koje su poslužile za određivanje

procentualnog učešća protoka iz XXI vijeka u navedenim klasama, što je prikazano u nastavku:



Slika 19: Prikaz broja srednjih, minimalnih i maksimalnih godišnjih protoka iz XXI vijeka koje ulaze u odgovarajuće Conrad-Chapman klase, izražene u procentima, VS Zavidovići n/B

U nastavku se daju tabelarni prikazi broja srednjih, minimalnih i maksimalnih godišnjih protoka iz XXI vijeka, koje ulaze u odgovarajuće Conrad-Chapman klase, izražene u procentima, na svih 5 analiziranih hidroloških stanica.

Tabela IX: Tabelarni prikaz broja srednjih godišnjih protoka iz XXI vijeka koje ulaze u odgovarajuće Conrad-Chapman klase, izražene u procentima, na svih 5 analiziranih VS:

	VS Reljevo (%)	VS Zavidovići n/B (%)	VS Maglaj (%)	VS Merdani (%)	VS Zavidovići n/K (%)
Ekstremno sušno	7	6	6	12	13
Vrlo sušno	0	13	13	6	0
Sušno	13	19	6	13	20
Normalno	60	31	44	50	34
Vodno	13	6	6	6	13
Vrlo vodno	7	19	19	13	7
Ekstremno vodno	0	6	6	0	13

Tabela X: Tabelarni prikaz broja minimalnih godišnjih protoka iz XXI vijeka koje ulaze u odgovarajuće Conrad-Chapman klase, izražene u procentima, na svih 5 analiziranih VS:

	VS Reljevo (%)	VS Zavidovići n/B (%)	VS Maglaj (%)	VS Merdani (%)	VS Zavidovići n/K (%)
Ekstremno sušno	0	0	6	6	20
Vrlo sušno	7	37	31	37	20
Sušno	33	0	6	6	14
Normalno	27	25	31	13	13
Vodno	7	19	0	13	13
Vrlo vodno	13	13	13	19	20
Ekstremno vodno	13	6	13	6	0

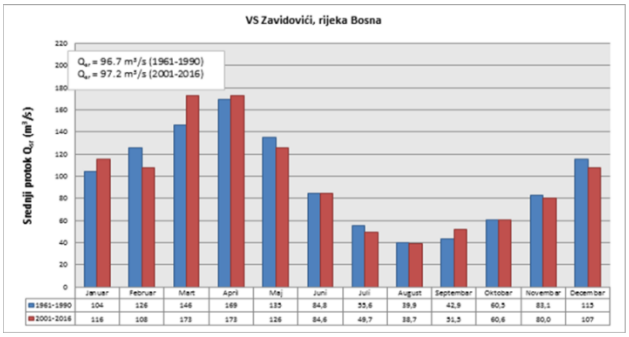
Tabela XI: Tabelarni prikaz broja maksimalnih godišnjih protoka iz XXI vijeka koje ulaze u odgovarajuće Conrad-Chapman klase, izražene u procentima, na svih 5 analiziranih VS:

	VS Reljevo (%)	VS Zavidovići n/B (%)	VS Maglaj (%)	VS Merdani (%)	VS Zavidovići n/K (%)
Ekstremno sušno	0	6	6	31	12
Vrlo sušno	7	0	0	0	6
Sušno	0	0	6	6	13
Normalno	46	56	37	38	50
Vodno	33	19	25	0	0
Vrlo vodno	7	13	13	25	6
Ekstremno vodno	7	6	13	0	13

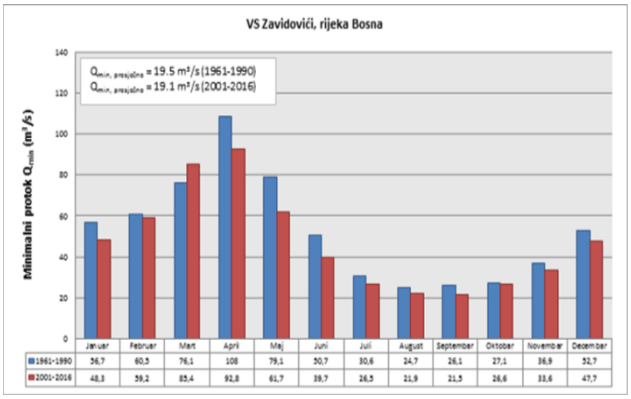
Iz dijagrama, kao i tabele srednjih godišnjih protoka (slika 16, tabela IX), se može vidjeti, slično kao kod padavina, a za razliku od temperatura, da ne postoji jasno izražen trend rasta ili opadanja srednjih godišnjih protoka, ali postoje naznake učestalosti pojave ekstrema.

Iz dijagrama, kao i tabele minimalnih godišnjih protoka (slika 17, tabela X) uočljivo je da u XXI vijeku, a u odnosu na temeljni niz, nisu prevaziđeni rekordi koji se tiču minimalnih godišnjih protoka, na VS Zavidovići n/B, kao i na svim analiziranim hidrološkim stanica (5), izuzev VS Zavidovići n/K, gdje je prevaziđen za cca 4-5 %.

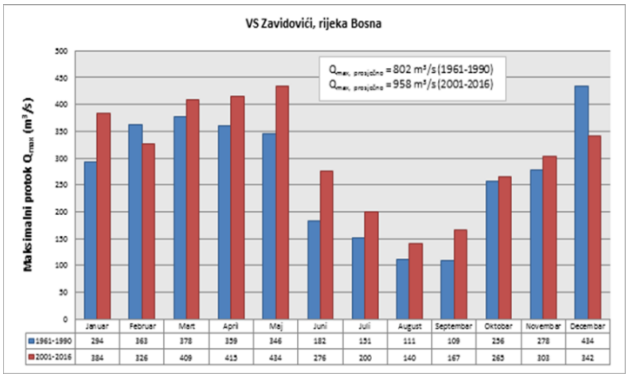
Iz dijagrama, kao i tabele maksimalnih godišnjih protoka (slika 18, tabela XI) uočljivo je da u XXI vijeku, a u odnosu na temeljni niz, prevaziđen rekord maksimalnog godišnjeg protoka na VS Zavidovići n/B, kao i na VS Maglaj n/B i VS Zavidovići n/K.
Također, izvršena je analiza srednjih, minimalnih i maksimalnih mjesečnih vrijednosti protoka, a odgovarajući dijagrami za VS Zavidovići n/B datI su u nastavku.



Slika 20: Unutargodišnji hod srednjih mjesečnih protoka/ uporedni prikaz nizova 1961-1990 i 2001-2016, za VS Zavidovići n/B



Slika 21: Unutargodišnji hod minimalnih mjesečnih protoka/ uporedni prikaz nizova 1961-1990 i 2001-2016, za VS Zavidovići n/B



Slika 22: Unutargodišnji hod maksimalnih mjesečnih protoka/ uporedni prikaz nizova 1961-1990 i 2001-2016, za VS Zavidovići n/B

U narednim tabelima su prikazana procentualna uvećanja/ smanjenja vrijednosti srednjih, minimalnih i maskimalnih mjesečnih protoka po mjesecima, za svh pet analiziranih hidroloških stanica.

Tabela XII: Tabelarni prikaz procentualnog porasta/ smanjenja srednjih godišnjih protoka za period 2001-2016 u odnosu na 1961-1990 za svih 5 hidroloških stanica.

	VS Reljevo (%)	VS Zavidovići n/B (%)	VS Maglaj (%)	VS Merdani (%)	VS Zavidovići n/K (%)
Januar	10	11	10	1	20
Februar	-15	-14	-16	-16	-15
Mart	20	18	18	7	11
April	3	2	1	1	-4
Maj	-9	-7	-6	-10	-21
Juni	-5	0	0	-7	8
Juli	-17	-11	-10	-9	-11
August	-11	-3	-4	-6	-2
Septembar	10	20	15	14	17
Oktobar	4	0	-3	-2	12
Novembar	3	-4	-5	-16	2
Decembar	-7	-7	-10	-12	-20

Iz prethodne tabele (Tabela XII), kao i dijagrama (Slika 20) uočava se povećanje srednjeg protoka na svim analiziranim stanicama u mjesecima januar, mart, septembar, kao i smanjenje srednjih godišnjih protoka u mjesecima februar, maj, juli, august i decembar.

Tabela XIII: Tabelarni prikaz procentualnog porasta/ smanjenja minimalnih godišnjih protoka za period 2001-2016 u odnosu na 1961-1990 za svih 5 hidroloških stanica.

	VS Reljevo (%)	VS Zavidovići n/B (%)	VS Maglaj (%)	VS Merdani (%)	VS Zavidovići n/K (%)
Januar	-3	-15	-19	-11	-11
Februar	5	-2	-6	2	-1
Mart	13	12	11	10	12
April	-8	-14	-18	-10	-19
Maj	-22	-22	-26	-13	-22
Juni	-13	-22	-24	-13	-11
Juli	-7	-13	-14	-7	-21
August	-9	-11	-13	-9	-14
Septembar	-16	-17	-19	-14	-24
Oktobar	10	-2	4	-1	-7
Novembar	0	-9	-8	-12	-11
Decembar	-6	-9	-14	-5	-19

Iz prethodne tabele (Tabela XIII), kao i dijagrama (Slika 21) uočava se povećanje minimalnog protoka na svim stanicama samo u mjesecu martu, kao i smanjenje minimalnih godišnjih protoka u skoro svim preostalim mjesecima na svim stanicama, što je posebno izraženo u maju, junu i septembru.

Tabela XIV: Tabelarni prikaz procentualnog porasta/ smanjenja maksimalnih godišnjih protoka za period 2001-2016 u odnosu na 1961-1990 za svih 5 hidroloških stanica.

	VS Reljevo (%)	VS Zavidovići n/B (%)	VS Maglaj (%)	VS Merdani (%)	VS Zavidovići n/K (%)
Januar	24	31	30	14	28
Februar	-16	-10	-11	-30	-13
Mart	16	8	15	-2	3
April	8	16	18	30	0
Maj	12	26	38	13	12
Juni	15	52	57	25	25
Juli	-11	33	53	7	16
August	-1	25	42	2	15
Septembar	68	52	57	30	35
Oktobar	30	4	3	7	12
Novembar	9	9	17	-37	16
Decembar	-22	-21	-20	-35	-35

Iz prethodne tabele (Tabela XIV), kao i dijagrama (Slika 22) uočava se povećanje maksimalnog protoka na svim stanicama, (u septembru je procentualno najizraženiji na svim stanicama), izuzev u mjesecima februar i decembar, kao i novembar na VS Merdani (kao posljedica velike vode 1968).

Potom, urađena je analiza prema klimatološkim godišnjim dobima, a rezultati za VS Zavidovići n/B su prikazani u sljedećim tabelama.

Tabela XV: Sezonski (klimat. godišnja doba) i godišnji prosjeci sa prikazom razlika u m^3/s i % za Q_{sr}; VS Zavidovići n/B

	Q_{sr} (61-90) (m^3/s)	Q_{sr} (01-16) (m^3/s)	Razlika Q_{sr}(61-90)-Q_{sr}(01-16) (m^3/s)	Razlika Q_{sr}(61-90)-Q_{sr}(01-16) (%)
Proljeće	150.18	157.13	6.95	5
Ljeto	60.07	57.67	-2.39	-4
Jesen	62.19	64.06	1.87	3
Zima	115.02	110.29	-4.73	-4
Godina	96.66	97.21	0.55	1

Tabela XVI: Sezonski (klimat. godišnja doba) i godišnji prosjeci sa prikazom razlika u m3/s i % za Qmin; VS Zavidovići n/B

	Q_{MIN} (61-90) (m^3/s)	Q_{MIN} (01-16) (m^3/s)	Razlika Q_{MIN} (61-90)-Q_{MIN} (01-16) (m^3/s)	Razlika Q_{MIN} (61-90)-Q_{MIN} (01-16) (%)
Proljeće	87.88	79.95	-7.92	-9
Ljeto	35.32	29.38	-5.94	-17
Jesen	30.02	27.22	-2.80	-9
Zima	56.62	51.74	-4.88	-9
Godina	19.50	19.06	-0.44	-2

Tabela XVII: Sezonski (klimat. godišnja doba) i godišnji prosjeci sa prikazom razlika u m3/s i % za Qmax; VS Zavidovići n/B

	Q_{MAX} (61-90) (m^3/s)	Q_{MAX} (01-16) (m^3/s)	Razlika Q_{MAX} (61-90)-Q_{MAX} (01-16) (m^3/s)	Razlika Q_{MAX} (61-90)-Q_{MAX} (01-16) (%)
Proljeće	361.04	419.48	58.44	16
Ljeto	148.17	205.45	57.28	39
Jesen	214.50	245.18	30.68	14
Zima	363.38	350.69	-12.70	-3
Godina	361.04	419.48	58.44	16

U nastavku se daje tabelarni prikaz procentualnog porasta / smanjenja sezonskih vrijednosti srednjih, minimalnih i maksimalnih protoka za period 2001-2016 u odnosu na 1961-1990. za svih pet analiziranih vodomjernih stanica:

Tabela XVIII: Tabelarni prikaz procentualnog porasta/ smanjenja sezonskih srednjih protoka za period 2001-2016 u odnosu na 1961-1990. za svih pet hidroloških stanica.

	VS Reljevo (%)	VS Zavidovići n/B (%)	VS Maglaj (%)	VS Merdani (%)	VS Zavidovići n/K (%)
Proljeće	4	5	4	-1	-3
Ljeto	-4	-4	-4	-7	0
Jesen	0	3	0	-4	9
Zima	-5	-4	-6	-10	-4
Godina	-1	1	-1	-5	-1

Tabela XIX: Tabelarni prikaz procentualnog porasta/ smanjenja sezonskih minimalnih protoka za period 2001-2016 u odnosu na 1961-1990. za svih pet hidroloških stanica.

	VS Reljevo (%)	VS Zavidovići n/B (%)	VS Maglaj (%)	VS Merdani (%)	VS Zavidovići n/K (%)
Proljeće	-7	-9	-12	-5	-6
Ljeto	-10	-17	-19	-10	-15
Jesen	-2	-9	-10	-9	-14
Zima	-1	-9	-13	-5	-8
Godina	-7	-2	-1	-6	-7

Tabela XX: Tabelarni prikaz procentualnog porasta/ smanjenja sezonskih maksimalnih protoka za period 2001-2016 u odnosu na 1961-1990. za svih pet hidroloških stanica.

	VS Reljevo (%)	VS Zavidovići n/B (%)	VS Maglaj (%)	VS Merdani (%)	VS Zavidovići n/K (%)
Proljeće	12	16	24	13	6
Ljeto	2	39	52	14	19
Jesen	26	14	19	-12	18
Zima	-7	-3	-4	-21	-10
Godina	12	16	24	13	6

Tabelarni prikaz za srednje vode (Tabela XVIII) nam pokazuje blago (matematski bez značaja) smanjenje srednjih godišnjih protoka u XXI vijeku na godišnjem nivou u odnosu na temeljni niz 1961-1990 g., praćenog blagim, smanjenjem protoka ljeti i zimi.

Tabelarni prikaz za minimalne vode (Tabela XIX) ukazuju na smanjenje minimalnih protoka u svim sezonama (procentualno najviše izraženo ljeti).

Tabelarni prikaz za maksimalne vode (Tabela XX), ukazuju na povećanje maksimalnih protoka u svim sezonama (osim zimi) i to na svih 5 obrađenih hidroloških stanica .

4. Zaključna razmatranja

Osnovna ideja poređenja srednjih godišnjih temperatura, godišnjih suma padavina, srednjih, minimalnih i maksimalnih godišnjih protoka temeljnog niza i onih registriranih u XXI vijeku bila je da se vide odstupanja od ¨temeljnog¨niza 1961-1990. godina.

U slučaju da nema promjena u nizu, navedeni parametri bi se rasporedili prema Tabeli I. Podsjećanja radi, 50% podataka bi pripadalo klasi normalno, po 16% klasama toplo i hladno odnosno vodno i sušno; po 7% klasama vrlo toplo i vrlo hladno odnosno vrlo sušno i vrlo vodno, a svega 2% podataka bi trebalo biti u klasama ekstremno toplo i ekstremno hladno, odnosno ekstremno sušno i ekstremno vodno .

Međutim, rezultati prikazani u radu, potvrđuju da nije takav slučaj, tj. da se zaključiti da su evidentne određene klimatske promjene.

Najveća odstupanja, su zabilježena kod analize srednjih godišnjih temperatura, gdje su na sve tri analizirane meteorološke stanice, više od 2/3 podataka iz XXI vijeka, svrstane u klasi ekstremno toplo.

Porast temperature, je zabilježen na sve tri meteorološke stanice, kako na mjesečnom, sezonskom, tako i na godišnjem nivou.

Srednje godišnje temperature zraka su u porastu, posmatrajući niz 1961.-1990. god. i XXI vijek:

- MS Sarajevo (9.55 ^{0}C - 10.7 ^{0}C),
- MS Zenica (10.2 ^{0}C - 11.5 ^{0}C) i
- MS Tuzla (10.0 ^{0}C - 11.2 ^{0}C)

Također, prosječna godišnja suma padavina je u blagom porastu posmatrajući niz 1961.-1990. god. i XXI vijek:

- MS Sarajevo (932 mm - 972 mm)
- MS Zenica (782 mm - 844 mm) i
- MS Tuzla (894 mm - 956 mm).

Posmatrajući na mjesečnom nivou, sume mjesečnih padavina u mjesecima januar, maj, septembar i oktobar su u najvećem porastu, dok se najveće smanjenje mjesečnih suma padavina uočava u augustu, novembru i decembru, dok posmatrajući sezonski, najveći porast količina padavina je u proljeće i jeseni

Ne postoji jasno izražen trend rasta ili opadanja srednjih godišnjih protoka, ali postoje naznake učestalosti pojave ekstrema.

Srednji godišnji protoci su približno isti, posmatrajući niz 1961.-1990. god. i XXI vijek:

- VS Reljevo n/B (28.9 m^3/s – 28.5 m^3/s),
- VS Zavidovići n/B (96.7 m^3/s – 97.2 m^3/s),
- VS Maglaj n/B (123 m^3/s – 122 m^3/s),
- Merdani n/L (16.8 m^3/s – 16.0 m^3/s) i
- Zavidovići n/K (24.7 m^3/s – 24.5 m^3/s).

Posmatrajući srednji protok na mjesečnom nivou na analiziranim stanicama se u mjesecima januar, mart, septembar uočava povećanje, a smanjenje srednjih godišnjih protoka je u mjesecima februar, maj, juli, august i decembar, dok sezonski posmatrajući je blago smanjenje prisutno ljeti i zimi.

Analiza minimalnih godišnjih protoka ukazuje da nisu prevaziđeni rekordi koji se tiču minimalnih godišnjih protoka, izuzev VS Zavidovići n/K, gdje je prevaziđen za cca 4-5 %.

Posmatrajući minimalne proticaje na mjesečnom nivou, uočava se povećanje minimalnog protoka na svim stanicama samo u mjesecu martu, kao i smanjenje minimalnih godišnjih protoka u skoro svim preostalim mjesecima na svim stanicama, što je posebno izraženo u maju, junu i septembru dok sezonska analiza ukazuje na smanjenje minimalnih protoka u svim sezonama (procentualno najviše izraženo ljeti).

Analiza maksimalnih godišnjih protoka ukazuje da je prevaziđen rekord maksimalnog godišnjeg protoka na VS Zavidovići n/K, VS Maglaj n/B i VS Zavidovići n/B.

Posmatrajući maksimalne proticaje na mjesečnom nivou, uočava se povećanje maksimalnog protoka na svim stanicama, (u septembru je procentualno najizraženiji na svim stanicama), izuzev u mjesecima februar i decembar, kao i novembar na VS Merdani (kao posljedica velike vode 1968), dok sezonska analiza ukazuju na povećanje maksimalnih protoka u svim sezonama (osim zimi) i to na svih 5 obrađenih hidroloških stanica

Zaključuje se da značajnije preovladavaju promjene u ekstremnim vrijednostima protoka (minimalni i maksimalni protoci), i to kao: niže vrijednosti minimalnih protoka u XXI vijeku (2001-2016 g.) u odnosu na XX vijek (1961-1990 g.), ali veće vrijednosti maksimalnih protoka u XXI vijeku (2001-2016 g.) u odnosu na XX vijek (1961-1990 g.).

LITERATURA:

(1) HIDROLOŠKA STUDIJA SLIVA RIJEKE BOSNE FBIH¨ / „Institut za hidrotehniku Sarajevo“, 2019 g.
(2) PODACI SA HIDROLOŠKIH STANICA VS RELJEVO R. BOSNA, VS ZAVIDOVIĆI R. BOSNA, VS MAGLAJ POLJICE R. BOSNA, VS MERDANI R. LAŠVA I VS ZAVIDOVIĆI R. KRIVAJA / ¨Agencija za vodno područje rijeke Save¨, Sarajevo, 2015-2016 g.
(3) PODACI IZ ARHIVE FEDERALNOG HIDROMETEOROLOŠKOG ZAVODA, 1951-2016 G.
(4) TREĆI NACIONALNI IZVJEŠTAJ I DRUGI DVOGODIŠNJI IZVJEŠTAJ O EMISIJI STAKLENIČKIH PLINOVA BOSNE I HERCEGOVINE U SKLADU S OKVIRNOM KONVENCIJOM UJEDINJENIH NACIJA O KLIMATSKIM PROMJENAMA, juli 2016
(5) INŽENJERSKA HIDROLOGIJA /Husno Hrelja, Građevinski Fakultet Univerziteta u Sarajevu, 2007 g.

USKLAĐIVANJE ODREDBI PRAVILNIKA O UTVRĐIVANJU ZONA ZAŠTITE PODZEMNIH VODA U KRŠU S KONCEPTOM ODRŽIVOG RAZVOJA

COORDINATION OF THE DIRECTIVES OF THE REGULATIONS ON THE ESTABLISHMENT OF GROUNDWATER PROTECTION ZONES IN KARST WITH THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT CONCEPT

Mr.sc. Ivan Antunović, dipl. ing.
Integra d.o.o. Mostar
cici.antunovic@gmail.com

Danijela Ljubić, dipl. ing.
Integra d.o.o. Mostar
danijela@integra.ba

Tomislav Dugandžić, mag.građ.
Integra d.o.o. Mostar
tomo@integra.ba

Sažetak: Zaštita podzemnih voda i potrebe sadašnjeg razvoja na prostranim krškim područjima su u direktnom interesnom sukobu. Rezultati obimnih istraživanja krša ukazuju da su krški slivovi vrlo osjetljivi i ranjivi, međutim nisu isto ranjivi na svim njegovim dijelovima. Usuglašavanjem Pravilnika za utvrđivanje zona sanitarne zaštite s konceptom održivog razvoja i upravljanjem okolišem pruža se rješenje zaštite krških podzemnih voda i ujedno omogućava društveni razvoj. Važeći Pravilnik za određivanje zona sanitarne zaštite ne omogućava ovakav pristup te ga je u određenim dijelovima potrebno dopuniti i izmijeniti.

Ključne riječi: krški slivovi; zaštita izvorišta; održivi razvoj; upravljanje okolišem

Abstract: Groundwater protection and current development needs in vast karst areas are in direct conflict of interest. The results of extensive karst research indicate that karst basins are very sensitive and vulnerable, but they are not equally vulnerable in all its areas. Coordination of the directives of the regulations on the establishment of groundwater protection zones in karst with the sustainable development concept and environmental management provides a solution for the protection of karst groundwater and at the same time facilitate social development. The current Regulations on determining the sanitary protection zones disables such approach and in certain parts, it needs to be supplemented and amended.

Key words: karst basin, protection of the water sources, sustainable development, environmental managemen

1. UVOD

Voda je ključni element života na planetu Zemlji. Sve promjene u vodi imaju za posljedicu promjenu u svakom njenom segmentu. Voda prekriva 71% površine Zemlje od čega 97,2% čine mora i oceani, a 2,8% je slatka voda. Od ukupne količine slatke vode 78% se nalazi u polarnom ledu, stijenama i vodenoj pari, a 22% čine površinske i podzemne vode. Od ukupne količine površinskih i podzemnih voda na Zemlji dostupno za uporabu je samo 0,6%. Zbog toga je zaštita vodenih resursa, te osiguranje njihove ekološke kvalitete, jedna od najvažnijih stavki unutar svake ekološke politike.

Zaštita te vode je dosta složen postupak, kako zbog definiranja stanja u podzemlju, tako i zbog sve prisutnijeg problema njihovog onečišćenja nastalih intenzivnom urbanizacijom i industrijalizacijom na površini terena, a nerijetko i u podzemlju. Poseban problem zaštite podzemnih voda je u području krša čiji slivovi obuhvaćaju uglavnom velike površine. Temeljna značajka krša se ogleda u nedostatku površinskih i bogatstvu podzemnih voda koje se iz podzemlja prazne preko rijetkih izvora velike izdašnosti. Ti krški izvori su ujedno i osnovna izvorišta regionalnih vodoopskrbnih sustava. Zbog visoke osjetljivosti na onečišćenja podzemnih voda na krškim slivovima je u posljednje vrijeme izražen problem interesnog sukoba između potreba razvoja i zaštite podzemnih voda. U svijetu je taj problem uglavnom rješava na globalnoj razini poveljama, direktivama, a na mikro razini zakonskom regulativom koja se razvojem metoda istraživanja i novim saznanjima o kršu redovito ažuriraju ili čak mijenjaju. Rješenje se uglavnom svodi na provediva kompromisna rješenja kroz tzv. "održivi razvoj". Problemi nastaju u njihovoj provedbi, uglavnom iz razloga što se u Pravilnik, kojim se regulira zaštita podzemnih voda, ne implementiraju nova saznanja o krškom podzemlju ili u dovoljnoj mjeri nisu usklađeni s konceptom održivog razvoja.

2. EVROPSKE DIREKTIVE I ZAŠTITA PODZEMNIH VODA

Poštivanje, zaštita i ostvarenje prava na vodu je jedno od osnovnih ljudskih prava. Ono proizlazi iz Povelje o osnovnim pravima EU, s tim da su prava na informaciju, sudjelovanje u donošenju odluka i pristup pravosuđu u stvarima iz područja okoliša i ostvarenja prava na vodu ustanovljena direktivama kojima je EU integrirala u svoje zakonodavstvo odredbama Arhuške konvencije.
U EU donesene su brojne direktive čiji su ciljevi :

- Pravna i institucionalna zaštita prava na vodu kao osnovnog ljudskog prava;
- Pravna i institucionalna zaštita prava na pristup informacijama, sudjelovanje u odlučivanju i pristup pravosuđu vezano za vode;
- Osiguranje dovoljne količine vode odgovarajuće kakvoće za vodoopskrbu i za druge oblike korištenja od strane ljudi;
- Osiguranje potrebnih količina vode odgovarajuće kakvoće za različite gospodarske i industrijske potrebe;
- Održivo korištenje i zaštita kopnenih i morskih voda na način koji osigurava održivi razvoj i zaštitu okoliša uključujući zaštitu života i zdravlja ljudi, njihove imovine te vodnih i o vodi ovisnih ekosustava.

Temeljni ciljevi nekih od tih direktiva su:

Okvirna direktiva o vodama (2000/60/E Z) kojom je postavljen okvir za upravljanje vodama u EU uključujući kopnene površinske, prijelazne, priobalne i podzemne vode. Njezin cilj je spriječiti daljnje pogoršanje i zaštititi vode, smanjiti onečišćenje i spriječiti unos onečišćujućih tvari, zaštititi i poboljšati vodni okoliš, ublažiti posljedice poplava i suša te eliminirati onečišćenje morskog okoliša.

Direktivom 2006/118/EZ o zaštiti podzemnih voda od onečišćenja i degradacije se utvrđuju kriteriji za ocjenjivanje dobrog kemijskog stanja podzemnih voda, način utvrđivanja bitnih i trajno rastućih trendova i način određivanja polaznih točaka za utvrđivanje tih trendova.

Direktivom 98/83 o kakvoći vode namijenjenoj za ljudsku potrošnju se utvrđuju standardi za kvalitetu vode namijenjene za ljudsku potrošnju.

Direktivom o standardima kvalitete okoliša 2008/105/EZ se utvrđuje najviša razina koncentracija prioritetnih tvari u površinskim vodama za 33 prioritetne tvari i osam drugih onečišćujućih tvari.

Direktivom 91/676/EEZ o zaštiti voda od zagađenja koje uzrokuju nitrati poljoprivrednog podrijetla se od država članica zahtijeva da svake četiri godine Europskoj komisiji pošalju izvješće s podacima o poštivanju kodeksa dobre poljoprivredne prakse, zonama proglašenim osjetljivima na nitrate i praćenju voda te sažetkom akcijskih programa. Direktivom se nastoji zaštititi voda za piće i spriječiti šteta prouzročena eutrofikacijom. Navedeno je također limitirano Uredbom 2004/648/EZ kojom se ograničavaju fosfati u deterdžentima.

Direktiva 2001/42/EZ o procjeni učinaka pojedinih planova i programa za okoliš se odnosi na obavezu izrade studije o utjecaju na okoliš za planove i programe.

Uspostavi zaštite podzemnih voda prethodne dosta obimna i raznovrsna istraživanja čiji rezultati trebaju pružiti mogućnost uspostave odgovarajućih zona sanitarne zaštite prema utvrđenim kriterijima. Najsloženija i najobimnija istraživanja su vezana za zaštitu podzemnih voda u kršu.

3. ODRŽIVI RAZVOJ I UPRAVLJANJE OKOLIŠEM

Zaštita podzemnih voda i potrebe sadašnjeg razvoja na krškim područjima su direktnom interesnom sukobu. Rješenja svakako leže u tzv. održivom razvoju i upravljanjem okoliša. Termin održivi razvoj ušao je u opću terminologiju 80-tih godina 20. st. i ukazuje na povezanost razvoja i zaštite okoliša, a definitivno je prihvaćen na konferenciji u Rio de Janeiru 1992. godine. Održivi razvoj može se definirati kao odnos između dinamičnih gospodarskih sustava koje osmišljava čovjek i većih dinamičnih ekoloških sustava koji se sporo mijenjaju i koji moraju biti u ekološkoj ravnoteži. Danas je prihvaćen u strategiji razvoja svih zemalja. Upravljanje održivim razvojem je složen postupak i u izravnom je vezi s okolišem, odnosno prirodnim resursima i ekološkim problemima. Koncept održivog razvoja ugrađen je u sustav upravljanja okolišem čijoj su primjeni veliki doprinos dali Zahtjevi i smjernice za primjenu - ISO 14001:2015 Sustavi upravljanja okolišem. Sustav održivog razvoja provodi se na globalnoj i mikro razini. Bez široke primjene koncepta održivog razvoja na mikro razini koncept održivog razvoja ne može dati rezultate niti na globalnoj razini.

Održivi razvoj i upravljanjem okolišem se bazira na društvenoj pravednosti i održivosti u korištenju prirodnih resursa. Na neki način predstavlja kompromis koji se prema Brutlandskoj komisiji sastoji od pronalaženja načina za održavanje opskrbe dobrima iz prirodnog sustava na način da se istodobno ne ugrožava stanje prirodnog sustava. Održivi razvoj u suštini predstavlja ravnotežu između očuvanja okoliša i razvoja, a to podrazumijeva :

- očuvanje prirodnih resursa,
- veću pravednost u raspodjeli resursa i bogatstva,
- uvođenje i primjenu novih tehnologija, sprječavanje aktivnosti koje bi mogle ugroziti interese budućih naraštaja i
- prihvaćanje filozofije održivog razvoja i djelovanja na globalnoj i mikro razini.

Kako bi se implementirao učinkovit sustav upravljanja okolišem (Environmental management syistem - EMS) važno je dobro poznavanje sredine u kojoj se on provodi, u ovom slučaju to je područje krškog sliva.

4. O ZAŠTITI PODZEMNIH VODA U KRŠU I ISTRAŽIVANJA KRŠA

Zaštiti podzemnih voda u kršu je izrazito složen problem. Krški slivovi izvorišta se prostiru na relativno širokim prostorima, a zbog izuzetnih infiltracijskih mogućnosti, velikih brzina tečenja kroz nesaturiranu zonu (približno vertikalno tečenje) i turbulentnog tečenja kroz vrlo zamršen sustav podzemnih tokova, ti prostori su vrlo osjetljivi na mogućnosti onečišćenja podzemnih voda.

Dosadašnji kriteriji su bili usmjereni prema zaštiti izvorišta od bakteriološkog onečišćenja, odnosno trajanju od 50 dana koja određuju dužinu preživljavanja bakterija u podzemnim vodama. Osim zaštite od bakterioloških onečišćenja vodonosnika, sve se više nameće problem onečišćenja od ugljikovodika, nitrata, deterdženata i ostalih kemijskih onečišćivača. Za ove onečišćivače dužina transporta, odnosno vrijeme zadržavanja u podzemlju je puno duži. Stjenovite mase krškog vodonosnika različito utječu na samopročišćavanje podzemnih voda. Ovo je predmet detaljnih istraživanja tzv. specifične ranjivosti. To su dugotrajna istraživanja koja se u svijetu provode na nekoliko velikih krških slivova, a sastoji se u definiranju mogućih smanjenja teških onečišćenja zbog međusobnog utjecaja stjenovite mase vodonosnika i vrste samog onečišćenja.

U takvim okolnostima bi idealno bi bilo zaštititi cjelokupne slivove krških izvorišta pitke vode, međutim to je nerealno jer bi se ogromni prostori pretvorili u zaštitni prostor izvorišta, što bi praktički onemogućilo bilo kakav urbani, infrastrukturni i industrijski razvoj tog prostora. U takovim uvjetima, jedino moguć pristup zaštiti je određivanje hidrogeološki različito aktivnih dijelova krških slivova i te dijelove stupnjevito zaštititi. To znači da sustav zaštite obvezno mora da sadrži procjenu rizika u odnosu na utvrđene onečišćivače, a svakako i ekonomsku održivost neophodnih zaštitnih mjera. Procjena ranjivosti u nekim je zemljama već usvojena od strane nekih nacionalnih politika vezanih uz vodu jer je potvrdila da su to praktično sredstvo za zaštitu zona. Nudi ravnotežu između zaštite podzemnih voda i ekonomskih interesa.

Već je naglašeno da u sustavu održivog razvoja je neophodno dobro poznavanje značajki okoliša. U izuzetno zamršenom sustavu krša, potrebna su dosta obimna i detaljna istraživanja. Bez rezultata tih istraživanja se ne može provoditi koncept održivog razvoja. U cilju definiranja stupnja ranjivosti krških slivova, danas se u svijetu sve više provode složena i detaljnija istraživanja korištenjem suvremenih metoda istraživanja, poglavito metode daljinske detekcije, obavljaju se detaljne hidrogeološke analize, i rekonstrukcije pravaca razvoja okršavanja u podzemlju i u vezi s njima zona koncentracije podzemnih voda i pravaca njihovog tečenja. Sve se

to prikazuje kroz izrada slojevitih detaljnih karata prirodne i specifične ranjivosti krških slivova.
Danas su dostupni rezultati vrlo obimnih istraživanja krša u svijetu. Među njima svakako treba napomenuti izuzetna dostignuća velikih projekata: UNESCO-IGCP- 513 (The International Geological Correlation Programme) i COST European Cooperation in Science and Technology, COST action 620. Značajni su i rezultati mnogih istraživanja provedenih u okviru brojnih instituta za izučavanje krša u Americi, Kini i Europi. Ovo poglavlje opisuje DIKTAS, studiju slučaja prekograničnih vodonosnika u dinarskom krškom području. DIKTAS se bavi motivacijom za međunarodnu suradnju vezanom za vode, metodološkim pristupom, postignutim rezultatima, planovima, postizanju i poštivanju sporazuma.
Na području Bosne i Hercegovine veliki doprinos izučavanja krša Istočne Hercegovine koja su se obavljala za potrebe gradnje hidroenergetskog sustava HET-a i Gornjih horizonata.
Veliki fond rezultata prikupljenih provedbom detaljnih i suvremenih istraživanja krša postoji u Integra d.o.o. Mostar, koja su provođena za potrebe zaštite primarnih izvorišta u području Zapadno hercegovačke, Hercegovačko-neretvanske i Herceg - bosanske županije. Poglavito se to odnosi na definiranje prirodne osjetljivosti krških slivova izvorišta s navedenih prostora, određivanja rizika hazarda i ukupnog rizika od onečišćenja, a koji su rađeni na iskustvima velikih svjetskih projekata i objavljenih radova iz područja zaštite krških izvorišta. Doprinos rezultata svih tih istraživanja se svodi na spoznaju da su krški slivovi vrlo osjetljivi i ranjivi, međutim nisu isto ranjivi na svim njegovim dijelovima. Zbog toga s hidrogeološkog aspekta, osim kriterija prividnih brzina podzemnog tečenja, u postupku zaštite krških vodonosnika danas postoje zahtjevi da se primjenom suvremenih metoda istraživanja identificiraju prirodni drenažni sustavi, njihov prostorni položaj, dinamičko funkcioniranje i da se, osim vremenskog trajanja zadržavanja onečišćenih voda u podzemlju, utvrde i drugi parametri prirodnog sustava za izbor kriterija zoniranja prostora.

5. ZAKONSKA REGULATIVA ZAŠTITE PODZEMNIH VODA U FEDERACIJI BiH

U Federaciji Bosne i Hercegovine se utvrđivanje svih mjera zaštite podzemnih voda krških izvorišta temelji na :

- Zakonima o vodama i
- Odredbama Pravilnika o načinu utvrđivanja zona sanitarne zaštite i zaštitnih mjera za izvorišta.

Zakonom o vodama Federacije BiH uređuje način upravljanja vodama koje obuhvaća zaštitu voda, korištenje, zaštitu od štetna djelovanja voda i uređenje vodotoka i drugih voda. Njim se uređuje vodno dobro i javno vodno dobro, vodni objekti, pravne osobe i druge institucije mjerodavne za pojedina pitanja upravljanja vodama i druga problematika glede voda u Federaciji.
"Pravilnikom o načinu uvjeta za određivanje zona sanitarne zaštite i zaštitnih mjera za izvorišta vode za javno snabdjevanje stanovništva" određuju se uvjeti o načinu određivanja zona sanitarne zaštite izvorišta vode koja se po količini i kakvoći mogu koristiti ili se koriste za javnu vodoopskrbu stanovništva, odnosno za ljudsku uporabu, mjere zaštite u zonama sanitarne zaštite i postupak za donošenje odluke o zaštiti izvorišta.
Provedba zaštite podzemnih voda na krškim slivovima u Federaciji BiH je opterećen nizom poteškoća koji se mogu da svedu na :

a) Slaba razina istraženosti i kvaliteta izrade elaborata zaštitite;
b) Vrlo restriktivne odredbe Pravilnika o utvrđivanju zaštite i
c) zamršen i dugotrajan sustav njihovog odobravanja, poglavito ako se radi o slivu na više županija/kantona, različitim entitetima i različitim državama,

a) Za istraživanja i izradu elaborata zaštite podzemnih voda krških izvorišta je prisutan trend sve manjih izdvajanja financijskih sredstava, a koja su nerijetko i višestruko niža od stvarnih troškova. Rezultat toga je često korištenje upitnih rezultata, neodrađivanje neophodnih istraživanja ili najčešće korištenje rezultata istraživanja koja su provedena prije 50 i više godina. Vrlo često je slučaj da se ne izvode trasiranja podzemnih voda i zone zaštite se određuju na temelju grubih procjena ili usporedbom s rezultatima sa nekih sličnih istraženih slivova, ne vodeći računa da svaki krški sliv ima svoje posebne specifičnosti. Na temelju takvih elaborata izmještaju se trase autoputa, propisuju tehničke mjere koje i ne moraju biti. Ima primjera da su cijela naselja smještena u zone s strogim ograničenjima samo na temelju procijenjenih i neprovjerenih podataka. Ovaj problem je u najvećoj mjeri vezan za Pravilnik u kojem nisu definirani obvezni istražni radovi.

b) Pravilnici ili slični dokumenti kojim se regulira način utvrđivanja zaštite izvorišta su podložni čestim dopunama, izmjenama ili se često pristupa izradi nove dokumentacije. Obimna istraživanja krša koja se provode u cijelom svijetu daju sve nove podatke, dolazi se do novih saznanja, za prikupljanje i obradu podataka se koriste sve suvremenije metode (daljinska detekcija, fotogeološka obrada, korištenje kvalitetnih snimki iz zraka i satelitski snimci, računalna obrada s sve moćnijim programima i

sl.). Ovaj Pravilnik, s vrlo restriktivnim odredbama, treba usuglasiti s suvremenim saznanjima o kršu te s konceptom održivog razvoja i upravljanja okolišem.

c) Zamršen i dugotrajan sustav njihovog odobravanja, poglavito ako se radi o slivu na više županija/kantona, različitim entitetima i različitim državama, je problem ustroja i obveza koja proistječu iz članka 38. Zakona o vodam Federacije BiH.

S obzirom na navedeno, navedeni Pravilnik Federacije BiH bi trebalo ažurirati i u njega ugraditi određene izmjene i dopune.

6. PRIJEDLOG IZMJENA I DOPUNA PRAVILNIKA

U ovom dijelu rada daju se načelne primjedbe i pojedinih prijedlozi mogućih dopuna i izmjena na temelju stečenih iskustava i primjeru slične regulative u Europi i svijetu. One se odnose na:

- sadržaj Pravilnika,
- kriterije utvrđivanja zona sanitarnih zaštita,
- obradu podataka i
- propisanih mjera zaštite.

6.1. Prijedlog izmjena u sadržaju Pravilnika

I. Pravilnik propisuje sadržaj Elaborata o zaštiti izvorišta podzemnih voda, međutim ne i koja se istraživanja moraju provesti i što ona moraju utvrditi. Ovdje se nudi jedan prijedlog ili se po ovom pitanju može konsultirati izrađeni Prijedlog sustava zaštite i metode istraživanja za zaštitu krških vodonosnika u graničnim područjima Bosne i Hercegovine i Hrvatske, a koju su zajednički izradili stručnjaci BiH (iz Federacije BiH i R.S) i Hrvatske.
Prijedlog 1: Obvezni vodoistražni radovi uključuju geološka, hidrogeološka, hidrološka, hidrogeokemijska i kemijska istraživanja, a koja moraju utvrditi slijedeće karakteristike:
–geološke značajke i hidrogeološke odnose slivnog područja,
– hidrološke značajke slivnog područja,
– veličina, granice i izdašnost vodonosnika,
–tip vodonosnika obzirom na poroznost (međuzrnska, pukotinska i pukotinsko – kavernozna),
– debljina i propusnost pokrovnih naslaga vodonosnika,
–način prihranjivanja vodonosnika,
–način dotoka vode u akumulaciju ili jezero,
–brzina toka podzemne vode prema izvorištu,
–purifikacijski kapacitet pokrovnih naslaga i vodonosnika,
–kvaliteta vode .

II. U pravilnicima o uspostavi zona sanitarne zaštite većine zemalja postoji opcija tzv. "mikrozoniranja" kojim se za pojedine dijelove slivnog područja pruža mogućnost dodatnih istraživanja i kojim se provjeravaju uvjeti izgradnje određenih objekata i njihov utjecaj na podzemne vode. Ova mogućnost proizlazi iz kompromisa zaštite voda, održivog razvoja i upravljanja okolišem. Međutim iskustva pokazuju da je ovakav pristup u određenim slučajevima opterećen neadekvatnim dodatnim istraživanjima i isforsiranim zaključcima, što nije dobro. Stoga se nameće potreba jasnijeg definiranja neophodnih istraživačkih radova
Prijedlog 2: Za eventualnu izvedbu pojedinih zahvata u prostoru II., III. i IV zone sanitarne zaštite u kojim nije dopuštena navedena djelatnost ovog Pravilnika, potrebno je načiniti projekt u sklopu kojeg treba detaljnim i namjenskim vodoistražnim radovima ispitati uži lokalitet (»mikrozonu«). Na temelju rezultata ovih istraživanja utvrdit će se pogodnost terena za izvedbu predviđenog zahvata, te na osnovu njegove osjetljivosti i ukupnog rizika od mogućih onečišćenja odrediti pripadajuće mjere zaštite unutar tog prostora (»mikrozone«). Projekt istražnih radova mora sadržavati najmanje izradu geološke-hidrogeološke kate šireg područja najsitnijeg mjerila 1 : 10 000; izradu geološko - hidrogeološke situacije užeg područja na kojem se žele izvoditi traženi radovi najsitnijeg mjerila 1:1000, izvedba geofizičkih ispitivanja seizmičkim ili geoelektričnim metodama s tomografskom obradom duž najmanje tri profila dužine ne manje od 200 m, izvedba najmanje dvije istraživačke bušotine - piezometra pojedinačne dubine ne manje od 50 m i izvedba najmanje jednog uspješnog trasiranja podzemne vode. Izrada Projekta i izvedba istraživanja s izradom završnog elaborata može obavljati samo za to ovlaštena ustanova.

6.2. Prijedlog izmjena kriterija utvrđivanja granica zona sanitarne zaštite

III. Kod utvrđivanja udaljenosti granica zaštitnih zona od izvorišta u članku 7. navodi se samo kriteriji koji se odnose na vrijeme podzemnog tečenja, odnosno brzina tečenja podzemnih voda. S obzirom na već izneseni zaključak da osjetljivost krških slivova na onečišćenje podzemnih voda nije na svim dijelovima sliva ista, potrebno je u taj članak dodati: *"i na temelju identificiranih prirodnih drenažnih sustava,*

njihovog prostornog položaja i dinamičkog funkcioniranja."

IV. U članku 14. stavak 4. Pravilnika trebalo bi umjesto "indeksa osjetljivosti geoloških i hidroheoloških struktura" stajati *"ukupan indeks osjetljivosti na prostoru slivnog područja"*

6.3. Prijedlog izmjena propisanih mjera zaštite

Popis aktivnosti i razina ograničenja po pojedinim zonama sanitarne zaštite, neuobičajeno su dane u tabelarnom prikazu u Privitku 1. Najviše problema i upitnih zabrana odnose se na II. i III. zonu zaštite. Naime na slivovima gdje su utvrđene veće brzine podzemnog tečenja, prema jedinom kriteriju prividnih brzina su formirane zone na dosta velikim prostorima (II. zona na površinama od 20 do preko 50 km^2, a III. zona na više od 100 km^2). Na većem broju tih zona zaštite već postoji prometna struktura ili je to prostor kuda jedino može da se izgrade kapitalni prometni objekti kao što su autoput, željeznica i sl., postoje već izgrađeni industrijski objekti, naselja pa i veći dijelovi nekih gradova. Postavlja se pitanje učinkovitosti propisanih zabrana u privitku 1.
Za neke izuzetno opasne aktivnosti, zaista treba postojati zabrana. Stoga se predlaže da se u Privitak 1. unesu dodatne oznake:

Indeks "¹". dozvoljeno pod uvjetom da je izgrađen kvalitetan sustav odvodnje - kanalizacijska mreža i
Indeks "²". dozvoljeno pod uvjetom da mikrozoniranja potvrde mogućnost planirane aktivnosti

Predlažu se slijedeće izmjene u Privitku 1. Pravilnika:

A.1.2. II zona indeks ¹
A.1.3. II zona indeks ¹
A.2.3. potrebno je brisati stavku
A.2.4. umjesto zabrana u II. i III. zoni, staviti SD – danas postoje metode miniranja koje imaju praktično zanemariv utjecaj na okoliš
A.2.5. Kako se radi o mogućim onečišćenjima naftom, prijedlog je zabrana u svim stavkama
A.3.1. Napisati Velike transformatorske stanice
B.2.1. U IV. zonu staviti SD
C.1.2. II. zona indeks ²
C.2.1. Kako se radi o mogućim onečišćenjima naftom, prijedlog je zabrana u svim stavkama
C.3.2. Prijedlog je zabrana u svim stavkama
C.4.3. Prijedlog je zabrana u svim stavkama
D.1.1. Prijedlog je SD u II. zonu
D.1.8. Prijedlog je SD u II. zonu
D.2.1. Prijedlog je SD u III. zonu zaštite

7. ZAKLJUČAK

Zaštita podzemnih voda u kršu je izrazito složen problem. Krški slivovi izvorišta se prostiru na relativno širokim prostorima, a zbog izuzetnih infiltracijskih mogućnosti, velikih brzina tečenja kroz nesaturiranu zonu (približno vertikalno tečenje) i turbulentnog tečenja kroz vrlo zamršen sustav podzemnih tokova, ti prostori su vrlo osjetljivi na mogućnosti onečišćenja podzemnih voda. U takvim okolnostima, idealno bi bilo zaštititi cjelokupne slivove krških izvorišta pitke vode, međutim to je nerealno jer bi se ogromni prostori pretvorili u zaštitni prostor izvorišta, što bi praktički onemogućilo bilo kakav urbani, infrastrukturni i industrijski razvoj tog prostora.
Suvremenim istraživanjima krša pokazuju da su ti slivovi vrlo osjetljivi i ranjivi na onečišćenja podzemnih voda, međutim nisu isto ranjivi na svim njegovim dijelovima. S hidrogeološkog aspekta, osim kriterija prividnih brzina podzemnog tečenja, u postupku zaštite krških vodonosnika danas postoje zahtjevi da se primjenom suvremenih metoda istraživanja identificiraju prirodni drenažni sustavi, njihov prostorni položaj, dinamičko funkcioniranje i da se, osim vremenskog trajanja zadržavanja onečišćenih voda u podzemlju, utvrde i drugi parametri prirodnog sustava za izbor kriterija zoniranja prostora.
Rješavanje problema provedbe zaštite podzemnih voda u kršu i osiguranja društvenog razvoja na tim prostorima se nalazi u implementaciji koncepta održivog razvoja i upravljanju okolišem. Održivi razvoj u suštini predstavlja ravnotežu između očuvanja okoliša i razvoja. Za provedbu ovakvog koncepta potrebno je ažuriranje postojećeg Pravilnika o uvjetima utvrđivanja zaštitnih zona ugradnjom određenih izmjena i dopuna koje su dijelom dane u ovom radu.

8. LITERATURA

[1] Antunović I, Zovko D, Antunović J.: „Utjecaj strukturno tektonskih odnosa karbonatnih stijena u formiranju slivova krških vrela" Međunarodni kongres o vodama, Dubrovnik 2008.

[2] Biondić, B. Hidrogeological Aspects for Groundwater Protection in Karstic Areas, European Community, COST 65 project, 1994.

[3] Drljača, M.; KJoncept održivog razvoja i sustav upravljanja, Zračna luka Zagreb d.o.o.; Međunarodni skup Nedelja kvaliteta i izvrsnost, Vol 1, Br. 1-2, Beograd, 2012, str.20-26 i 110 UDC: 502/504+005.6

[4] Milanović, P. Hidrogeologija karsta i metode istraživanja. Trebinje, 1979. god.

[5] Zwahlen F (ed) (2004) Karta ranjivosti i rizika za zaštitu karbonatnih (krških) vodonosnika. Završno izvješće COST akcija 620. Europska komisija, Brüssel

[6] Andreo B, Ravbar N, Vías JM (2009) Kartiranje ranjivih izvora u karbonatnim (krškim) vodonosnicima proširenjem metode COP: primjena na pilot lokacijama. Hydrogeol J 17 (3): 749–758

[7] De Ketelaere D, Hötzl H, Neukum C, Città M, Sappa G (2004) Analiza i mapiranje opasnosti. U: Zwahlen F (ed) COST akcija 620. Ranjivost i mapiranje rizika za zaštitu karbonatnih (krških) vodonosnika. Završno izvješće COST akcija 620. Europska komisija, Generalna uprava za istraživanje, Brüssel, Luksemburg, str. 106–107

[8] Foster S, Hirata R, Andreo B (2013) Koncept ranjivosti zagađenja vodonosnika: pomoć ili prepreka u promicanju zaštite podzemnih voda? Hydrogeol J 21: 1389–1392.

[9] Kresic N (2009a) Izvori podzemnih voda: održivost, upravljanje i obnova. McGraw-Hill, New York

[10] Parizek R. O prirodi i značaju tragova i površinskih obilježja lomova u karbonatnim terenima. Hidrologija i vodno bogatstvo krša. Dubrovnik, 1975.

ZNAČAJ ERASMUS + PROJEKATA U JAČANJU VISOKOŠKOLSKOG OBRAZOVANJA, PRIMJER NATRISK I BESTSDI PROJEKAT

THE IMPORTANCE OF ERASMUS + PROJECTS IN STRENGTHENING HIGHER EDUCATION, EXAMPLE NatRisk AND BESTSDI PROJECT

Prof.dr Emina Hadžić, dipl.ing.
Građevinski fakultet
Univerziteta u Sarajevu,
Patriotske lige 30
emina_hadzic@gf.unsa.ba

Prof.dr. Željko Bačić, dipl.inž.geod
Geodetski fakultet
Sveučilišta u Zagrebu
zbacic@geof.hr

Prof.dr. Željko Bačić, dipl.inž.geod
Građevinsko-Arhitektonski fakultet
Univerziteta u Nišu
milan.gocic@gaf.ni.ac.rs

Sažetak: Globalizacija i razvoj informacijsko-komunikacijskih tehnologija imaju veliki utjecaj na područje visokog obrazovanja. Pod njihovim utjecajem, između ostalog, posljednjih godina, jača trend internacionalizacija, a ključni aspekt internacionalizacije je akademska mobilnost. Mobilnost studenta, mladih istraživača, akademskog osoblja jača akademsku i kulturnu internacionalizaciju evropskog područja visokog obrazovanja. Značajni programi Evropske unije iz oblasti unapređenja kapaciteta visokog obrazovanja, koji promiču te vrijednosti su i ERASMUS+ programi. S tim u vezi, u radu će se dati osnovni ciljevi, sprovedene aktivnosti i rezultati dva trogodišnja Erasmus + projekta: NatRisk projekt (Development of Master Curricula for Natural Disasters Risk Management in the Western Balkan Countries) i Erasmus + BESTSDI projekt (Western Balkans Academic Education Evolution and Professional's Sustainable Training for Spatial Data Infrastructures).

Ključne riječi: globalizacija, Erasmus + projekti, visokoškolsko obrazovanje, prirodne nepogode, prostorni podaci

Abstract: Globalization and the development of information and communication technologies have a great impact on the field of higher education. Under their influence, among other things, in recent years, the trend towards internationalization has strengthened, and academic mobility is a key aspect of internationalization.The mobility of students, young researchers and academic staff strengthens the academic and cultural internationalization of the European Higher Education Area. Significant European Union programs in the field of enhancing higher education capacities that promote these values are also ERASMUS + programs. In this regard, the paper will outline the main goals, activities carried out and the results of two three-year Erasmus + projects: the NatRisk project (Development of Master Curricula for Natural Disasters Risk Management in the Western Balkan Countries) and the Erasmus + BESTSDI project (Western Balkans Academic Education Evolution and Professional's Sustainable Training for Spatial Data Infrastructures).

Key words: globalization, Erasmus + projects, higher education, natural disasters, spatial data

1. UVODNA RAZMATRANJA

Erasmus + je program Evropske Unije kojim se podupiru oblasti obrazovanja, treninga/obuke, mladih i sporta za razdoblje 2014 - 2020. godine. Smatra se da razvoj ovih oblasti može doprinijeti pozitivnom rješavanju društveno-ekonomskih promjena, podržati provedbu programa evropske politike za razvoj, zapošljavanje, jednakost i socijalnu uključenost, promociji zajedničkih evropskih vrijednosti, poticanju socijalne integracije, unapređenju interkulturalnog razumijevanja i osjećaju pripadnosti zajednici, kao i ključnim izazovima sa kojima će se Evropa suočiti do kraja desetljeća.
Erasmus + program je zamjena za sedam programa: Program za cjeloživotno učenje (s njegovim potprogramima Erasmus, Leonardo da Vinci, Comenius i Grundtvig), Mladi na djelu, te pet programa međunarodne suradnje (Erasmus Mundus, Tempus, Alfa, Edulink i Program suradnje s industrijaliziranim državama i teritorijima). Za provođenje programa nadležne su Europska komisija na europskom nivou, nacionalne agencije na razini programskih zemaja i nacionalne kancelarije Erasmus + na nivou partnerskih zemaja.

Programom se nastoji promicati održivi razvoj partnerskih zemalja, među kojima je Bosna i Hercegovina, u području visokog obrazovanja, te doprinijeti postizanju ciljeva strategije EU-a za mlade. Specifična pitanja kojima se ovaj program bavi obuhvataju: (i) smanjenje nezaposlenosti; posebno među mladima; (ii) promicanje učenja odraslih, posebno u svrhu stjecanja novih vještina i vještina koje se traže na tržištu rada; (iii) poticanje mladih na sudjelovanje u europskoj demokraciji; (iv) potporu inovacijama, suradnji i reformama; (v) smanjenje ranog napuštanja školovanja, te (vi) promicanje saradnje i mobilnosti s partnerskim zemljama EU-a.

Kako bi se mogli ostvariti postavljeni ciljevi u okviru programa Erasmus+ aktivnosti su grupisane u tri ključne mjere:

Ključna mjera 1. – Mobilnost pojedinaca

Kojom se podupiru:

- mobilnost učenika i osoblja - prilike za studente i mlade ljude, profesore, nastavnike, učitelje, osobe koje rade s mladima, osoblje obrazovnih ustanova i organizacija civilnog društva;
- zajednički diplomski/master studiji Erasmus Mundus - integrirani međunarodni studijski programi koje provode konzorciji više ustanova visokog obrazovanja;
- stipendije za diplomske studije Erasmus+: studenti u visoko-obrazovnim institucijama iz partnerskih država mogu se u okviru programa prijaviti za stipendije za odlazak na diplomski studij u inostranstvo.

Ključna mjera 2. – Suradnja za inovacije i razmjena dobre prakse

Ovom se ključnom mjerom podupiru:

- transnacionalna strateška partnerstva čiji je cilj razvijanje inicijativa u jednom ili više područja obrazovanja, osposobljavanje mladih, te promicanje inovacija, razmjene iskustava i praktičnog znanja između različitih vrsta organizacija koje se bave obrazovanjem, osposobljavanjem i mladima ili drugim relevantnim područjima.
- savezi znanja između ustanova visokog obrazovanja i poduzeća koja nastoje poticati inovacije, poduzetništvo, kreativnost, zapošljivost, razmjenu znanja i/ili multidisciplinarno podučavanje i učenje;
- savezi sektorskih vještina koji podupiru osmišljavanje i isporuku zajedničkih kurikuluma, programa i metodologija za podučavanje i osposobljavanje u sklopu strukovnog osposobljavanja, a za čiju su se izradu koristili dokazi o trendovima u pojedinom gospodarskom sektoru i vještinama potrebnim za postizanje uspjeha u jednom ili više strukovnih područja;
- projekti za izgradnja kapaciteta u visokom obrazovanju koji podupiru saradnju s partnerskim državama u područjima visokog obrazovanja i mladih, sa ciljem jačanja sposobnosti organizacije/ustanove u njihovom postupku modernizacije i internacionalizacije;
- platforme za informatičku podršku kao što su e-Twinning, Portal za školsko obrazovanje, Europska platforma za obrazovanje odraslih (EPALE) i Europski portal za mlade, koje nude virtualne prostore za suradnju i baze podataka, strukovne zajednice i druge internetske usluge za nastavnike, voditelje osposobljavanja i osobe koje rade u području školskog obrazovanja i obrazovanja odraslih, volontere i osobe koje rade s mladima diljem Evrope i šire.

Ključna mjera 3. – Podrška reformi politike

Specifični ciljevi ove mjere su: (i) promicanje međunarodne suradnje i međusobnog učenja među tijelima javne vlasti na najvišoj institucionalnoj razini u zemljama koje ispunjavaju uvjete, kako bi se

potaknula sistematska poboljšanja i inovacije u području obrazovanja, osposobljavanja i mladih, (ii) unaprjeđivanje prikupljanja i analize stvarnih dokaza kojima se osigurava uspješna provedba inovativnih mjera, (iii) olakšavanje prenosivosti i skalabilnosti inovativnih mjera.

Ovom se ključnom mjerom podupiru:

- znanje u područjima obrazovanja, osposobljavanja i mladih za donošenje politika koje se temelje na dokazima i kontinuiranom monitoringu, posebice kroz suradnju s akademskim mrežama,
- inicijative za inovacije politika kako bi se među sudionicima poticao inovativan razvoj politika, a javnim tijelima omogućilo da ispituju učinkovitost inovativnih politika terenskim eksperimentima koji se temelje na dobrim metodologijama za ocjenjivanje;
- mjere kojima se podupire transparentnost i priznavanje stečenih vještina i kvalifikacija, te prijenos bodova, poticalo osiguranje kvalitete, podržavalo vrednovanje neformalnog i informalnog učenja, upravljanje vještinama i usmjeravanje. Ova aktivnost uključuje potporu akademskim i drugim mrežama kojima se olakšava razmjena diljem Europe, učenje i radna mobilnost građana i razvoj fleksibilnih puteva učenja između različitih područja obrazovanja, osposobljavanja i mladih;
- suradnja s međunarodnim organizacijama općepriznate stručnosti i analitičkih sposobnosti (kao što su OECD i Vijeće Europe) kako bi se ojačao utjecaj i dodana vrijednost politika u područjima obrazovanja, osposobljavanja i mladih;
- dijalog s dionicima te promicanje politika i programa koji uključuju javna tijela, pružatelje i sudionike u područjima obrazovanja, osposobljavanja i mladih u svrhu jačanja svijesti o europskim političkim planovima, posebice Europi 2020., Europskoj strategiji za mlade, kao i o vanjskoj dimenziji europskih politika za obrazovanje, osposobljavanje i mlade. Te su aktivnosti važne i za razvoj sposobnosti sudionika za aktivno podupiranje provedbe politika poticanjem korištenja rezultata Programa i ostvarivanjem opipljivog učinka.

Za visokoškolske institucije poseban značaj ima ključna mjera 2, projekti za izgradnja kapaciteta u visokom obrazovanju koji podupiru saradnju s partnerskim državama u područjima visokog obrazovanja i mladih, sa ciljem jačanja sposobnosti organizacije/ustanove u njihovom postupku modernizacije i internacionalizacije. Vođeni tom idejom, konzorciji grupisani oko dva Univerziteta, Univerziteta u Nišu i Sveučilišta u Zagrebu, sa svoja dva projektna prijedloga, NatRisk i BESTSDI, 2016.-te godine, na poziv Erasmus + 2016 (EAC / A04 / 2015) u ključnoj akciji 2: Jačanje kapaciteta u visokom obrazovanju, za razvoj evolucije akademskog obrazovanja zapadnog Balkana su odabrani među 736 pristiglih aplikacija.

NatRisk projekat ili punim nazivom *Development of master curricula for natural disasters risk management in Western Balkan countries (Razvoj master kurikuluma iz oblasti upravljanja rizicima od prirodnih katastrofa u zemljama Zapadnog Balkana),* je Projekat koordiniran od strane Građevinsko-Arhitektonskog fakulteta Univerziteta u Nišu. Ukupna vrijednost projekta iznosi 1,245,746.00 €, a vrijeme trajanja je 36 mjeseci počevši od oktobra 2016. godine.

BESTSDI program *Western Balkans Academic Education Evolution and Professional's Sustainable Training for Spatial Data Infrastructures* (*Razvoj akademskog obrazovanja zapadnog Balkana i profesionalna održiva obuka za infrastrukturu prostornih podataka)*, je također trogodišnji program koordinioran od strane Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, a ukupna vrijednost projekta iznosi 978.166,66 eura.

2. OSNOVNO O BESTSDI PROJEKTU

2.1. Motivacija

Projekt BESTSDI i njegova ideja, zasnovani su na nalazima EU IPA2010 projekta „INSPIRATION - Infrastruktura prostornih podataka na zapadnom Balkanu" implementiranog u periodu 2012-2013. i pratećeg projekta „Suradnja u regionu Zapadnog Balkana - Infrastruktura za prostorne informacije u regionu Zapadnog Balkana Balkan "(IMPULS), finansiran od strane Sida (Švedska međunarodna agencija za razvojnu saradnju), koji je u toku. [4]
Iako je projekat INSPIRATION bio fokusiran na promociju SDI-a i koordinaciju njegovog daljnjeg razvoja što treba da rezultira snažnim zakonodavnim aktivnostima uključenih Nacionalnih kartografskih i katastarskih agencija (NMCA), IMPULS je projekt čiji je cilj pružanje podrške razvoju regionalnog SDI-a u skladu s INSPIRE Direktivom i SEE 2020 (Strategija jugoistočne Evrope 2020) i drugim relevantnim dokumentima koji imaju za cilj poboljšanje interoperabilnih prostornih informacija i usluga u regionu Zapadnog Balkana radi efikasne podrške e-upravi. Projekt IMPULS primarno se bavi internim potrebama NMCA-a u partnerskim zemljama i prepoznaje ozbiljan manjak kvalificiranog osoblja

sposobnog za razvoj infrastrukture prostornih podataka, kako u pogledu pružanja podataka i usluga, tako i njegove upotrebe.

Iako zasnovan i potaknut uočenim problemima nastalim kroz implementaciju dva vrlo važna projekta, važno je istaći da je BESTSDI poboljšao i proširio pristup IMPULS-a na tri načina [4].:

1) Obzirom da uspješan SDI zahtijeva aktivno sudjelovanje svih nacionalnih i lokalnih nivoa vlasti u državi, kao i njenog privatnog sektora i - direktno ili indirektno - njenih građana, ono je nemoguće bez odgovarajućeg nivoa znanja o SDI svakog dionika, posebno stručnjaka sa akademskim obrazovanjem. Dakle, obrazovanje o SDI mora biti pravilno uvedeno u visokoškolske studijske programe za buduće stručnjake, ali i cjeloživotne tečajeve za sadašnje stručnjake. Promicanje i provedba potreba za razvojem SDI nastavnih planova i programa tečajeva BESTSDI nadilazi NMCA fokusiran pristup i obraća se širokoj skupini SDI dionika koji su reprezentativni za heterogenu zajednicu davatelja prostornih podataka i potrošača.

2) BESTSDI pokriva i odredbe o prostornim podacima, kao i njihovu (ponovnu) upotrebu u prioritetnim oblastima od regionalnog značaja. Što se tiče pružanja podataka, projekat pokriva zahtjeve koji se postavljaju na fizičke nauke (prvenstveno geodeziju, kartografiju i daljinsko istraživanje) što je regionalni prioritet za zapadni Balkan. Scenariji ponovne upotrebe podataka pokrivaju zahtjeve koji proizlaze iz regionalnih prioritetnih područja poljoprivrede, vodoprivrede, građevinarstva, zaštite okoliša, šumarstva i ribarstva. [4]

3) Sve zemlje partneri BESTSDI su ili države kandidatkinje ili potencijalne kandidatkinje za ulazak u Evropsku uniju. Stoga je primjena INSPIRE direktive kao i usklađenost s širokim rasponom propisa EU koji se tiču ovog domena, a koji zahtijevaju geoprostorne sposobnosti - npr. zajednička poljoprivredna politika EU (CAP), Okvirna direktiva o vodama EU (WFD) ili Direktiva o zaštiti okoliša i buke (END) - od strateškog je značaja za punopravno članstvo u EU. Stoga, nacionalni SDI-i zemalja partnera moraju ispuniti raznoliki skup zahtjeva koji obično prevazilaze njihov uobičajeni opseg. BESTSDI gradi kapacitet za opskrbu i održavanje ažurnih geoprostornih podataka i pouzdanih usluga kako bi se održivo ispunilo zahtjevima odabranih EU propisa.

Slijedeći takav pristup potaknut potražnjom i uzimajući u obzir složenost i heterogenost višenamjenskog SDI-a, BESTSDI uzima značajan korak dalje u svezi sa SDI-jem, podržava održivi razvoj SDI-ja i doprinosi razvoju saradnje univerziteta i preduzeća, te promiče preduzetništvo i zapošljivost diplomanata [4].

2.2. Ciljevi projekta

Širi ciljevi BESTSDI projekta, koji su u potpunosti usaglašeni sa prioritetima projekata izgradnje kapaciteta u okviru programa Erasmus se mogu grupisati kroz nekoliko slijedećih, [4].:

• poboljšati kvalitetu visokog obrazovanja iz područja geo - znanosti i tehnologije, SDI i geodezije, kroz razvijanje, testiranje i prilagodbu novih nastavnih planove i programe, tečajeva, materijala i alata iz područja SDI,
• povećati kompetencije budućih stručnjaka i njihov značaj na tržištu rada i u društvu/zajednici, i
• poboljšati razinu kompetencija i vještina u visokoškolskim ustanovama razvijanjem novih i inovativnih obrazovnih programa unutar područja SDI-ja.
•uvesti SDI i s tim povezane koncepte u dodiplomske i diplomske studijske programe na akademskim institucijama čiji su profili dobro prepoznati kao korisnici SDI-a, podižući svijest studenata i stručnjaka o relevantnosti SDI i prednostima dobro organiziranih prostornih podataka [4].

Konzorcij BESTSDI sačinjavaju 16 akademskih partnera (i 3 pridružena partnera) iz zemalja zapadnog Balkana (Albanija, Bosna i Hercegovina, Kosovo, Crna Gora i Srbija) i programskih zemalja Belgije, Hrvatske, Njemačke, S. Makedonije i Švedske.
To su:

-Ss. Univerzitet u Skopju Ćiril i Metodije (Građevinski fakultet), Sjeverna Makedonije

-Politehnički Univerzitet u Tirani (Građevinski fakultet), Albania

- Politehnički Univerzitet u Tirani (Građevinski fakultet), Albanije (Geološki fakultet), Albania

- Poljoprivredni Univerzitet u Tirani (Fakultet šumarstva), Albania

-Univerzitet u Banja Luci (Fakultet građevinarstva, Arhitekture i Geodezije), Bosna i Hercegovina

-Univerzitet u Mostaru (Faculty of Science and Education), Bosna i Hercegovina

-Univerzitet u Sarajevu (Građevinski fakultet) Bosna i Hercegovina

- Univerzitet u Sarajevu (Poljoprivredno – prehrambeni fakultet), Bosna i Hercegovina

-Univerzitet u Tuzli (Rudarsko-geološko-građevinski fakultet), Bosna i Hercegovina

-Univerzitet za biznis i tehnologiju Priština, Kosovo

-Univerzitet u Crnoj Gori (Filozofski fakultet u Nikšiću), Crna Gora

- Univerzitet u Crnoj Gori (Biotehnološki fakultet u Podgorici), Crna Gora

-Univerzitet u Beogradu (Fakultet šumarstva), Srbija

- Univerzitet u Novom Sadu (Tehnički fakultet), Srbija

-University of Prizren "Ukshin Hoti" (Faculty of Computer Sciences), Kosovo

2.3. Rezultati projekta

BESTSDI projekt je proveo sveobuhvatnu analizu postojećih studijskih materijala o SDI u Europi i regiji, utvrdivši da je većina materijala nedovoljno razvijena za postizanje postavljenih ciljeva projekta. Rezultat tih nalaza je da je potrebno razviti bitni dio novih materijala za nastavni plan i program SDI [5]. Nadalje, provedeno je istraživanje među dionicima s ciljem analize njihovih potreba, koje su rangirane na slijedeći način:
• koncepti prostornih podataka, upravljanje zemljištem, kartografija i vizualizacija, društvene kompetencije,
• organizacijski i institucionalni aspekti SDI i
• analitički GIS alati, dizajn, modeliranje i upravljanje prostornim podacima.

Provedeni zaključci ankete nameću da je znanje i razumijevanje aspekata SDI među dionicima prilično skromno, posebno na razini provedbe, što rezultira izazovom kako prevladati jaz koji trenutno postoji u odnosu na kompetencije povezane s geoinformatikom.

Obzirom da su zahtjevi za korištenjem prostornih podataka, kao i IT sektor, u neprekidnom razvoju, BESTSDI kroz razvoj visokoškolskih kurikuluma i programa koji pružaju potrebna znanja i vještine potrebne za razvoj, nesumnjivo pridonosi razvoju i podršci tržišta. Također se može reći da će BESTSDI unaprijediti znanje i vještine koje će poboljšati prihvaćanje inovativnih tehnologija u skladu s najsavremenijim politikama EU-a i razvojem tržišta geoinformacija.

Dalje, veoma važno je da će se implementacijom ovog projekta i njegovim nastavkom (jer će studenti se nastaviti školovati po novim studijskim programima) doprinijeti održivom prijenosu i primjeni znanja u skladu s europskim i drugim relevantnim SDI standardima. Rezultati projekta pružit će podršku donositeljima politika s nacionalne i lokalne razine u skladu s razinom EU-a.

3. OSNOVNO O NatRisk PROJEKTU

3.1. Motivacija

Prirodne nepogode su postale jedan od najvažnijih svjetskih problema i skoro pa kontinuirano ugrožavaju društvene zajednice i životne sredine u cjelini. Izloženost uticaju prirodnih nepogada, bez obzira da li se radi o poplavama, sušama, klizištima, potresima ili nekim drugim prirodnim nepogodama, velikim dijelom povećana je zbog slabog stepena poznavanja uzroka nastanka, mehanizama djelovanja i načina zaštite. Ukoliko želimo jačati kapacitete za smanjenje rizika, sasvim sigurno je neophodno razvijati mehanizme za upravljanje rizicima od prirodnih katastrofa. Upravljati rizicima znači unaprijed razmišljati o potencijalnim događajima koji mogu nastati, učincima i posljedicama s kojima se institucije mogu suočiti u budućnosti te pravovremeno poduzimati mjere kako bi se rizici minimalizirali, a time nepovoljni učinci izbjegli odnosno smanjili. Efikasno upravljanje rizicima omogućava donošenje kvalitetnijih odluka, bolje planiranje i optimiziranje raspoloživih sredstava, bavljenje prioritetima te izbjegavanje budućih problema. Pravovremeno uočiti ključne rizike i poduzeti odgovarajuće mjere znači da će se u velikoj mjeri izbjeći i svi oni financijski učinci koji će se nužno javiti da bi se sanirali problemi, odnosno posljedice aktiviranih rizika.

Politika EU na području upravljanja rizikom od prirodnih katastrofa (NDRM) posebno je potrebna i produktivna na regionalnoj razini, posebno u zemljama u razvoju.

Poseban problem zemalja u tranziciji, u kojima je uočljiv neravnomjeran ekonomski rast i potreba za održivim razvojem, imperativno traže edukovane stručnjake koji će biti spremni da rješavaju nagomilane kompleksne probleme iz oblasti inženjerstva upravljanja rizicima od prirodnih nepogoda, prije svega na bazi preventivnog djelovanja u cilju postizanja prihvatljivog nivoa rizika u slučaju neželjenih događaja i sprječavanja njihoovg prerastanja u katastrofe.

Prepoznavši značaj izučavanja ove problematike i potrebu uključivanja akademske zajednice, kako bi

efekat aktivnosti bio dugotrajan i praćen kontinuiranim razvojem, pokrenut je NatRisk projekat.

3.2. Ciljevi projekta

Ciljevi NatRisk projekta su također u potpunosti usaglašeni sa prioritetima projekata izgradnje kapaciteta, i mogu se ukratko prikazati kroz slijedeće:

- Razvoj i implementacija master studijskih programa u oblasti zaštite od prirodnih nepogoda/katastrofa u zemljama Zapadnog Balkana u skladu sa evropskim standardima,
- Edukacija nastavnog kadra iz zemalja Zapadnog Balkana iz ove oblasti u zemljema EU,
- Savremeno opremanje laboratorija / nabavka opreme, koja će pomoći u realizaciji planiranih aktivnosti i obučavanju studenata;
- Sprovođenje mobilnosti studenata i nastavnog osoblja u zemljama EU;
- Razvoj i sprovođenje obuke za građane i javni sektor u oblasti upravljanja rizicima od prirodnih nepogoda.

U implemantaciji projekta učestvuje 5 partnera iz EU, i to iz Austrije, Grčke, Mađarske, Italije, Velike Britanije, i 6 sa prostora Zapadnog Balkana i Republički hidrometeorološki zavod Srbije kao pridruženi partner.
EU partneri u projektu su:

University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna (BOKU, AUSTRIA)
Middlesex University Higher Education Corporation (MUHEC, UK)
University of Messina (UNIME, ITALY)
Óbuda University (OE, HUNGARY)
Technical University of Crete, Chania (TUC, GREECE)

Partneri iz zemalja Zapadnog Balkana su:

Univerzitet u Nišu (Građevinsko Arhitektonski fakultet), Srbija
Kriminalističko – policijski Univerzitet, Srbija
Univerzitet u Prištini sa sjedištem u Kosovskoj Mitrovici, Kosovo*
Univerzitet u Sarajevu (Građevinski fakultet), Bosna i Hercegovina
Univerzitet u Banja Luci (Fakultet bezbjednosnih nauka), Bosna i Hercegovina
Tehnički koledž primjenjenih nauka Uroševac sa privremenim sjedištem u Leposaviću, Kosovo*
Univerzitet odbrane u Beogradu, Srbija

3.3. Rezultati projekta

Rezultati projekta, premda vidljivi kratkoročno, će zasigurno dugoročno stvoriti značajnu znanstvenu platformu stručnjaka koji razumiju i mogu rješavati probleme koji se odnose na upravljanje rizicima od prirodnih katastrofa. Ostvareni rezultati se mogu mjeriti kroz činjenice da je kroz projekat:
- edukovano 87 nastavnika iz oblasti primjene inovativnih metoda u sprovođenju nastave tokom 5 treninga u zemljama EU;
- sprovedeno je anketiranje 3058 osoba iz sektora koji su vezani za ovu problematiku, na svim nivoima vlasti i brojnim sektorima privrede i društva radi utvrđivanja akutnih problema u oblasti upravljanja rizicima od prirodnih nepogoda,
- kreirana su četiri priručnika za obuku civilnog sektora u situacijama prirodnih katastrofa,
- održano 14 višednevnih treninga na visokoškolskim institucijama Zapadnog Balkana i edukovano blizu 500 polaznika iz više od 150 institucija,
- pokrenuto je šest novih master studija, te jedan specijalistički studij, dok je jedan studijski program moderniziran znanjima iz ove oblasti,
- upisano je više od 100 studenata na akreditovanim studijskim programima,
- razvijene su tri kancelarije za međunarodnu saradnju,
- 30 studenata boravilo na studijskim praksama u trajanju od 12 dana,
- realizovano 115 mobilnosti nastavnika u trajanju od preko 1200 dana i 25 mobilnosti studenata u trajanju od preko 120 meseci,
- nabavljena oprema u iznosu od 254,000 eura i opremljeno 7 laboratorija,
- izvršena promocija projekta na više od 80 različitih događaja (konferencije, seminari, radionice, info dani), u više od 10 štampanih i on-line izdanja na više jezika i emitovana 3 priloga na nacionalnim TV i radio kanalima.

4. DISKUSIJA I ZAKLJUČCI

Nakon tri godine intenzivne realizacije ova dva projekta BESTSDI i NatRisk, može se naglasiti da su projekti, u cijelosti, postigli sve spostavljene ciljeve, da su doprinjelu razvoju i /ili modernizaciji studijskih programa, što je ogroman značaj, ne samo za akademsku zajednicu, već i za društva u cjelini.
Između akademskih institucija, partnera na projektu, koje obrazuju različite profile stručnjaka, ostvarena je visoka razina razumijevanja i shvaćanja koncepta infrastrukture prostornih podataka (IPP) i upravljanja rizicima od prirodnih katastrofa, što je omogućilo da se oblikuje novi kurikulum u području IPP-a i realizira nastava IPP-a u 88 predmeta na 16 fakulteta u regiji, te formira više od 60 novih predmeta u oblasti zaštite od prirodnih nepogoda i smanjenja rizika od katastrofa.

Pored tih fakulteta i univerziteta, najveću koristi će imati privreda, koja će dobiti nove profile stručnjaka iz

oblasti zaštite od prirodnih nepogoda i sa modernim razumijevanjem mogućnosti uporabe prostornih podataka, elektronički pismene, sposobne razvijati aplikacije i interdisciplinarno obrazovane, koji će razumijevati potrebe drugih struka.

Takvi stručnjaci će biti sposobni uhvatiti se u koštac s izazovima današnjice, pogotovo upravljanja prostorom, utjecajem klimatskih promjena i upravljanja društvom, u cjelini, temeljeno na prostornim podacima i geoinformatici.

Zahvaljujući učešću u projektima BESTSDI i NatRisk, uz podršku evropskih univerziteta, fakulteti sa područja Zapadnog Balkana postaju lideri u regiji kada su naučni poduhvati ove vrste u pitanju, što su višestruke koristi društva, u cjelini, pri upravljanju prostorom i prirodnim resursima.

Kao vrlo pzitivan rezultat, valja istaći činjenicu da su ova dva projekta potaknula članove Konzorcija, na saradnju i kontinuiranost u zajedničkom radu ka jačanju visokoškolskih institucija. Kao rezultat nastavka saradnje mogu se navesti dva nova Erasmus + projekta, SWARM - Strenthening of master curricula in water resorces management for the Western Balkan HEIs and stakeholders (Jačanje master kurikuluma iz oblasti upravljanja vodnim resursima za visokoškolske institucije Zapadnog Balkana i stejkholdere, koji je počeo oktobra 2018. godine, te projekat GEOBIZ - "Business driven problem-based learning for academic excellence in geoinformatics" ("Učenje zasnovano na problemima u poslovanju u cilju dostizanja akademske izvrsnosti u oblasti geoinformatike", koji je otpočeo oktobra 2019. godine.

LITERATURA

(Knjige)

[1] Ključanin, S., Poslončec-Petrić, V., Bačić, Ž. (2018). Osnove infrastrukture prostornih podataka. Dobra knjiga, Sarajevo. Bosna I Hercegovina.

(Drugo)

[2] Kuhn, Werner: Introduction to Spatial Data Infrastructures. Presentation held on March 14 2005. Available from: http://www.docstoc.com/docs/2697206/Introduction-to-Spatial--Data- Infrastructures, 2005.

[3] European Commission: Directive 2007/2/EC of the European parlament and of the council: Establishing an infrastructure for spatial information in the Community (INSPIRE), Brussels, 2007.

(Konferencija)

[4] Bačić, Ž. And Poslončec-Petrić, V. (2016): BESTSDI proejkt - modernizacija i standardizacija nastave iz IPP-a u regiji. XII međunarodna naučno-stručna konferencija "Savremena teorija i praksa u graditeljstvu, 7-8 decembar 2016, Banja Luka, Bosna i Hercegovina, pp 677-684.

[5] Tutić, D.; Poslončec-Petrić, V.; Bačić, Ž. (2017): Kompetencije za IPP - lekcije naučene u okviru projekta BESTSDI. Dani infrastrukture prostornih podataka. 30 studeni - 1 prosinac 2017, Zagreb, Hrvatska.

KARAKTERISTIKE POLITIKE VODA U BIH I POTREBA ZA PROMJENOM PRISTUPA

CHARACTERISTICS OF WATER POLICY IN BOSNIA AND HERZEGOVINA AND THE NEED FOR CHANGE IN THE APPROACH

Hazima Hadžović, B.C.E.
Federal Ministry of Agriculture, Water Management and Forestry
Address: Hamdije Ćemerlića 2,Sarajevo
Email:hazima.hadzovic@fmpvs.gov.ba

Msc. Zijada Redžić, B.T.E.
Federal Ministry of Agriculture, Water Management and Forestry
Address: Hamdije Ćemerlića 2,Sarajevo
Email: zijada.redzic@fmpvs.gov.ba

Sažetak: Namjera ovoga rada je da, kroz kratki pregled postojećih planskih dokumenata države, entiteta i drugih institucionalnih nivoa, odgovori na pitanje: ima li Bosna i Hercegovina utvrđenu politiku voda, te ukaže na osnovne karakteristike te politike u pogledu mogućnosti i spremnosti civilnog društva i građana, nevladinog sektora i nadležnih organa za njeno provođenje. U okviru rada se ukazuje koje su posljedice pristupa „nije to u mojoj nadležnosti već…“, sagledavaju potrebe za promjenom i naznačavaju izgledi da se promjene provedu.

Ključne riječi: politika voda, planski dokumenti, pasivan pristup implementaciji, potrebe za promjenom i naznake promjena

Abstract: This paper aims to present a brief overview of existing planning documents of the state-(national), entity- and other institutional levels, in order to respond to the question of whether Bosnia and Herzegovina has a defined water policy, and what are the basic features of that policy regarding the capabilities of civil society, its citizens, the non-governmental sector and the authorities responsible for its implementation. The paper presents the consequences of the approach “not within my area of responsibilities but…”, outlining the needs and prospects for change.

Key words: water policy, planning documents, passive approach to implementation, change needs and indications of change

1. UVOD

Za razvoj Bosne i Hercegovine, kao zemlje koja je na samom začelju ljestvice razvijenosti zemalja Evrope a slično je i u svjetskim okvirima, bogatstvo vodnim resursima ima ogroman značaj. Sigurno je da se adekvatnim uređivanjem i planiranjem održivog korištenja voda u našoj zemlji može u velikoj mjeri uticati na trend razvoja.
I pored toga, BiH nema formalno donesenu sveobuhvatnu vodnu politiku na nivou države utvrđenu odgovarajućim strateškim planskim dokumentom, ni kao samostalni dokument ni kao sastavni dio šire politike okoliša, čiji su vode sastavni dio, i po postojećem domaćem pravnom okviru, a pogotovo u okviru Sporazuma o stabilizaciji i pridruživanju BiH sa EU (SSA).
Upravo potpisivanjem i stupanjem na snagu SSA i transponovanjem glavne EU legislative (Okvirna direktiva o vodama) u domaće zakonodavstvo u oblasti voda su, kao obavezujući mehanizmi kod planiranja, uvedene ekonomske analize svakog korištenja voda i proces uključivanja javnosti pri donošenju odluka koji omogućavaju da planski dokumenti u oblasti voda zadovolje principe održivog razvoja.Ovaj rad ima namjeru ocijeniti ima li izgleda da se takve vodne politike u BiH donesu i otpočnu provoditi.

2. POSTOJEĆA VODNA POLITIKA U BIH

2.1. Karakteristike politika na nivou BiH

Kod razmatranja vodne politike na nivou BiH na početku se mora konstatovati da, i pored toga što su u BiH ustavne nadležnosti za vode date entitetima, dok BiH ima ustavne nadležnosti za međunarodna pitanja koja u oblasti voda (i okoliša u cjelini) predstavljaju vrlo širok dijapazon poslova i obaveza, neophodan pravni i institucionalni sistem za oblast voda na nivou BiH je uspostavljen. Dio tog sistema je pravni okvir, vrlo bitan elemenat politike voda u BiH, koji putem sistemskih zakona i propisa, međunarodnih ugovora, sporazuma, konvencija, protokola i drugih pravnih akata koji se odnose na oblast voda u međunarodnom kontekstu, omogućava donošenje politika, koordiniranje planova entiteta i obavezuje na pružanje pomoći državnom nivou da izvrši preuzete međunarodne obaveze u ovoj oblasti. Kroz, do sada, provedene aktivnosti izrade i donošenja strateških dokumenata, koji su pripremani i doneseni uz puno poštivanje postojećeg pravnog okvira i nadležnosti, je potvrđeno da uspostavljeni sistem može funkcionisati, uz izraženu sporost i probijanje rokova. Takođe je u tom sistemu ponekad prisutan problem nedostataka političke volje da se neke odluke uopšte razmatraju pozivajući se na nadležnosti. Predmet takvog stava su u nekim slučajevima i planski dokumenti čije donošenje je potrebno na nivou BiH.
Uz sve navedeno, ipak nema mjesta tvrdnji da na nivou BiH nema utvrđenih politika vezanih za vode, pogotovo poslije otpočinjanja BH procesa stabilizacije i pridruživanja sa EU. U takvom okruženju su utvrđene važne politike na nivou BiH usvojene kroz strateške dokumente za pojedine segmente upravljanja vodama ili kao dio strateških dokumenata za oblast okoliša, koji obuhvataju i vode, među kojima su:

1. Strategija aproksimacije propisa pravnoj stečevini EU u oblasti okoliša (EAS BiH), iz 2014.,usvojena 2017., koja obuhvata osam podsektora okoliša (horizontalno zakonodavstvo, upravljanje vodama, upravljanje otpadom, kvalitet zraka i klimatske promjene, industrijsko zagađenje, hemikalije, zaštita prirode i buka u okolišu), u paketu sa slijedećim provedbenim dokumentima entiteta :
- Strategija za provođenje Strategije aproksimacije propisa EAS BiH u BiH (iz 2014., usvojena 2017.)
- Strategija za provođenje Strategije aproksimacije propisa EAS BiH u RS-u (iz 2014., usvojena 2017.)
- Strategija za provođenje Strategije aproksimacije propisa EAS BiH u BD BiH (iz 2014., usvojena 2017.) ,

2. Akcioni plan zaštite od poplava i upravljanja rijekama u BiH (2014.-2017.-2021.), donesen 2014. poslije katastrofalnih poplava, koji obuhvata zaštitu od poplava kao dio upravljanja vodama i

3. Akcioni plan za realizaciju prioriteta, Poglavlje 27. Okoliš, iz Analitičkog izvještaja i Mišljenja EU iz maja 2019. po zahtjevu BiH za kandidatski status, za period juli 2019.- maj 2020. godine, koji je u postupku usvajanja na Vijeću ministara BiH.
EAS BiH i provedbeni dokumenti entiteta sadrže detaljne izvještaje o institucionalnim i pravnim promjenama koje treba provesti kako bi se transponovali propisi EU u oblasti okoliša i pripadajućih podsektora u domaće propise i osigurala njihova provedba. EAS BiH je predvidio donošenje planskih dokumenata i drugih provedbenih akata, koje BiH treba donijeti da bi ispunile obaveze koje proizlaze iz SSP-a, a to su:
- DSIP-i planovi implementacije svake od EU direktiva, na prvom mjestu „finansijski teških“ sa akcionim planom APID-om za provedbu svakog od DSIP-a u entitetima i BD BiH,
- planovi aktivnosti za provedbu međunarodnih ugovora o okolišu koje je BiH ratificirala i
- politika okoliša BiH, sa zajedničkim ciljevima, mjerama i aktivnostima državne, entitetskih i politke

okoliša BD BiH, čije donošenje i provedba treba da osigura visok nivo zaštite okoliša i zaštite ljudskog zdravlja u BiH u skladu sa 7. Akcionim programom aktivnosti za okoliš EU.

EAS BiH takođe sadrži finansijske procjene potrebnih sredstava po podsektorima okoliša za usklađivanje sa zahtjevima EU legislative za svaki od podsektora i vremenski period u kojem BiH te zahtjeve može ispuniti. U tim procjenama posebna pažnja je posvećena ispunjavanju zahtjeva „finasijski teških direktiva", a u oblasti voda to su EU Direktiva o vodi za piće, Direktiva o urbanim otpadnim vodama, te Direktiva o poplavama. Rezultat tih procjena je da na ispunjenje zahtjeva EU direktiva u oblasti voda u BiH otpada 54% ukupnih sredstava za usklađivanje svih osam podsektora okoliša BiH sa EU zahtjevima što iznosi cca 7031,00 milion EURA (diskontovana vrijednost na 2013. godinu sa stopom od 5%,) slijedi kvalitet zaraka sa 28% i upravljanje otpadom sa 14%, a na ostale podsektore okoliša otpada preostalih 4% od ukupno potrebnih sredstava za aproksimaciju u oblasti okoliša.

2.2. Efekti donesenih politika

Navedeni podatak treba pokrenuti BH vlasti da što prije otpočnu sa donošenjem DSIP-a, tj. planova implementacije Direktive o vodi za piće i Direktive o urbanim otpadnim vodama kao osnove za provođenje mjera unaprijeđenja vodnih usluga, jer za dostizanje standarda utvrđenih EAS-om BiH, procijenjeni rokovi za usklađivanje su duži od 20 godina. Navedeni standard podrazumijeva dostizanje obuhvata 96% stanovništva vodom za piće i 88% stanovništva uslugama kanalizacije i prečišćavanja otpadnih voda. Urgentnost postupanja je nedvojbena i po pitanju DSIP-a za Direktivu o poplavama i mjera zaštite od poplava koje treba implementirati što prije u svrhu smanjenja rizika od poplava i prevencije katastrofalnih poplava 2014. godine i sličnih događaja koji se i dalje javljaju.

Potrebno je imati uvidu da je, u momentu izrade EAS BiH, 2013. godine, prognozirani rok za ispunjenje zahtjeva iz prve dvije direktive bio 2034. godina, a sada je, zbog zastoja u donošenju i provođenju EAS-a, to vjerovatno 2040. godina ili i dalje . Ovo pokazuje koliko sporost u donošenju i provedbi donesenih politika, udaljava BiH od progresa i na domaćem planu i na polju ispunjavanja uslova za članstvo u EU. Obzirom da je donošenje navedenih planova utvrđenih EAS-om BiH preduslov za korištenje sredstva iz fondova EU, a zbog nepostojanja strategije okoliša na državnom nivou, proces planiranja EU za sredstva IPA II za razdoblje 2014 - 2020. godine završen je bez podrške sektoru okoliša u BiH.

Usvajanje EAS BiH i entetskih provedbenih dokumenata 2017. godine osiguralo je uključivanje sektora okoliša BiH u IPA II program EU u preostalom periodu važenja tog instrumenta, te su pripremljeni Strateški planski dokument (SPD) za podršku BH okolišu iz sredstava IPA II fonda za period 2018.-2020. godine i akcioni dokumenti za IPA 2018. i IPA 2020. godinu (AD-i), te Jedinstvena lista infrastrukturnih projekata za oblast okoliša u BiH (SSPP).

Time je osigurano da se dobije jedan manji dio sredstava iz ovog fonda EU u odnosu na sredstva koja je BiH mogla dobiti za oblast okoliša da je do 2014. godine imala usvojenu strategiju okoliša na državnom nivou. Takođe je time djelimično i otklonjena dilema o posvećenosti BiH ispunjavanju međunarodno prihvaćenih obaveza u oblasti okoliša, koje su proistekle iz SSP-a.

Međutim, i dalje nepune 3 godine od donošenja EAS-a BiH kroz aktivnosti nadležnih organa nije došlo do njegove značajnije implementacije ni u pogledu donošenja drugih strateških planskih dokumenta definiranih EAS-om niti je uspostavljen sistema za praćenje provedbe EAS-a BiH i entitetskih provedbenih dokumenata EAS-a. To je konstatovano u Analitičkom izvještaju i Mišljenju EU iz maja 2019. godine i te aktivnosti su uključene u Akcioni plan mjera za realizaciju prioriteta za oblast okoliša.

2.3. Donesene politike na nivou entiteta

Obzirom na izvornu ustavnu nadležnost za vode (i okoliš u cjelini) datu entitetima i BD BiH, na tim nivoima, još mnogo ranije nego na nivou BiH, su uspostavljene institucije i pravni okvir u vidu sistemskih i materijalnih propisa iz oblasti voda i doneseni slijedeći strateški dokumenti:

- Strategija upravljanja vodama Federacije BiH (2010.-2022.),
- Strategija zaštite okoliša Fedracije BiH (2008-2018), koja je upravo istekla i
- Strategija integralnog upravljanja vodama RS (2014.-2024.)

Radi preciznosti naglašava se da su entitetska tijela nadležna za oblast okoliša i pripadajućih podsektora u potpunosti involvirana i u donošenje politika na nivou BiH.

Entitetska ministarstva za vode i agencije za vode su kroz projekat jačanja kapaciteta u sektoru voda u BiH uz podršku EC osigurala izradu prvih planova upravljanja vodama vodnih područja u F BiH, RS-u i BD BiH sa programima mjera za period 2016.-2021. godine. Isti su prošli propisane postupke uključivanja javnosti, te postupak fiskalne procjene odgovornosti, te su od strane vlada entiteta usvojeni slijedeći dokumenti :

- Planovi upravljanja vodama vodnog područja rijeke Save i Jadranskog mora u F BiH za period (2016.-2021.)
- Planovi upravljanja vodama oblasnog riječnog sliva rijeke Save i Trebišnjice u RS-u za period (2016.-2021.)
- Plan upravljanja vodama vodnog područja rijeke Save u BD BiH za period (2016.-2021.)

U okviru Ministarstva vanjske trgovine i ekonomskih odnosa BiH u toku je izrada i usaglašavanje Krovnog izvještaja entitetskih planova upravljanja vodama vodnog područja Save i Jadranskog mora u BiH za period (2016.-2021), koji će obuhvatiti izvještaje o karakterizaciji i programe mjera iz entitetskih planova i plana BD BiH .

Vrlo važan podatak za oblast voda i okoliš u cjelini, je da su procjene potrebnih sredstava za provođenje mjera iz programa mjera planova upravljanja vodama utvrdile da se, preko 95% ukupno procjenjenih sredstava u iznosu od 955,00 mil. KM (742,00 za VP Save i 213,00 za VP J. more) za realizaciju mjera iz oba plana u FBiH, odnosi na mjere kojima se postiže unaprijeđenje usluga vodosnabdijevanja, kanalizacije i prečišćavanja otpadnih voda.

To pokazuje koliko su vodne usluge bitan elemenat planiranja za upravljanje vodama vodnih područja jer direktno utiču na postizanje održivog korištenja voda i dobrog stanja svih vodnih tijela, što je cilj upravljanja vodama na vodnim područjima. Stoga je pravno i institucionalno integrisanje vodnih usluga (vodosnabdijevanje, odvođenje i prečišćavanje otpadnih voda) u oblast okoliša (podsektor voda) potrebno sveobuhvatno sagledati u smislu postizanja njihove održivosti i smanjenja njihovog uticaja na stanje voda .

Odluku o tome i odgovarajuće pravne akte, potrebno je donijeti kroz aktivnosti pripreme i provođenja novog projekta modernizacije vodnih usluga u BiH, a uključenost vodnih usluga u postojećim planskim dokumentima iz oblasti voda je ustaljena.

Izrada i inoviranje planova upravljanja vodama svakih šest godina je obaveza iz Zakona o vodama i već je objavljen oglas za izradu planova upravljanja vodama u drugom planskom ciklusu 2022.-2027. godine o čijem radnom planu i toku izrade je obavještena zainteresovana javnost.

Obzirom na naprijed navedene procjene potrebnih sredstava i za oblast okoliša ukupno i za segment vodnih usluga, prioritetna je potreba da BiH osigura uslove za korištenje u kontinuitetu sredstava iz EU fondova IPA za podršku ovim oblastima, jer su drugi izvori grant sredstava i budžeti na svim nivoima u BiH za ove namjene nedovoljni.

2.4. Nedostaci postojećih politika

Za donesene strateške dokumente entiteta iz oblasti voda i okoliša kao i druge akte politika i planiranja, kao što su kantonalni i općinski akcioni planovi okoliša (LEAP), je tokom izrade EAS-a BiH i entitetskih provedbenih planova EAS- a konstatovano da čine nedovoljan okvir za aproksimaciju sa EU zahtjevima u periodu 2014. - 2020. godine kao i za odgovarajuće planiranje tehničke i finansijske pomoći EU, koja se trebala obezbijediti u istom periodu.

Navedeni nedostatak entitetskih strategija je posebno dobio na težini po donošenju EAS BiH i entitetskih provedbenih planova EAS-a, pa se što prije treba iznaći način za njegovo prevazilaženje u vidu donošenja novih politika na nivou BiH (kao što su DSIP-i, politika okoliša i dr.), jer su iste preduslov kod daljeg programiranja za IPA i druga sredstva EU i drugih stranih davaoca.

U okviru aktivnosti koje su provedene u svrhu otpočinjanja izrade novih entitetskih i BH strategije okoliša je utvrđeno da je i obuhvat EAS-a BiH i entitetskih provedbenih dokumenata EAS-a ograničen za ukupan budući razvoj u oblasti okoliša, te da je neophodno donijeti sveobuhvatan strateški dokument u oblasti okoliša u BiH koji će sadržavati plan za donošenje budućih mjera i investicije u ovom sektoru, kao i efikasne mehanizme za njihovo provođenje.

Drugi nedostaci donesenih planskih dokumenta u ovoj oblasti proizilaze iz teškoća u njihovom provođenju i praćenju dostizanja utvrđenih ciljeva i izvještavanja, a što je uglavnom posljedica nepostojanja titulara koji upravlja implementacijom ili bar vrši koordinaciju nosilaca implementacije pojedinačnih mjera i aktivnosti iz tih dokumenata.

U vezi sa ovim pitanjem preovladava mišljenje da najveći nedostatak postojeće politike u oblasti ukupnog okoliša, pa time i voda, u BiH priozilazi iz složenosti i fragmentiranosti pravnog i institucionalnog sistema u ovoj oblasti, a pogotovo u Federaciji BiH.

Takva situacija i podjela vodotoka na površinske vode I. i površinske vode II. kategorije, koja se koristi najviše u svrhu razgraničenja nadležnosti, u Federaciji BiH u prvi plan stalno stavlja probleme podijeljenih i zajedničkih nadležnosti, što je preovlađujući pristup politike voda u Federaciji BiH u kome se zanemaruje suština i težina pojedinačnih i značajnih pitanja upravljanja vodama.

Kod donesenih planskih dokumenata, ovaj pristup umanjuje rezultate provedbe ili čak onemogućava provedbu mjera iz tih planova, što se dešava i na implementaciji Strategije upravljanja vodama, i kod implementacije programa mjera uz I. planove upravljanja vodama u Federaciji BiH. Naime, pošto organi i subjekti zaduženi za provođenje pojedinačnih

mjera u tim dokumentima nisu adekvatno koordinirani, izvođenje tih mjera od strane različitih subjekata se ne usklađuje vremenski i sadržajno, pa se ni efekti na vodno tijelo ne postižu u zadatim rokovima.
Zbog toga je neophodno pravno definisati i organizaciono uspostaviti tijelo za upravljanje implementacijom mjera iz planova, i time eliminisati postojeći pristup i kod planiranja i kod implementacije planskih dokumenata.
I pored opisanih nedostataka i teškoća, za sada ni u Federaciji BiH gdje je situacija najsloženija, nema procjena koliko postojeći raspored nadležnosti, administrativnog i institucionalnog ustroja umanjuje stvarne mogućnosti za rješavanje suštinskih i značajnih pitanja upravljanja vodama, te koliko koči održivi razvoj sektora voda.
Takođe nema ni naznaka spremnosti institucija i tijela za bilo kakve promjene postojeće institucionalne postavke, a pogotovo promjena nadležnosti čak i kada se postojeće ne mogu izvršavati.To dovoljno potvrđuju dugogodišnji zastoji kod usvajanja pripremljenih izmjena postojećih ili prijedloga novih propisa propisa.
Aktuelni primjer je izrada radnog teksta uredbe o metodologiji za određivanje najniže cijene vodnih usluga u Federaciji BiH, kao podzakonskog propisa Zakona o vodama za usvajanje na nivou Federacije BiH, gdje neki kantoni osporavaju nadležnost za donošenje, iako nemaju primjedbe na rješenja u propisu i njegove efekte na rad javnih komunalnih preduzeća i pružanje usluga.
Opisani nedostaci kod donošenja i provedbe usvojenih politika su rješivi kroz izmjene propisa i ukupne prakse, ali se i usaglašavanje sa zainteresiranim stranama teško postiže, a što je predusov za slanje akata u proceduru donošenja.

3. PRISTUP KA ODRŽIVOSTI

Opisano stanje po pitanju politika je potvrđeno i kroz više realizovanih projekata kao što je Envis BiH (EC), čiji rezultati su ponudili brojna rješenja za unaprijeđenje cjelokupnog BH okoliša ali je njihovo usvajanje neizvjesno i presporo, a provedba donesenih planova neadekvatna.Upozorenje za neminovnu promjenu takvog pristupa je dato kroz Analitički izvještaj i Mišljenje EU i uvaženo kroz Akcioni plan za realizaciju prioriteta iz Mišljenja za poglavlje: Okoliš.
Pozitivni ishodi projekata GoALWaSH i MEG (UNDP), su predložili rješenja za postepeno postizanje održivosti vodnih usluga u BiH, dali prijedlog metodologije za obračun tarifa vodnih usluga i uvjeta za njenu primjenu, te vrše uspješno testiranje njene primjenjivosti u 18 općina u BiH i prije formalnog usvajanja te uredbe, što je aktivan razvojni pristup.
Formalno donošenje takve legislative, stvara izglede da se promjene pristupa kod utvrđivanja cijene vode i postizanja održivosti vodnih usluga i provedu. Indikativno je da je u RS-u već na prvom predstavljanju ovog propisa iskazana zainteresiranost nadležnih i korisnika za njegovo usvajanje.
S druge strane, održivo upravljanje vodnim resursima i politika voda koja vodi u pravcu razvoja nema izgleda bez primjene ekonomskih instrumenata i principa. kao što su : „korisnik plaća“, „zagađivač plaća“, puna naplata naknade za vodne usluge i „puni povrat troškova“ vodnih usluga.
U oblasti voda u BiH su već dugo prisutni pomenuti principi „korisnik plaća“ i „zagađivač plaća“, kroz obaveze plaćanja vodnih naknada, a instrument ekonomske analize svakog korištenja voda je tek u početnoj fazi primjene, a značajnije treba biti iskorišten kod izrade II ciklusa planova upravljanja vodama koja je u toku.
Stvarni uticaj na održivost upravljanja vodama će se vršiti kroz vodne tarife koje treba da se utvrde po novoj metodologiji i postepeno dovedu i vodne usluge i izgrađene objekte u stanje održivosti.

Za aktivan pristup održivosti je neophodno što prije dati odgovore vlasti po pitanju koncesija za korištenje voda, uspostave sistema koji će osigurati da svi postojeći i budući korisnici voda potpišu ugovore o koncesijama sa naknadama, te o procjeni koristi i sredstva koja bi se time mogla ubrati i usmjeriti u razvoj.
U nedostatku drugih mogućnosti, a u svrhu osiguranja uslova za korištenje fondova EU u sektoru okoliša, resorna entitetska ministarstva okoliša su zatražila tehničku pomoć za BiH za izradu novih politika okoliša za nivo entiteta i BD BiH.
Podrška je dobijena od Ambasade Kraljevine Švedske u BiH, uz uslov da se uz zahtijevane entitetske strategije okoliša izradi i strategija okoliša na nivou BiH za čije je donošenje obaveza utvrđena u EAS-u BiH.
Na tom osnovu ima izgleda da politiku voda usmjerenu ka postizanju održivosti sektora, BiH institucije pripreme u sklopu pomenute tehničke pomoći i podrške za izradu entitetskih i državne strategije okoliša u BiH (pod nazivom ESAP BiH).
Do sada je za njegovu izradu pripremljen projektni dokument i metodologija izrade, te odobrena finansijska podrška Švedske razvojne agencije (SIDA) .

4. NOVA POLITIKA VODA U OKVIRU IZRADE ESAP-A BiH

Ambasada Kraljevine Švedske u BiH je u okviru podrške za izradu državne i entitetskikih strategija okoliša angažovala Štokholmski institut za okoliš

(SEI) koji je procijenio da postoji mogućnost izrade jedinstvenog dokumenta strategije i akcionog plana okoliša za BiH i osmislio način i provedbeni plan za izradu strategije okoliša.
Rezultat procjene SEI-a je projektni dokument izrađen na osnovu analize postojećih dokumenata politika i relevantnih propisa, te drugih raspoloživih podataka. Predložena metodologija rada na izradi ovog dokumenta je uvažila institucionalnu raspodjelu nadležnosti u oblasti okoliša na nivoima BiH, FBiH, RS i BD BiH, kao i važeće zakonske odredbe u pogledu sadržaja, procedura za izradu strategije okoliša na nivou entiteta i BD BiH.
Planira se izraditi ESAP BiH za period do 2030. i dalje , a sadržavati će i strategije i akcione planove okoliša za FBiH, RS i BD, ali i aktivnosti koje treba provesti na nivou BiH (napr. praćenje provedbe ESAP-a BiH).
ESAP BiH će predstavljati krovnu strategiju u kojoj će, uz pristup od nižeg prema višem nivou, biti utvrđeni zajednički strateški ciljevi i načela za BiH, kao i tematski ciljevi i konkretni zadaci, te provedive mjere i aktivnosti za sve nivoe vlasti u skladu sa podsektorima iz pravne stečevine EU u oblasti okoliša.
ESAP BiH i entitetski dokumenti ESAP FBiH, RS i BD BiH uključivaće i podsektor upravljanja vodama i isti će biti obrađen na istom nivou kao i ostali podsektori okoliša.
Jedinstveni dokument ESAP-a BiH sa entitetskim dokumentima ESAP-a za FBiH, RS i BD BiH će biti ključni instrument za podršku nadležnim organima u stvaranju uslova za održivost okoliša u narednoj deceniji i poboljšanje zdravlja stanovništva i dobrobiti za sadašnje i buduće generacije u BiH.
Istovremeno će ESAP BiH pomoći u utvrđivanju najvažnijih prioritetnih aktivnosti i usmjeravanju domaćih i međunarodnih investicija u konkretne mjere usmjerene na poboljšanje stanja okoliša, postizanje usaglašene cjelodržavne provedbe pravne stečevine EU u oblasti okoliša i doprinijeti usklađenijem i efikasnijem upravljanju sektorom okoliša u BiH.
Jedinstvenim dokumentom ESAP-a BiH sa entitetskim dokumentima će se rukovoditi aktivnosti na nivou politike u cilju poboljšanja stanja okoliša, smanjenja uticaja na klimu i jačanja otpornosti okoliša na uticaj klimatskih promjena, bolje aproksimacije sa propisima EU i međunarodnim sporazumima u oblasti okoliša, te osiguranja održivijih javnih usluga vodosnabdijevanje, odvođenja i tretmana otpadnih voda, te upravljanja otpadom.

Pored toga, metode izrade ESAP-a BiH su isplanirane tako da doprinesu jačanju kapaciteta organizacija, institucija, mreža i drugih aktera u BiH u oblasti okoliša i svih uključenih podsektora, te jačanju svijesti o okolišu među građanima BiH.

BiH ESAP će sadržavati procjene troškova za predložene mjere i aktivnosti potrebne za ostvarivanje strateških ciljeva na nivou BiH, entiteta i BD BiH, koje će poslužiti kao smjernice za prioritizaciju domaćih i stranih investicija. Tako će ovaj strateški dokument osigurati okvir dugoročnog planiranja, čime će se omogućiti bolja usklađenosti najboljih praksi i mjera u cijeloj zemlji te olakšati proces praćenja i izvještavanja o realizaciji postavljenih ciljeva i zadataka, kao i praćenje napretka postupka usklađivanja sa propisima EU.
Za potrebe pripreme ESAP-a za entitete i BD BiH biće izrađeni i izvještaji o strateškim procjenama stanja okoliša (SEA).

5. ZAKLJUČAK

Izradom ESAP-a BiH, većina nedostataka postojećih politika treba biti otklonjena, tako da oblast okoliša u BiH i svi njegovi podsektori , uključujući i vode, imaju priliku donijeti politiku koja će omogućiti i bolje stanje okoliša i veću održivost , što je ujedno odgovor na pitanje iz uvoda ovog rada.

SEKTOR VODA U PROCESU EU INTEGRACIJA

WATER SECTOR IN EU INTEGRATION PROCESS

Dr. Alma Imamović, dipl.ing.građ.
Federalno ministarstvo poljoprivrede vodoprivrede i šumarstva,
Hamdije Čemerlića br. 2, 71.000 Sarajevo,
email: alma.imamovic@fmpvs.gov.ba

Elma Kuldija, dipl.ing.građ.
Federalno ministarstvo poljoprivrede, vodoprivrede i šumarstva, Sektor za vode,
Hamdije Čemerlića 2, 71000 Sarajevo,
e-mail: elma.kuldija@fmpvs.gov.ba

Sažetak: Svaka zemlja koja podnosi zahtjev za članstvo u Evropskoj uniji mora biti spremna da prihvati acquis u potpunosti i, što je jednako važno, mora biti sposobna da ga provede. U procesu dobijanja kandidatskog statusa Bosna i Hercegovina je morala odgovoriti na upitnik Evropske komisije koji je razmatrao usaglašenost sa pravnom stečevinom EU za 33 poglavlja. Oblast upravljanja vodama obrađena je kroz poglavlje 27. – Okoliš i klimatske promjene. U radu je prikazano koje odgovore je tražila EK kada je u pitanju oblast upravljanja vodama, kakva su bila dodatna pitanja EK, zatim kako je ocijenjeno stanje u Sektoru voda u našoj zemlji u Mišljenju Komisije o zahtjevu Bosne i Hercegovine za članstvo u Evropskoj uniji, te šta za oblast voda sadrži Akcioni program koji je pripremljen za dostizanje preporuka iz ovog mišljenja.

Ključne riječi: Upravljanje vodama, Odgovori na upitnik EK, Mišljenje EK

Abstract: Every country applying for the European Union membership must be prepared to completely accept the EU acquis and, equally important, must be able to implement it. In the process of obtaining candidate status, Bosnia and Herzegovina had to respond to the European Commission questionnaire assessing the compliance with the 33 chapters of the EU acquis. The area of water management is addressed through Chapter 27 - Environment and Climate Change. This paper shows what were the answers to the EC questions about the water management in BiH, what were the EC additional questions, how the situation in the Water Sector in our country was assessed in the Commission Opinion on the application of Bosnia and Herzegovina for EU membership, and what has been prepared for Water Management in the Action Program to meet the recommendations of this Opinion.

Key words: Water Management, answers to the EC questionnaire, the Opinion of the European Commissio

1. UVOD

Acquis communautaire je pravna stečevina EU i predstavlja jedan je od najznačajnijih pravnih i političkih principa evropskih integracija. Acquis je skup prava i obaveza koje sve države članice obavezuju i povezuju unutar Evropske unije (dei.gov.ba). Obzirom da se acquis odnosi na ukupna prava, obaveze i predanost Zajednici, stavlja se u rang ustavnog principa i smatra se da je to uvjet o kome se ne može pregovarati.

Svaka zemlja koja podnosi zahtjev za članstvo u Evropskoj uniji mora biti spremna da prihvati acquis u potpunosti i, što je jednako važno, mora biti sposobna da ga provede (dei.gov.ba). Na koji način će se acquis prihvatiti i provoditi utvrđuje se tokom pregovora o članstvu u EU koje država kandidatkinja vodi s državama članicama. EU acquis podijeljen je na poglavlja pregovora.

U procesu dobijanja kandidatskog statusa Bosna i Hercegovina je morala odgovoriti na upitnik Evropske komisije koji je razmatrao usaglašenost sa pravnom stečevinom EU za 33 poglavlja. Oblast upravljanja vodama obrađena je kroz poglavlje 27. – Okoliš i klimatske promjene.

Pitanja iz Upitnika EK za poglavlje 27 - oblast upravljanja vodama

U okviru poglavlja 27 – Okoliš i klimatske promjene za BiH je postavljeno 143 pitanja definirana kroz dva poglavlja: Opšta politika zaštite okoliša i klimatskih promjena (od 1 do 18) i Sektorske politike zaštite okoliša i klimatskih promjena, koje uključuje dio Horizontalnog zakonodavstva i 8 oblasti. Oblast upravljanja vodama trebala je dati doprinos za 25 pitanja, a posebno odgovoriti na pitanja u vezi sektorske politike koja razmatra Kvalitet voda (pitanja od broja 50 do 65).

Generalno, pitanja za oblast okoliša trebala su prikazati kakav je odnos svih nivou vlasti prema utvrđivanju strateških ciljeva, definiranju akcionih planova, osiguranju finansijskih, stručnih i svih drugih potrebnih resursa za dostizanja ciljeva, kao i na koji način se osigurava usklađenost propisa i politika u oblasti okoliša sa propisima EU u toj oblasti i koje su glavne poteškoće sa kojima se institucije u BiH suočavaju.

Potrebno je bilo opisati koji su mehanizmi za praćenje poštivanja propisa iz oblasti okoliša, njihove primjene i provedbe, kakav je sistem inspekcijskoga nadzora u oblasti okoliša – nadležni organi, učestalost inspekcijskih kontrola, odredbe vezane za planiranje, izvođenje, praćenje i izvještavanje o inspekcijskim kontrolama, itd.

Evropska komisija je tražila i podatke koji se odnose na ekonomske instrumente (porezi, carine, sistem dozvola, itd.) koji se koriste u politici okoliša. Posebno je bilo potrebno navesti udio ekoloških taksi u ukupnim poreskim prihodima i BDP-u i procenat BDP-a koji se troši na zaštitu okoliša, kao i šta BiH čini kako bi se uspostavio djelotvoran i trajan sistem finansiranja ekoloških i klimatskih mjera, uključujući značajna infrastrukturna ulaganja i stabilno finansiranje osnovnih usluga, kao što je monitoring životne sredine.

U okviru pitanja koja su vezana za kvalitet voda EK tražila je da se opiše pravni osnov za zaštitu voda i upravljanje vodnim resursima u BiH, sa posebnim osvrtom na:

- pitanja kvaliteta i količine voda, podzemnih i površinskih voda, kvaliteta vode za piće, kvalitet vode za kupanje, te kvaliteta vode za život ribe i uzgoj školjki,
- obuhvat principa kao što su sprječavanje zagađenja na izvoru, kontrola emisija i standardi kvaliteta vode kroz postojeće propise u oblasti voda,
- sistem za prethodno regulisanje putem propisa odnosno posebnih odobrenja za eksploataciju vode iz podzemnih voda i površinskih voda, kao i skladištenje i rukovanje materijama koje ugrožavaju ili mogu ugroziti vode,
- nadležnost BiH institucija za postupke planiranja i prethodnog regulisanja putem propisa i/ili posebnih odobrenja, te na koji način je osigurana koordinacija različitih organa uključenih u planiranje i provođenje politika i propisa u oblasti voda,
- trenutno stanje sistema za praćenje standarda kvaliteta vode, nitrata, vode za piće, podzemnih voda i vode za kupanje, koji su glavni izvori zagađenja, te kakvo je trenutno stanje u vezi sa provođenjem Nitratne direktive,
- uspostavu registra zaštićenih područja u skladu sa Okvirnom direktivom o vodama EU (ODV),
- način na kojima se uspostavlja sistem upravljanja riječnim slivovima kako bi se osiguralo upravljanje kvalitetom i kvantitetom vode, kao i upravljanje rizikom od poplava,
- saradnju sa susjednim zemljama sa kojima Bosna i Hercegovina dijeli riječne slivove,
- podatke koji oslikavaju upravljanje komunalnim otpadnim vodama, broju i učinku postrojenja za prikupljanje i prečišćavanje otpadnih voda, procenat povezanosti stanovništva i industrije sa sistemima za prikupljanje i postrojenjima za prečišćavanje otpadnih voda u BiH,

- sistem za podsticanje svih zainteresovanih strana da aktivno učestvuju u upravljanju riječnim slivom,
- kvalitet vode za piće koju ljudi dobijaju iz javnog sistema vodosnabdijevanja i kakva je usklađenost sa važećim propisima u BiH;

Dodatno EK je postavila pitanja koja su se odnosila na investicije odnosno koliko je uloženo u okoliš i okolišnu infrastrukturu (u cilju usklađivanja sa acquis-em) u određenom periodu i kakvi su budući planovi za kratkoročna, srednjoročna i dugoročna ulaganja u okolišnu, a time i vodnu infrastrukturu, jačanje kapaciteta ovog sektora, te jačanje administrativnih kapaciteta i dodjeljena budžetska sredstva.

Odgovori na pitanja iz Upitnika EK za poglavlje 27 - oblast upravljanja vodama

Odgovore na pitanja iz Upitnika EK davale su različite institucije sa svih nivoa vlasti u BiH, od jedinica lokalne uprave, preko nadležnih institucija kantona, entiteta, te predstavnika nadležnih institucija na nivou BiH, a prije svega Sektora za vodne resurse, turizam i zaštitu okoliša MVTEO BiH u čijoj nadležnosti je koordiniranje međunarodne saradnje u oblasti upravljanja vodama.

Uvidom u pripremljene odgovore uočeno je da je pitanje nadležnosti pojedinih institucija, odnosno nivoa vlasti i u ovom slučaju uticalo na kvalitet odgovora, odnosno u mnogim odgovorima bilo je evidentno „preplitanje nadležnosti“, posebno između Federacije BiH i kantona. U nekim odgovorima takođe se mogla primjetiti neusaglašenost strateških ciljeva i planova. Ipak, odgovori koji su dati za oblast okoliša pokazali ozbiljnost pristupa BiH u procesu usklađivanja sa EU aquis-om i napredak u nekim oblastima u okviru Poglavlja 27.

Nedostatak koordinacije između različitih nivoa vlasti bio je posebno evidentan u odgovoru u vezi ulaganja u okoliš i infrastrukturu okoliša (u cilju usklađivanja sa acquis-em u oblasti okoliša) u posljednje četiri godine, te budućih planova za kratkoročna, srednjoročna i dugoročna ulaganja. Koordinacija izostaje i kada su u pitanju mehanizmi za praćenje poštivanja propisa iz oblasti okoliša, njihove primjene i provedbe, sistem inspekcijskog nadzora nadležne organe, učestalost inspekcijskih kontrola, i dr.

Nadležne institucije su u svom odgovoru o investicijama u oblasti okoliša navele da u Bosni i Hercegovini ne postoji sistemsko i metodološki ujednačeno prikupljanje podataka o ulaganjima u okoliš i infrastrukturu okoliša. Nadalje, da nije moguće konstatovati da li je riječ isključivo o investicijama koje su realizirane ili planirane s ciljem usklađivanje s acquis-em u oblasti okoliša, obzirom da se evidencija po tom osnovu ne vodi.

Međutim, izuzetak u tom smislu jesu investicije u oblasti voda, s obzirom da se sprovode obaveze koje proizlaze na osnovu entitetskih zakona o vodama, a koji su usklađivani s Direktivom 2000/60/EC.

Često su investicije i projekti koji su realizirani bili navođeni na svim nivoima posebno kada su u pitanju grant sredstva IPA koja su aplicirana i odobrena putem državnog i entitetskog nivoa, a implementirana direktno na lokalnim nivoima, što je stvaralo konfuziju i netačan prikaz konačno uloženih sredstava. U cilju prevazilaženja ovih problema u odgovorima je navedeno da je neophodno da se osigura integrirani, funkcionalni i transparentni javni informacioni sistem za upravljanje javnim investicijama unutar kojeg se nalaze podaci o investicionim projektima, prikupljenim donatorskim sredstvima, kreditnim sredstvima, vlastitim ulaganjima, kao i ostali podaci za upravljanje javnim investicijama. Ovaj sistem je uspostavljen – PIMIS (enlg. Public Investment Management Information System), međutim ažuriranje i primjena su još uvijek ograničene.

Prema odgovorima koji su dali presjek stanja vezano za nadzor nad provedbom propisa, odnosno inspekcijski nadzor u oblasti okoliša evidentan je problem nedostatka efikasnosti sistema inspekcije i monitoringa okoliša, kao i nedostatak centralne baze podataka.

Dodatna pitanja EK za poglavlje 27 - oblast upravljanja vodama

Nakon uvida u dostavljene odgovore na Upitnik EK, zatražena su pojašnjenja na 22 odgovora u poglavlju 27. - Okoliš i klimatske promjene, od čega su za oblast kvalitet voda dodatna pitanja bila upućena za tri odgovora (50, 52 i 55). Od BiH se tražilo da dodatno pojasni:

- usklađenost sa Direktivom o uspostavljanju okvira za djelovanje Zajednice u području politike morskog okoliša (MSFD – Direktiva 2008/56/EZ) i njenoj primjeni,
- koja konkretna pitanja nisu usklađena sa Direktivom o vodi za piće u FBiH (obaveze praćenja i primjena pristupa zasnovanog na riziku, različite parametarske vrijednosti, definicija vode za ljudsku potrošnju), kao i
- u kojoj mjeri će planirano donošenje propisa o kriterijima za kupališta doprinijeti potpunom usklađivanju sa Direktivom o upravljanju kvalitetom vode za kupanje.

Također, EK je tražila jasniju i koncizniju sliku o podjeli nadležnosti, kao i više pojedinosti o

- usklađivanju propisa FBiH sa Direktivom Vijeća 91/271/EEZ (UWWTD), odnosno
  - da li su granične vrijednosti usklađene sa ovom Direktivom i
  - da li su obaveze pročišćavanja povezane sa veličinom aglomeracije.
- neusklađenosti sa važećim propisima, odnosno
  - rješavanju pitanje visokog nivoa neusklađenosti vode za piće sa važećim propisima (npr. unapređenje mreže / infrastrukture, intenzivniji nadzor i monitoring, itd.),
  - koje korektivne mjere se poduzimaju u slučaju kada voda za piće nije u skladu sa zadanim parametrima, te
  - da li se stanovništvo propisno obavještava o neusklađenostima?

Odgovori na dodatna pitanja EK za poglavlje 27 - oblast upravljanja vodama

Među odgovorima koje je BiH dala na dodatna pitanja EK za oblast upravljanja vodama bitno je izdvojiti:

- Pojašnjenje koje je dato za usklađenost sa MSFD - Direktivom 2008/56/EC vezano je za nadleđnost, odnosno obzirom da su Direktive EU međunarodni dokumenti, te da su morske vode BiH dio međunarodnih voda, nadležnost je na državnom ministarstvu (MVTEO BiH) ukoliko nije drugačije dogovoreno, pa se ovo odnosi na navednu direktivu. Izlaz na Jadransko more i obalno područje u BiH čini obala dužine 24,0 km u Općini Neum, u Hercegovačko -neretvanskom kantonu i teritorijalno pripada Federaciji BiH. Obzirom da je Zakon o vodama FBiH usvojen 2006 godine, odnosno prije MSFD direktive nije uspostavljena ni njena primjena. U Zakonu o vodama FBiH („Službene novine Federacije BiH“ broj 70/06) morske vode su tretirana u skladu sa odredbama Okvirne direktive o vodama;
- Prema članu 72. Zakona o vodama FBiH predviđeno je donošenje podzakonskog akta koji će omogućiti djelimičnu usklađenost sa odredbama Direktive EU o upravljanju kvaliteta vode za kupanje 2006/7/EZ, što je planirano sa rokom do 2021. godine, do kada važe I Planovi upravljanja vodama u FBiH. Puna usklađenost će se postići donošenjem novog Zakona o vodama FBiH i podzakonskih akata po tom propisu;

Data su pojašnjenja koja se odnose na usklađivanje propisa FBiH sa Direktivom urbanim otpadnim vodama Vijeća 91/271/EEZ, a vezana su za Uredbe o uslovima ispuštanja otpadnih voda u okoliš i sisteme javne kanalizacija ("Službene novine Federacije Bosne i Hercegovine", br. 101/15, 01/16, 101/18), kojom je prenesena većina odredbi i zahtjeva UWWTD uključujući i granične vrijednosti emisija. Uredbom su obaveze prečišćavanja urbanih otpadnih voda naselja povezane sa veličinom aglomeracija, tako što su većim aglomeracijama propisani kraći rokovi i viši stepen prečišćavanja.

Na pitanje kojim se tražilo dodatno pojašnjenje o neusklađenosti propisa u BiH sa direktivom o vodi za piće, unapređenju infrastrukture i nadzora, te obavještavanju stanovništva odgovori su dati kroz tumačenje Pravilnika o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće ("Službeni glasnik BiH", br. 40/10, 43/10, 30/12 i 62/17), datoj od strane Agencije za sigurnost hrane BiH i Zavoda za javno zdravstvo FBiH.

Kada su u pitanju sistemi vodosnabdijevanja u Federaciji BiH, nema ukupnog pregleda unaprjeđenje infrastrukture radi usklađivanja sa Direktivom o vodi za piće, obzirom da se mjere unapređenja realiziraju kroz različite projekte na različitim nivoima. Vlada FBiH je naložila Agencijama za vode i Federalnom fondu za zaštitu okoliša da uspostave Centralni informacioni sistem voda (CISV) u koji će se unijeti svi podaci o postojećem stanju javnih i lokalnih vodovoda, finansijska ulaganja, te efekti postignuti realizacijom investicionih projekata.

Mišljenje Komisije o zahtjevu BiH za članstvo u Evropskoj uniji

Evropska unija promoviše snažne mjere kao odgovor klimatskim promjenama, održivi razvoj i zaštitu okoliša. Pravo EU sadrži odredbe koje se odnose na klimatske promjene, kvalitet vode i zraka, upravljanje otpadom, zaštitu prirode, industrijsko zagađenje, kemikalije, buku i civilnu zaštitu.

Sporazum o stabilizaciji i pridruživanju zahtijeva da se razvije i ojača saradnja u oblasti okoliša sa osnovnim zadatkom da se zaustavi dalja degradacija i počne poboljšavati stanje okoliša sa ciljem održivog razvoja. U skladu sa ciljevima EU naročito je važno jačanjem upravnih struktura i procedura osigurati strateško planiranje u oblasti okoliša i fokusirati se na usklađivanje propisa BiH sa acquis-em.

Generalno o sektoru okoliša

Prema ustavnom i zakonskom okviru, nadležnosti za okoliš i klimatske promjene su pretežno na nivou dva entiteta i Brčko Distrikta. U Federaciji BiH nadležnosti su podijeljene između Federacije BiH i kantona. Državni nivo izrađuje politiku i usklađuje i koordinira aktivnosti i planove entiteta koji imaju međunarodnu dimenziju. On ima ustavnu odgovornost da

predstavlja i obavezuje zemlju na međunarodnom nivou.

Na državnom nivou Ministarstvo vanjske trgovine i ekonomskih odnosa je odgovorno za izradu politika i osnovnih načela te za koordinaciju aktivnosti i usklađivanje entitetskih planova relevantnih za međunarodne odnose glede životne sredine i klimatskih promjena.

U Mišljenju EK prepoznato je da entitet Republika Srpska osporava nadležnosti državnog nivoa, koji po ustavu predstavlja državu i djeluje na međunarodnom nivou. To je posebno istaknuto kada se radi o strateškom okviru, utvrđivanju politike, razmjeni podataka i izvještavanju, kao i formalnom uređivanju uloga i procedura imenovanja nacionalnih kontakt tačaka za međunarodne konvencije.

Zbog složene političke i institucionalne strukture, nedostatka političkog konsenzusa i svijesti, nedovoljnog osoblja i manjka finansijskih sredstava, napredak u pravnim i mjerama politika zahtijeva znatno veće napore i mnogo više vremena nego u drugim zemljama. Ovo je stvorilo znatan zaostatak u usklađivanju s acquis-em EU u ovoj oblasti.

Oblast upravljanja vodama

Mišljenju EK (EK, 2019) u djelu kvalitet voda dato je u cjelosti.

Kvalitet voda

Što se tiče kvaliteta vode, Ministarstvo vanjske trgovine i ekonomskih odnosa BiH koordinira saradnju sa međunarodnim institucijama u poslovima upravljanja vodama. Upravljanje vodnim resursima u potpunosti je u nadležnosti entiteta i Brčko Distrikta. Kantonalne vlasti su odgovorne za upravljanje vodama na lokalnom nivou i za nadzor nad cijenama vode. U Republici Srpskoj, općine su zadužene za nadzor nad cijenama. Federacija BiH provodi svoju Strategiju upravljanja vodama za razdoblje 2010.-2022., a Republike Srpske provodi svoju Strategiju integralnog upravljanje vodama za razdoblje 2015.-2024. Usklađenost s acquis-em EU o kvaliteti vode je napredovala.
Ne postoji zakon o vodama na državnom nivou. Stoga se usklađivanje sa propisima EU-a vezano za vodu provodi putem entitetskih zakona i zakona o vodama na nivou Brčko Distrikta.
Potrebno je usvojiti posebne planove za provedbu propisa EU-a o vodi za piće, gradskim otpadnim vodama i upravljanju rizikom od poplava.
Nakon usvajanja planova upravljanja slivom rijeke Save u oba entiteta i Brčko Distriktu, upravljanja vodama za vodno područje Jadranskog mora u Federaciji BiH i odluka o usvajanju plana upravljanja slivom rijeke Trebišnjice u Republici Srpskoj, nadležni organi na državnom nivou sada trebaju usvojiti „Krovni izvještaj o planovima upravljanja riječnim slivovima“ za BiH.
Provodi se akcioni plan za zaštitu od poplava i upravljanje rijekama u Bosni i Hercegovini za period 2014.-2021. U pripremi je mapiranje opasnosti i rizika od poplava za cijelu zemlju.

Ovo mišljenje odnosi se na sve odgovore na pitanja i pojašnjenja na dodatna pitanja koje su institucije u sektoru voda pripremile. Upravljanja vodama EK je okarakterisala kao oblast koja je u potpunosti u nadležnosti entiteta i Brčko Distrikta, a u Federaciji BiH djelom i u nadležnosti kantona. Oba entiteta imaju svoje strategije upravljanja vodama.

Konstatovano je da ne postoji zakon o vodama na državnom nivou, te se usklađivanje sa propisima EU-a vezano za vodu provodi putem entitetskih zakona i zakona o vodama na nivou Brčko Distrikta.

EK je procijenila da je usklađenost s acquis-em EU o kvaliteti vode napredovala.

- Međutim, planovi za provedbu propisa u oblasti voda Direktiva o odvodnji i prečišćavanju urbanih otpadnih voda, Direktiva o vodi za piće i Direktiva o procjeni i upravljanju rizicima od poplava, još nisu usvojeni na nivou BiH, kao ni entitetski akcioni planovi za provedbu ovih direktiva. Utvrđeno je da su navedene direktive takozvane „visokoinvesticione“ direktive (Heavy Directives), koje postavljaju najveće zahtjeve, ne samo u finansijskom smislu zbog velikih sredstva ulaganja u infrastrukturne objekte, nego zbog kompleksnog institucionalnog okvira koji mora biti uspostavljen u cilju praćenja provedbe direktiva, dostizanja zacrtanih ciljeva i osiguranja održivosti objekata komunalne infrastrukture.

Treba podsjetiti da je kroz projekat EnvIS utvrđeno da je za provedbu ovih direktiva i realizaciju planiranih mjera potrebno osigurati 2.760.695.000 KM, od čega za: korištenje voda 1.166.000.000 KM; zaštitu voda 952.600.000 KM; zaštitu od štetnog djelovanja voda 621.000.000 KM; institucionalno jačanje sektora voda 11.200.000 KM; pravno uređenje 4.025.000 KM i ekonomski okvir 5.780.000 KM (Imamović, 2016).

Akcioni plan za realizaciju prioriteta iz analitičkog izvještaja evropske komisije

Evropska komisija je 29. maja 2019. godine objavila Mišljenje o zahtjevu Bosne i Hercegovine za članstvo u Evropskoj uniji čiji je sastavni dio Analitički izvještaj u kojem je EK analizirala trenutnu situaciju u BiH i navela 115 prioriteta u okviru političkog, ekonomskog

kriterijuma i 33 pregovaračka poglavlja na kojima BiH mora da radi na svom putu ka pridruženju EU. EK je prioritete u Analitičkom izvještaju definirala kao kratkoročne prioritete koje Bosna i Hercegovina treba realizovati u narednih godinu dana, odnosno do kraja maja 2020. godine.

Za Poglavlje 27. - Okoliš i klimatske promjene, EK definirala je tri mjere za realizaciju prioriteta EK u ovom poglavlju, kako slijedi (DEI, 2019):

1. Započeti proces implementacije usvojene cjelodržavne strategije usklađivanja stanja životne sredine u Bosni i Hercegovini, te u skladu s tim unaprijediti pravni okvir, ojačati administrativne kapacitete i sisteme praćenja i poboljšati međuinstitucionalnu koordinaciju između svih tijela za zaštitu životne sredine;
2. Formalizirati procedure imenovanja i funkcije državnih kontaktnih tačaka (eng. NFP) za Bosnu i Hercegovinu za provedbu konvencija o zaštiti životne sredine kojih je Bosna i Hercegovina potpisnica i
3. Započeti sa implementacijom Pariškog sporazuma uspostavljanjem politika i mjera za provedbu NDC-a, ažuriranjem i provedbom Strategija prilagođavanja na klimatske promjene i niskoemisionog razvoja za BiH i početi razvijati integrirani državni energetski i klimatski plan u skladu s preporukom Energetske zajednice

Za svaku od ovih prioritetnih mjera nadležne institucije su dale listu planiranih aktivnosti sa rokovima za njihovo izvršenje.

Kada je u pitanju oblast upravljanja vodama definirane su sljedeće aktivnosti za prvu mjeru za realizaciju prioriteta EK i predviđen rok do maja 2020. godine:

- Usvojiti DSIP-a za Direktivu 2007/60/EC Evropskog parlamenta i Saveta od 23. oktobra 2007. godine o procjeni i upravljanju rizicima od poplava;
- Usvojiti Krovni izvještaj o planovima upravljanja riječnim slivovima u BiH;
- Usvojiti Izvještaj o aktivnostima na provođenju Akcionog plana za zaštitu od poplava i upravljanje rijekama u BiH.

Za Federaciju BiH planirano je da se u istom roku usvoji:

- Zakon o izmjenama i dopunama zakona o vodama FBiH i
- Uredba o metodologiji utvrđivanja najniže osnovne cijene vodnih usluga u FBiH

Prijedlog FMPVŠ je da se unaprijedi međuinstutucionalnu saradnju održavanjem tri (3) kvartalna sastanaka rukovodilaca podsektora u oblasti okoliša i godišnji (1) sastanak ministara nadležnih za okoliš i vode sa nivoa BiH, entiteta i BDBiH, na kojima se razmatra realizacija prioriteta i mjera za usklađivanje stanja okoliša u BiH.

Dalji koraci BiH u oblasti upravljanja vodama za članstvo u Evropskoj uniji

Prema mišljenju EK, svakako najvažniji korak koji BiH treba da načini na daljem putu EU integracija u okviru poglavlja 27 - Okoliš i klimatske promjene, u koji spada u oblast upravljanja vodama, je da se ubrza usklađivanje sa acquis-om EU, izradi strateško-planski okvir i utvrdi okolišna politika na nivou BiH. U tom pravcu svakako je najznačajnija trenutna aktivnost na izradi Strategije i akcionog plana zaštite okoliša BiH, za šta je podršku dala Švedska međunarodna razvojna agencija (SIDA).

Osim ove aktivnosti za sve sektore u oblasti okoliša neophodna je uspostava centralne baze podataka i informacionog sistema, te poduzimanje mjera za unapređenje efikasnosti sistema inspekcije i monitoringa okoliša.

Obzirom da su institucije nadležna za upravljanje vodama na svim nivoima vlasti u BiH, kroz odgovore na pitanja i dodatna pitanja EK, na zadovoljavajući način dale presjek stanja u oblasti upravljanja vodama, generalne preporuka koje su date za sektor okoliša vezane za ubrzavanje usklađivanja sa acquis-jem EU, izradi strateško-planskog okvira, idr. odnose se i na oblast upravljanja vodama.

MVTEO BiH je otpočelo aktivnosti na pripremi i usvajanju Krovnog izvještaj o planovima upravljanja riječnim slivovima u BiH, odnosno Izvještaja o aktivnostima na provođenju Akcionog plana za zaštitu od poplava i upravljanje rijekama u BiH.

U Akcioni plan za realizaciju prioriteta iz analitičkog izvještaja evropske komisije uključen je samo DSIP za EU Direktivu o upravljanju rizikom od poplava, dok je MVTEO BiH iznijelo stav da nema uvjeta za usvajanje DSIP-a o Direktivi o vodi za piće i Direktivi o odvodnji i prečišćavanju urbanih otpadnih voda do maja 2020. godine, pa će ta aktivnost biti realizirana nakon definiranje aglomeracija u BiH, kroz projekat koji se finansira sredstvima IPA 2018.

Planirano je da će se i za Planove upravljanja rizikom od poplava koji će se raditi kroz projekat koji se finansira sredstvima IPA 2016, uraditi Krovni izvještaj za BiH koji sadrži ključna pitanja i mjere izvedene na osnovu pet planova upravljanja rizikom od poplava.

Usklađivanje sa propisima EU, odnosno tanspozicija direktiva EU u oblasti voda planirana je izradom novih entitetskih zakona o vodama, za što još nisu utvrđeni rokovi niti osigurana sredstva.

Kao što je već naprijed navedeno po nalogu Vlade FBiH Agencije za vode zajedno sa Federalnim fondom za zaštitu okoliša počele su uspostava Centralnog informativnog sistem voda (CISV) u koji će se unijeti svi podaci o postojećem stanju javnih i lokalnih vodovoda, finansijska ulaganja, te efekti postignuti realizacijom investicionih projekata.

LITERATURA

1) EK 2017, Upitnik Evropske komisije za pripremu mišljenje o zahtjevu BiH za članstvo u Evropskoj uniji;
2) DEI 2017, Odgovori na Upitnik Evropske komisije za pripremu mišljenje o zahtjevu BiH za članstvo u Evropskoj uniji
3) EK 2019, Mišljenje Komisije o zahtjevu Bosne i Hercegovine za članstvo u Evropskoj uniji
4) DEI 2019, Akcioni plan za realizaciju prioriteta iz analitičkoga izvještaja evropske komisije
5) Imamović A. 2016, Izazovi EU integracija u oblasti voda, I Kongres o vodama, Sarajevo, 27.-28.10.2016. godine
6) Zakon o vodama Federacije BiH (Službene novine FBiH, br. 70/06);
7) dei.gov.ba

ZAŠTITA VODA U EU, OKVIRNA DIREKTIVA O VODAMA - JUČER, DANAS, SUTRA

WATER PROTECTION IN THE EU, WATER FRAMEWORK DIRECTIVE – THE PAST, PRESENT AND FUTURE

Dr. sc. Svjetlana Stanić-Koštroman, izv. prof.
Sveučilište u Mostaru,
svjetlana.stanic.kostroman@fpmoz.sum.ba

Dr. sc. Nevenko Herceg, red. prof.
Sveučilište u Mostaru,
nevenko.herceg@gmail.com

Dr. sc. Anita Dedić, doc.
Sveučilište u Mostaru,
anita.dedic@fpmoz.sum.ba

Dr. sc. Davor Čordaš,
Internacionalni Univerzitet Travnik,
davor.cordas@gmail.com

Sažetak: Okvirna direktiva o vodama – ODV (2000/60/EZ) temelji je dokument europske vodne politike. Glavni joj je cilj zaštititi i poboljšati status vodenih ekosustava, te promicati održivo korištenje voda diljem Europe. ODV sažima veliki dio europskih iskustvenih spoznaja o onečišćenju, kvaliteti voda i upravljanju ekosustavima, a predstavlja novi sveobuhvatni način razmišljanja o vodnim tijelima u cijelosti, tako reći od izvora do ušća, sve u svrhu postizanja odgovarajuće kvalitete vode i osiguranja zadovoljavajuće količine čiste vode za različite potrebe. Navedeni način razmišljanja opće je prihvaćen, te ODV postaje najznačajniji i najambiciozniji dio dosadašnjeg europskog okolišnog zakonodavstva. Međutim, osamnaest godina nakon što je ODV stupila na snagu, postizanje njenih ciljeva i dalje ostaje izazov, a za 60% površinskih voda u EU do 2018. godine nije postignut dobar ekološki status. Stoga raste zabrinutost da ODV-om zacrtani glavni cilj dostignutog dobrog ili visokog statusa svih voda u EU (tj. preko 111.000 površinskih vodnih tijela i više od 13.000 podzemnih vodnih cjelina) do 2027. godine, ipak u mnogim državama ostaje daleko od postignuća. Budući da će održivo upravljanje vodama u budućnosti imati sve veći značaj u procesima prilagodbe čovječanstva na sve izvjesnije promjene okolišnih čimbenika, upravljanje ovim vitalnim resursom više nego ikada zahtjeva integrirani pristup koji obuhvaća okolišnu, društvenu, ekonomsku i zdravstvenu dimenziju. Integrirano upravljanje prirodnim resursima nikada nije lako postići, ali primjeri dobre prakse ukazuju da je stvarni napredak moguć. Stoga se ovome radu razmatraju mogućnosti inovativnih rješenja i prilagodbe vodne politike izazovima kojima su danas izložene vode u EU.

Ključne riječi: Okvirna direktiva o vodama, ODV, kvaliteta voda, vodna politika, održivo upravljanje

Abstract: The Water Framework Directive – WFD (2000/60/EC) is the cornerstone of European Union water policy. Its main objective is to protect and enhance the status of aquatic ecosystems and promote sustainable water use across Europe. The WFD summarises much of the European experience of pollution, water quality and ecosystem management, and it represents a new and compressive way of source-to-sink thinking, where the primary goals are to achieve the desired quality of the water resources and to ensure that there is enough clean water for different use. This way of thinking is widely accepted and the WFD is becoming the most substantial and ambitious piece of European environmental legislation to date. However, eighteen years after the WFD was introduced, achieving its objectives remains a challenge, with 60% of EU surface waters were failing the good ecological status in 2018. There is growing concern that the objective of good status, or higher, in all EU waters (i.e. over 111.000 surface waters and over 13.000 groundwaters) by 2027 is a long way from being achieved in many countries. Since sustainable water management will play important role towards allowing mankind to adopt to its altered environment, more than ever management of this vital resource requires a truly integrated approach, taking account of the environmental, social, economic and health dimensions. Integrated water resource management is never easy to achieve, but successful examples demonstrate that real progress can be made. In this paper we discuss how water policy can incorporate innovation and adapt to the newly identified challenges facing European waters.

Key words: The Water Framework Directive, WFD, water quality, water policy, sustainable managemen

1. UVOD

Voda je životno važan resurs o kojem ovise sve ljudske aktivnosti, ali i održanje biogeokemijskih ciklusa i ravnoteža na našemu planetu. Danas, u epohi koju mnogi s razlogom nazivaju antropocen, ukazujući time na izraziti utjecaj ljudskih aktivnosti na ekosustave, voda je izložena sve većim pritiscima [1]. S urbanizacijom i razvojem društva raste potrošnja vode u kućanstvima i gospodarstvu. Količinski ograničene zalihe vode smanjuju se uslijed onečišćenja i zagađenja, pregrađivanja i kanaliziranja, te posljedica klimatskih promjena. Dodatno, na kvalitetu dostupne vode negativno utječe i globalni trend gubitka biološke raznolikosti. Prema *Izvješću o provedbi strategije EU o biološkoj raznolikosti* (COM/2015/0478), najmanje 25% vrsta na planetu je pred izumiranjem, a među njima najveći je udio vodenih organizama [2], što ukazuje na ozbiljne probleme s kojima se suočavaju vodeni ekosustavi. Gubitak biološke raznolikosti negativno utječe na prirodne procese autopurifikacije voda, posljedično smanjujući njenu kvalitetu i dostupnost za ljudsku uporabu. Sve navedeno u konačnici dovodi do gubitka usluga ekosustava koje ovaj resurs pruža lokalnim zajednicama i društvu općenito, smanjujući time kvalitetu života i mogućnosti održivog razvoja [3].

Svijest o sve većem onečišćenju voda, važnosti očuvanja vodenih ekosustava i njihovog održivog korištenja dovela je i do restrukturiranja europske vodne politike [1, 4]. Usvajanjem *Okvirne direktive o vodama – ODV* (2000/60/EZ) [5] u cijelosti se mijenja pristup problematici očuvanja, zaštite i upravljanja vodama, a ODV postaje jedan od najopsežnijih i najambicioznijih dijelova okolišne legislative Europske unije. Naime, Direktiva sažima veliki dio europskih iskustvenih spoznaja o onečišćenju, kvaliteti voda i upravljanja ekosustavima, a predstavlja novi sveobuhvatni način razmišljanja o vodnim tijelima u cijelosti („od izvora do ušća“), u svrhu postizanja odgovarajuće kvalitete vode i osiguranja zadovoljavajuće količine čiste vode za različite potrebe. Okvirna direktiva o vodama naglašava neizmjernu vrijednost vode i potrebu da se njome upravlja odgovorno, jasno precizirajući kako: „*voda nije komercijalni proizvod, već prirodno nasljeđe koje se mora sačuvati, zaštititi i tretirati kao takvo za buduće generacije*“ [5]. Integriranim pristupom u njenoj zaštiti i upravljanju, uzimajući u obzir hidrološki ciklus, ODV podrazumijeva uspostavu okvira za zaštitu ne samo voda na kopnu, već i prijelaznih, priobalnih i podzemnih voda, koje su neposrednoj vezi.

Osnovna svrha Direktive o vodama bila je osigurati očuvanje čistih voda i postizanje poboljšanja stanja voda opterećenih vodnih tijela, kao i da doprinese smanjenju ispuštanja opasnih tvari u vodu, promociji održivog korištenja voda, zaštiti vodenih i kopnenih ekosustava, te močvarnih područja, ali i poticanju prekogranične suradnje na problematici vezanoj uz vode [3]. U proteklih 20 godina Direktiva je doprinijela razvoju novih načela i principa u zaštiti sastavnica okoliša i okolišnog zakonodavstva. Također, potakla je istraživanja, razvoj novih, usporedivih metoda procjene stanja vodnih tijela i kvalitetnijih monitoring programa, te doprinijela poboljšanju našeg znanja o stanju voda u Europi, kao i o čimbenicima koji vode ugrožavaju. Međutim, države članice EU do danas nisu uspjele dostići primarni cilj Direktive, a to je postizanje najmanje „dobrog statusa“ svih vodnih tijela na svome teritoriju.

2. STANJE VODNIH TIJELA U EUROPI

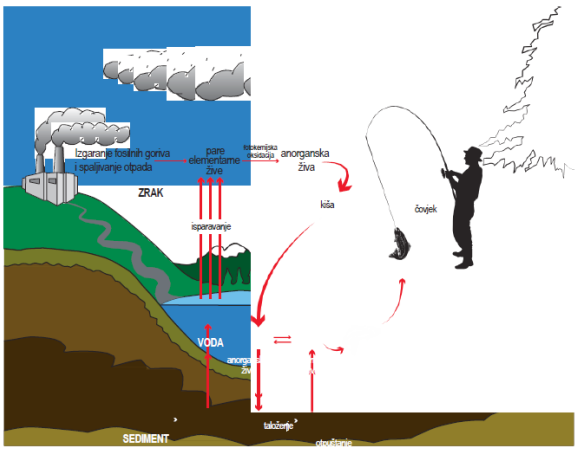
Prema Okvirnoj direktivi o vodama, upravljanje vodama organizira se putem mreže riječnih slivova, umjesto prema administrativnim ili političkim granicama [5]. Svaka država članica dužna je osigurati za područje riječnog sliva, ili dijela međunarodnog područja riječnog sliva koje se nalazi na njenoj teritoriji, analizu njegovih značajki, pregled utjecaja ljudskih aktivnosti na status površinskih i podzemnih voda i ekonomsku analizu upotrebe vode, te podnijeti provedbeno izvješće. Države članice dužne su donijeti nacionalne planove upravljanja riječnim slivom, zakone, propise i druge administrativne odredbe potrebne za usklađivanje zakonodavstva s ovom Direktivom.

Okvirnom direktivom o vodama utvrđuje se jasan vremenski plan provedbe, koji se temelji na šestogodišnjim ciklusima upravljanja. Tako su države članice EU bile obvezne do 2009. godine izraditi planove upravljanja riječnim slivovima, koji se u narednim ciklusima ažuriraju. Planovima upravljanja riječnim slivovima nastoji se osigurati „dobar ekološki status“ svih voda, a kraj prvog šestogodišnjeg ciklusa upravljanja, dakle 2015. godina, postavljena je kao rok za njegovo postizanje. Rokove za postizanje navedenog statusa moguće je i produžiti do 2027. godine, ukoliko prirodni uvjeti to zahtijevaju. Produžetak je dakle moguć u slučaju dugotrajnog oporavka ekosustava nakon primijenjenih restauracijskih mjera ili sporog smanjenja koncentracije nitrata u podzemnim vodama.

Do danas objavljena provedbena izvješća pokazala su da, unatoč osjetnom napretku u postizanju „dobrog ekološkog statusa“, uspjeh prvenstveno ovisi o ambicijama država članica, te učinkovitoj i mjerljivoj provedbi njihovih planova. U odnosu na prethodno

šestogodišnje razdoblje (2009. - 2015.), tijekom ovoga provedbenoga perioda (2015. - 2021.) primjetan je ograničen napredak u poboljšanju stanja vodnih tijela.

Prema *Izvješću o stanju voda* kojega je u srpnju 2018. godine objavila Europska agencija za okoliš [6], 74% vodnih tijela podzemnih voda postiglo je „dobar kemijski status“, a njih 89% i „dobar kvantitativni status“. Za razliku od podzemnih voda, ODV-om do danas nažalost nisu postignuti tako dobri rezultati za površinska vodna tijela. Do 2018. godine samo njih 38% bilo je u „dobrom kemijskom statusu“, a 40% je imalo „dobar ekološki status“ (odnosno „dobar ekološki potencijal“ ukoliko je riječ o umjetnim i jako izmijenjenim vodnim tijelima). Među onečišćivačima najčešći uzrok slabijem ekološkom statusu površinskih voda u EU bila je živa (Hg). Naime, od preko 111.000 površinskih vodnih tijela u EU, njih ukupno 45.973 radi prisutnosti ovog teškog metala nije postiglo „dobar kemijski status“ [6]. Živa je za organizme vrlo otrovan neurotoksin, a onečišćenja okoliša ovim elementom danas je globalni problem [7]. Živa u okolišu može biti prirodnog ili antropogenog podrijetla, a najznačajniji antropogeni izvori su izgaranje ugljena i drugih fosilnih goriva, rudarstvo, proizvodnja cementa i dr. [8]. Ispuštanjem iz ovih izvora elementarna živa (Hg^0) odlazi u atmosferu, gdje se u plinovitom obliku može zračnim strujanjima prenijeti na velike udaljenosti, te ulazi u biogeokemijske cikluse kruženja tvari (slika 1) [7].



Slika 1. Ciklus kruženja žive u prirodi

Fotokemijskom oksidacijom elementarna živa prelazi u anorganski oblik (Hg^{2+}) koji oborinama dospijeva na kopno, te se taloži na tlu i u vodenim ekosustavima. U vodama anorganska živa može se prevesti u netopivi živin sulfid (HgS) i postati neaktivna. Međutim, djelovanjem metanogenih bakterija anorganska živa također može dospjeti u hranidbene mreže. Naime, metanogene bakterije, koje su često prva karika u hranidbenim mrežama vodenih ekosustava, svojim metaboličkim procesima prevode anorgansku živu u iznimno otrovan organski spoj – metiliranu živu ($Hg\text{-}CH_3^+$). Metilirani oblik žive ima svojstvo bioakumulacije u živim organizmima, te svojstva biotransformacije i biomagnifikacije unutar hranidbenih mreža. Uslijed toga, živa prisutna u vodi vrlo brzo se nakuplja u tkivu riba u koncentracijama koje su opasne za ljudsko zdravlje, te predstavlja iznimno opasan zagađivač [7, 8]. Istraživanja su pokazala da se koncentracija metilirane žive u ribama značajno povećava s povećanjem temperature vode. Dakle, klimatske promjene dodatno bi mogle pogodovati otrovnosti žive za čovjeka, te se stoga u narednom periodu očekuju pojačane aktivnosti na smanjenju koncentracija žive u vodi i većoj kontroli emisija ovog teškog metala [6].

Osim žive, „dobar kemijski status“ vode u EU do danas nisu postigle i uslijed prisutnosti pojedinih dugotrajnih organskih zagađujućih tvari (POPs-ova) kao što je polibromirani difenil-eter (pBDE), te prisutnosti nekih policikličkih aromatskih ugljikovodika (PAH-ovi). Ipak, uočavaju se poboljšanja u pogledu smanjenja koncentracija pojedinih teških metala, poput kadmija (Cd), nikla (Ni) i olova (Pb) u površinskim vodama, kao i poboljšanja u pogledu sadržaja pesticida. U usporedbi s kemijskim statusom voda tijekom prvog ciklusa upravljanja (do 2015.), napredak je ostvaren u pogledu obuhvata monitoringa, jer je smanjen je broj vodnih tijela s nepoznatim statusom s 39% na 16%. Kemijski status voda poboljšan je u prijelaznim i priobalnim vodama, dok je tek ograničeni napredak postignut u kemijskom statusu europskih tekućica i stajaćica [6].

Prema *Izvješću o implementaciji ODV-a* (COM(2019)95) [9], primjena Direktive kao i zakonskih akata koji je dopunjavaju (prvenstveno Direktive o pročišćavanju komunalnih otpadnih voda [10], Nitratne direktive [11] i Direktive o industrijskim emisijama [12]), postignuti su određeni pozitivni pomaci. Međutim, kako većina europskih vodnih tijela površinskih voda do 2019. godine nije postigla značajniji napredak u statusu u odnosu na prethodni provedbeni period (2009.-2015.), Europska komisija zaključuje da napredak u provedbi nije zadovoljavajući [9]. Kao mogući razlozi za ograničena postignuća navode se: nepravovremeno identificiranje pritisaka na vodna tijela, dugotrajnost izrade učinkovitih politika i primjene mjera, te sporost prirodnih procesa autopurifikacije i restauracije

vodnih ekosustava. Također, lošiji rezultati dijelom su posljedica i poboljšanja monitoring programa i izvještavanja. Naime, posljednjih godina povišeni su standardi za ocjenu kvalitete, a monitoring je proširen na veći broj vodnih tijela u EU, koja uglavnom nisu bila unutar zadovoljavajućeg stanja („dobar ili vrlo dobar ekološki status/potencijal“) [6, 9]. Kao glavni pritisci na vodne ekosustave u EU definirani su:

- hidromorfološki pritisci i ekstrakcija vode,
- difuzni izvori onečišćenja – među kojima su najvažniji poljoprivreda i atmosferska taloženja (živa),
- točkasti izvori onečišćenja – osobito industrija i proizvodnja energije.

3. BUDUĆNOST OKVIRNE DIREKTIVE O VODAMA

Okvirnom direktivom o vodama i skoro 20 godina od usvajanja, nije postignut očekivani rezultat, odnosno najmanje „dobar status“ svih vodnih cjelina u EU. Voda kao resurs u mnogim dijelovima Europe i dalje je pod pritiskom, osobito gospodarskih aktivnosti, te se EU zakonodavstvo iz oblasti okoliša suočava s novim izazovima. Naime, od kako je ODV formalno usvojena u prosincu 2000. godine, dogodile su se brojne razvojne promjene, koje potencijalno utječu na njenu provedbu. Prije svega, kao društvo postali smo svjesni važnosti specifičnih pritisaka, poput utjecaja klimatskih promjena i pratećih rizika od poplava i suša, invazivnih vrsta i pritisaka od čitavog spektra novih onečišćivača prisutnih u okolišu. Razvijeni su novi načini i principi upravljanja okolišem, kao što su usluge ekosustava, a UN je definirao ciljeve održivog razvoja, od kojih su mnogi u izravnoj ili neizravnoj vezi s vodama. Osim toga, usvojene su nove EU politike, koje se odnose na biološku raznolikost, obnovljive izvore energije i upravljanje rizicima od poplava, a koje utječu i na način upravljanja vodama. Navedeno nameće potrebu revizije okolišne legislative, te prilagođavanja načina implementacije i upravljanja sastavnicama okoliša sukladno novim znanstvenim i stručnim spoznajama. Ove promjene neminovno će utjecati na načela i principe postavljene ODV-om, osobito kako se bliži 2027. godina. Stoga je već danas potrebno iznalaziti mogućnosti novih inovativnih rješenja i razvoja sustava monitoringa, upravljanja i vodnih politika u svrhu bolje implementacije Direktive.

3.1. Unapređenje sustava praćenja i procjene vodnih tijela

Jedno od značajnih postignuća ODV-a zasigurno je razvoj učinkovitog i usporedivog sustava praćenja ekološkog statusa voda diljem EU [13]. Navedeni proces unaprjeđen je sveobuhvatnim **interkalibracijskim procesima** i prekograničnom suradnjom na:

- uspostavljanju mreže – odabiru tipova vodnih tijela i lokaliteta na osnovu zajedničkih kriterija,
- prikupljanju i obradi podataka – određivanju zajedničkih kriterija u prikupljanju i razmjeni podataka,
- interkalibraciji – procjeni ekološkog statusa i usporedbe granica klasa, te uspostavljanju nacionalnog sustava procjene (izračuna omjera ekološke kakvoće – EQR i utvrđivanja referentnih vrijednosti).

Osim toga, neosporni je doprinos ODV-a u razvoju integriranog pristupa u monitoringu okoliša, koji se temelji na praćenju stanja svih vodnih cjelina, od površinskih voda (tekućica, stajaćica), do podzemnih, priobalnih i prijelaznih voda.

Međutim, sustav monitoringa razvijen u sklopu ODV-a ima i svoje slabosti. Naime, iako su biološki elementi kvalitete relativno dobro definirani i razvijeni za praćenje organskog onečišćenja, hidromorfološki i morfološki kriteriji procjene su nedostatni. Nadalje, vrlo malo je podataka o utjecajima **višestrukih stresora** na biološke elemente. Naime, glavni antropogeno inducirani stresori u vodenim ekosustavima obuhvaćaju: prekomjerno iskorištavanje voda i posljedični gubitak staništa, klimatske promjene, invazivne vrste, te organska i anorganska onečišćenja i zagađenja voda. Međutim, važnost ovih stresora može se razlikovati između tipova vodenih ekosustava. Primjerice, klimatske promjene važan su stresor površinskih i priobalnih voda, dok onečišćenja/zagađenja imaju veću važnost u površinskim i podzemnim vodama. Bez obzira na razlike među ekosustavima, za sve njih je značajno da su danas uglavnom pod utjecajem višestrukih stresora, koji istovremeno djeluju na vodene organizme, te posljedično utječu i na status voda. Ti stresori mogu imati različite učinke:

- *fizikalno-kemijske* – stres iz jednog izvora utječe na intenzitet drugih stresora (npr. povećanjem temperature voda smanjuje se koncentracija u vodi otopljenog kisika),
- *fiziološke* – jedan stresor utječe na osjetljivost organizma prema drugim stresorima (npr. povećanje temperature vode utječe na bioakumulaciju žive u organizmima),
- *ekološke* – više stresora istodobno djeluju na hranidbenu mrežu u vodenim ekosustavima, a posredstvom biotičkih interakcija (npr. predatorstva ili kompeticije) učinak stresora

se višestruko usložnjava u odnosu na učinak svakog pojedinačnog stresora.

Djelovanje višestrukih stresora može biti sinergističko, ako su učinci pojačani ili antagonističko, ako su posljedice kombiniranih učinaka po organizme manje izražene. U svakom slučaju, reakcije organizama na višestruke stresore još uvijek nisu dovoljno istražene, što može utjecati na praktičnu primjenu monitoringa u upravljanju ekosustavima. Prema procjenama najmanje 40% vodnih tijela u Europi pod utjecajem je višestrukih stresora. Stoga, principi zaštite i upravljanja vodama koji se temelje na jednom stresoru, zanemarujući pri tome interakcije između više stresora, vjerojatno neće doprinijeti postizanju postavljenih ciljeva upravljanja i učinkovitijem korištenju ionako ograničenih sredstava za njihovo postizanje.

U periodu koji slijedi ODV se također mora prilagođavati promjenama s kojima se civilizacija suočava, kao što su globalne promjene klime. Naime, u sadašnjem obliku ODV nema razvijen odgovarajući sustav za **praćenje stanja privremenih i povremenih vodenih tokova**. Tekućice koje periodično presušuju prirodni su tokovi u mediteranskim područjima. Stoga se ne mogu i ne smiju promatrati kao degradirani tipovi stalnih tekućica kao do sada. Obzirom da će u budućnosti uslijed globalnog zagrijavanja broj ovih vodnih tijela rasti, nužno je razviti odgovarajući sustav praćenja i procjene, na čemu znanstvena zajednica u posljednje vrijeme intenzivno radi (primjerice *COST akcija SMIRES – Science and Management of Intermittent Rivers and Ephemeral Streams*).

Sustav praćenja i procjene vodnih cjelina koji je propisan ODV-om iziskuje i određena sredstva, što također utječe na provedbu i obim monitoring programa voda. Stoga bi se u procesu prilagođavanja Direktive u obzir trebale uzeti i mogućnosti koje danas pružaju **inovacije i tehnologije u procesima monitoringa**, kao što su primjerice inicijative „Građani znanstvenici“ (Citizen science), šira uporaba satelita i dronova, DNA-tehnike (Environmental DNA - eDNA). Ove inovacije istina ne mogu zamijeniti klasični monitoring, za kojega je potrebno dobo poznavanje taksonomije vodenih organizama i ekologije voda, ali mogu ga unaprijediti i smanjiti njegove troškove. Kvalitetno obavljen monitoring voda i procjena stresora u vodnim ekosustavima osnovni je preduvjet za definiranje odgovarajućih mjera zaštite i upravljanja vodama. Stoga je cijena monitoringa zanemariva u odnosu na iznose koje je potrebno uložiti za provedbu restauracijskih mjera ublažavanja u slučaju pogoršanja ekološkog statusa.

3.2. Međusektorska suradnja i unapređenje mjera upravljanja vodama

Okvirna direktiva o vodama postavila je temelje za integriranu zaštitu i upravljanje vodama, ali je doprinijela i razvoju načela i principa integriranog djelovanja u zaštiti okoliša općenito. Posljednjih godina razvijene su nove perspektive upravljanja okolišem, koja uključuju međudjelovanja više sastavnica okoliša i nude rješenja temeljena na prirodinim načelima (engl. *Nature-Based Solutions - NBS*). Kako na razini EU ne postoje posebni fondovi iz kojih bi se financirala provedba mjera ODV-a, veoma je važno povezati njenu implementaciju s aktivnostima i politikama, koje se sufinanciraju iz EU fondova ili drugih međunarodnih izvora, kao što su *usluge ekosustava* ili *ciljevi održivog razvoja UN-a*.

Usluge ekosustava predstavljaju posredni ili neposredni doprinos ekosustava, odnosno njegove biotičke (živi organizmi) i abiotičke komponente (voda, tlo, atmosfera) čovjekovoj dobrobiti [14]. Usluge ekosustava podržavaju naše preživljavanje i kvalitetu života, a dijele se u četiri osnova tipa:

- *usluge opskrbe* - predstavljaju proizvode dobivene iz ekosustava poput, npr. voda za piće i druge ljudske potrebe,
- *usluge regulacije* - predstavljaju dobrobiti dobivene regulacijom procesa u ekosustavu kao što su: reguliranje klime, pročišćavanje vode i dr.,
- *kulturne usluge* - uključuju nematerijalne dobrobiti koje ljudi primaju iz ekosustava kao što su duhovno obogaćivanje, intelektualni razvoj, rekreacija i estetske vrijednosti,
- *usluge pružanja staništa* - stavljaju naglasak na važnost ekosustava kao staništa za održavanje biološke, odnosno genetske raznolikosti, kao preduvjeta za sve ostale gore navedene usluge koje ekosustavi pružaju.

Koncept usluga ekosustava osigurava zdravo funkcioniranje zajednica, te je u središtu pozornosti znanstvene i stručne javnosti 21. stoljeća. Naime, usluge ekosustava, odnosno gubitak istih, snažno utječe na prirodu, gospodarstvo i dobrobit ljudi. Poticanje razvoja zasnovanog na procjeni usluga ekosustava danas je temelj za donošenje odluka i politika na međunarodnoj i europskoj razini, a nudeći zajedničku platformu između različitih područja znanosti i politike, usluge ekosustava danas su i temelj za održivi razvoj kako lokalnih zajednica, tako i društva u cjelini. Kako su usluge vodenih ekosustava brojne i neizmjerno važne, nužno je uzeti ih u obzir u procesima upravljanje vodama.

Ciljevi održivog razvoja međunarodni je okvir dogovoren u sklopu Programa UN-a za održivi razvoj 2030, a svrhu održivog upravljanja prirodnim resursima. Program 2030 primjenjuje se na sve države u svrhu promoviranja miroljubivoga i uključivoga društva, otvaranja boljih radnih mjesta i pronalaska odgovora na okolišne izazove suvremenoga doba, a osobito na klimatske promjene [1]. Program 2030 sadržava 17 ciljeva održivoga razvoja ili tzv. *Globalnih ciljeva*, definiranih za razdoblje od 2015. do 2030. godine. U okviru 17 novih ciljeva i 169 podciljeva nastojalo se uravnotežiti sve tri dimenzije održivoga razvoja (okolišna, društvena i gospodarska dimenzija) u područjima kao što su: siromaštvo, nejednakost, sigurnost opskrbe hranom, zdravlje, održiva proizvodnja i potrošnja, rast, zaposlenost, infrastruktura, održivo upravljanje prirodnim resursima, klimatske promjene, kao i rodna jednakost, mirna i uključiva društva, pristup pravosuđu i odgovorne institucije. Zaštita voda i o vodi ovisnih ekosustava eksplicitno je sadržana u dva od ukupno 17 definiranih ciljeva (ciljevi br. 6 i 14), a brojni drugi ciljevi su izravno ili neizravno vezani za očuvanje i upravljanje vodama. Navedeno otvara široke mogućnosti za umrežavanje i međusektorsku suradnju u istodobnom postizanju ciljeva održivog razvoja i ciljeva ODV-a.

3.3. Integriranje zaštite i upravljanja vodama u druge sektorske politike

Svjesna pritisaka na vodne ekosustave, Komisija je još 2012. godine donijela *Plan zaštite europskih vodnih resursa* [15], u kojem se naglašava potreba stavljanja gospodarenja europskim vodnim resursima u širu perspektivu, uzimajući u obzir sve korisnike vode, te uključujući međudjelovanje vode i drugih resursa, primjerice tla i energije. Riječ je o dugoročnoj strategiji kojoj je cilj učinkovitije provođenja trenutačne vodne politike EU-a, integriranje ciljeva vodne politike u druga politička područja, te popunjavanje praznina u sadašnjim okvirima upravljanja vodama. *Plan zaštite europskih vodnih resursa* podrazumijeva upravljanje vodama na održiv način, u svim sektorima koje vodne resurse koriste, poput industrije, poljoprivrede, turizma, urbanog razvoja i proizvodnje energije, kako bi se osigurala dovoljna količina kvalitetne vode za sadašnje i buduće generacije. Iako je navedeni cilj već sadržan u ODV-u, *Planom zaštite europskih vodnih resursa* olakšava se njezina provedba na način da se utvrđuju preostale prepreke i načini za njihovo prevladavanje. Ovakav pristup integriranja zaštite voda u druge sektorske politike nužan je za postizanje konkretnijih rezultata u zaštiti voda.

U posljednjem *Izvješću o stanju voda* [6], Europska agencija za okoliš naglašava učinak različitih sektora, a naročito poljoprivrede, šumarstva, proizvodnje energije i urbanizacije na ograničen napredak u postizanju ODV-om zacrtanih ciljeva. Važnost integracije sektorskih politika u proces zaštite voda nije novina, no međutim očito do danas implementacija ovih mjera nije bila dovoljno učinkovita. Okvirna direktiva o vodama koja je propisala integrirano upravljanje vodama temeljeno na riječnim slivovima, uspjela je objediniti dobar dio administrativnog sektora, upravljačkih struktura, znanstvene i stručne javnosti, kao i javnosti općenito u procese zaštite i upravljanja vodama. Međutim, postignuto umrežavanje treba doprinijeti i razvoju konkretnih interdisciplinarnih politika i provedbenih mjera.

Prema *Izvješću o stanju voda*, 28% svih površinskih voda i 18% vodnih tijela podzemnih voda i danas je onečišćeno hranjivim tvarima [6]. Stoga, sektor poljoprivrede se smatra jednim od najproblematičnijih u postizanju ODV-om propisanih ciljeva. Poljoprivredna proizvodnja višestruko utječe na kemijski i ekološki status voda doprinoseći: eutrofikaciji ispiranjem hranjivih tvari iz tla, onečišćenju pesticidima, promjenama morfoloških značajki riječnog korita i obalne zone stvaranjem poljoprivrednih površina, te gubitku vode i promjeni hidromorfoloških značaji tekućica uslijed navodnjavanja. Stoga, nužno je jačati integraciju s poljoprivrednim sektorom, te putem CAP-a (engl. *Common Agricultural Policy - Zajedničke poljoprivredne politike*) bolje implementirati mjere ODV-a.

Ekološki protok, proizvodnja energije i klimatske promjene također su značajni stresori vodenih ekosustava i izazovi za vodnu politiku u EU. Kako se obnovljivi izvori energije i mjere za ublažavanje i prilagodbu na klimatske promjene redovito potiču financiranjem kroz različite EU fondove, trebalo bi ih bolje implementirati u postizanje ciljeva ODV-a. Osim toga postoje i druga važna područja i politike koje bi trebalo uzeti u obzir za postizanje „dobrog statusa“ voda i njihovog održivog korištenja. Jedna od novijih je i inicijativa Europske komisije i lokalnih uprava za održivo upravljanje gradskim vodama (engl. *The Urban Water Agenda 2030*), a koja naglašava ključnu ulogu lokalnih vlasti u procese očuvanja i upravljanja vodama. Također, ispunjavanje obveza koje proizlaze iz ODV-a zahtjeva jače povezivanje sektora voda s aktivnostima, planovima i programima zaštite biološke raznolikosti. Naime, osim što invazivne vrste predstavljaju ozbiljnu prijetnju vodenim ekosustavima u EU, očuvanje autohtonih vodenih organizama preduvjet je za postizanje najmanje „dobrog stanja“ voda i njihovu restauraciju. Nadalje, kako je biološka raznolikost temelj koncepta usluga ekosustava, suradnja među sektorima ne

samo da je poželjna nego nužna u budućnosti. U tom svjetlu, zaštita voda i njihovo očuvanje, odnosno poboljšanje ekološkog statusa, opće je prihvaćeno načelo, usvojeno kroz Strategiju EU za biološku raznolikost 2020 (engl. *EU Biodiversity Strategy 2020*) i Međuvladin panel o biološkoj raznolikosti i uslugama ekosustava (engl. *UN Intergovernmental Panel on Biodiversity and Ecosystem Services - IPBES*).

LITERATURA

[1] N. Herceg, S. Stanić-Koštroman, M. Šiljeg, Čovjek i okoliš, HAZU BiH, Sveučilište Sjever, Synopisis, Mostar-Koprivnica-Zagreb, 2018.

[2] European Commission, The mid-term review of the EU biodiversity strategy to 2020, (COM/2015/0478), 2015.

[3] N. Herceg, Okoliš i održivi razvoj, Synopisis, Zagreb, 2013.

[4] I. Brnada, D. Matijević, EU i zaštita okoliša – Okolišna politika Europske Unije, Regionalni centar zaštite okoliša za Srednju i Istočnu Europu, Zagreb, 2008.

[5] European Commission, Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy, Official Journal of the European Coounities L 327, 22.12.2000, Luxembourg, 2000.

[6] European Environment Agency, European waters - assessment of status and pressures, EEA report no. 7/2018, 2018. (https://www.eea.europa.eu/publications/state-of-water)

[7] K. Capak (ur.), Primjena biomonitoringa za procjenu izloženosti živi tijekom prenatalnog perioda u dvije Hrvatske regije uporabom standardizirane metodologije Svjetske zdravstvene organizacije, Hrvatski zavod za javno zdravstvo, 2017.

[8] D.A. Wentz, M.E. Brigham, L.C. Chasar, M.A. Lutz, D.P. Krabbenhoft, The quality of our nation's waters: mercury in the nation's streams – levels, trends, and implications, U.S. Geological Survey Circular 1395, 2014.

[9] European Commission, Report from the Commission to the European Parliament and the council on the implementation of the Water Framework Directive (2000/60/EC) and the Floods Directive (2007/60/EC), COM(2019)95, 2019.

[10] European Commission, Council Directive 91/271/EEC of 21 May 1991 concerning urban waste-water treatment, Official Journal of the European Communities L 135, 30.3.1991, Luxembourg, 1991.

[11] European Commission, Directive 91/676/EEC of 12 December 1991 concerning the protection of waters gainst pollution caused by nitrates from agricultural sources, Official Journal of the European Communities L 375, 31.12.1991, Luxembourg, 1991.

[12] European Commission, Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council of 24 November 2010 on industrial emissions (integrated pollution prevention and control, Official Journal of the European Union L 334/17, 17.12.2010., Luxembourg, 2010.

[13] S. Birk, W. Bonne, A. Borja, S. Brucet, A. Courrat, S. Poikane, A. solmini, W. van de Bund, N. Zampoukas, D. Hering, Three hudrad ways to assess Europs's surface waters: an almost complete overview of biological methods to implement the Water Framework Directive, Ecol. Indic. 18, (31-41), 2012.

[14] European Commission, Science for environment policy, Ecosystem services and biodiversity, 2015. (https://www.ec.europa.eu/science-environment-policy)

[15] European Commission, A blueprint to safeguard Europe's water resources, Communications from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, COM(2012) 673 final, 2012.

PRIPREMA PODLOGA ZA IZRADU TRANSNACIONALNIH SMJERNICA ZA UPRAVLJANJE RIJEČNIM NANOSOM NA SLIVU DUNAVA U REPUBLICI HRVATSKOJ U OKVIRU EU PROJEKTA DANUBE SEDIMENT

PREPARING THE BASE FOR TRANSNATIONAL GUIDELINE FOR THE DANUBE BASIN SEDIMENT MANAGEMENT IN CROATIA – EU DANUBE SEDIMENT PROJECT

Renata Vidaković Šutić, dipl.ing.građ.
Institut za elektroprivredu d.d. Zagreb, Koturaška 51, Hrvatska
renata.sutic@ie-zagreb.hr

Tanja Lubura Matković, dipl.ing.građ.
Institut za elektroprivredu d.d. Zagreb, Koturaška 51, Hrvatska
tanja.lubura-matkovic@ie-zagreb.hr

Alan Cibilić, dipl.ing.građ.
Hrvatske vode, Zagreb, Ulica grada Vukovara 220, Hrvatska
alan.cibilic@voda.hr

Sažetak: Transport riječnog nanosa je vitalna komponenta prirodnog hidromorfološkog režima svakog otvorenog vodotoka. Uslijed antropogenih utjecaja prirodni procesi transporta riječnog nanosa su znatno izmijenjeni, ponekad uz značajne posljedice za stabilnost obala i korita, uz značajno smanjenu funkcionalnost izgrađenih hidrotehničkih građevina. Posljedice toga su mnogostruke, a najčešće se očituju u promjeni hidrološkog režima, degradaciji staništa, povećanom riziku od poplava, ograničenju plovidbe i sl. Unaprjeđenje spoznaja o nanosu i relevantnim procesima (taloženje, transport i eksploatacija nanosa) nužno je za postizanje održivog upravljanja riječnim slivom. U radu će se dati osvrt na antropogene utjecaje i monitoring pronosa riječnog nanosa na Savi i Dravi kao najvećim pritocima Dunava in Hrvatskoj.

Ključne riječi: pronos riječnog nanosa, sliv Dunava, monitoring

Abstract: River bed transport is a vital component of the natural hydromorphological regime of any open watercourse. Due to anthropogenic impacts, the natural processes of river bed transport have been significantly changed, sometimes with significant consequences for the stability of the river bed and banks and reduced functionality of the hydraulic structures. The consequences of this are most often manifested in changes in the hydrological regime, degradation of habitat quality, increased risk of floods, limited river navigation etc. Improving knowledge of the sediment and relevant processes (sedimentation, transport and exploitation of the sediment) is necessary to achieve sustainable river basin management. The paper gives an overview of anthropogenic impacts and monitoring of river sediment transport on the Sava and Drava as the largest tributaries of the Danube in Croatia.

Key words: river sediment transport, Dunav river basin, monitoring

1. UVOD

Nanos je integralnim prirodni dio akvatičnih sustava, bitan u odvijanju hidroloških, geomorfoloških i ekoloških procesa. Morfodinamički status prirodnih vodotoka očituje se u ravnoteži ulaznih i izlaznih količina nanosa.

Promjene u dinamici riječnog nanosa, u najvećoj su mjeri posljedica utjecaja ljudskih aktivnosti na rijekama i njihovim slivovima.

Unaprijeđenje spoznaja o nanosu i relevantnim procesima (erozija, taloženje, transport i eksploatacija) nužno je za postizanje održivog upravljanja nanosom.

Na slivu rijeke Dunav identificirane su sve veće razlike u taloženju (akumulacije) i ispiranju nanosa (erozija riječnog korita). U sklopu međunarodnog projekta Danube Sediment - „Upravljanje dunavskim nanosom - Obnova balansa nanosa nanosa u Dunavu“ izrađuju se prve transnacionalne Smjernice za upravljanje nanosom na slivu rijeke Dunav, koje će pružiti podršku dionicima i tijelima za upravljanje vodama na slivu.

Ciljevi Projekta su:

- Unaprjeđenje spoznaja o količinama nanosa i problematici vezanoj uz nanos;
- Razvoj inovativnog pristupa upravljanja nanosom;
- Jačanje međuinstitucionalne suradnje u upravljanju nanosom.

Projektom su, na području Republike Hrvatske obuhvaćene rijeke Dunav, Drava i Sava.

2. RASPOLOŽIVI MJERENI PODACI

Sukladno cilju Projekta Danube prikupljeni su, sistematizirani, obrađeni i interpretirani svi raspoloživi podaci o količinama i sastavu riječnog nanosa na predmetnom slivu u Republici Hrvatskoj.
Obrade su obuhvatile:

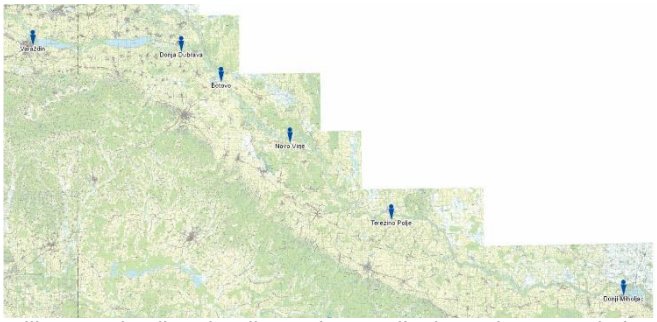
- hidrološke i batimetrijske podatke na lokacijama hidroloških stanica;
- analizu značajki suspendiranog i vučenog nanosa, te nanosa sa dna;
- izradu bilance nanosa i
- analizu morfološkog razvoja rijeka s naglaskom na ljudsku aktivnost.

Analizom ulaznih podataka ustanovljeno je da je od većih hrvatskih rijeka, na rijeci Dravi provedeno najviše istraživanja, mjerenja i analiza riječnog nanosa. Za rijeku Savu raspolaže se određenim fondom podataka dok za rijeku Dunav ne postoje podaci niti su provođena mjerenja nanosa.
Mjerenje i pohranjivanje podataka o pronosu nanosa u nadležnosti je Državnog hidrometeorološkog zavoda RH.

2.1. Lokacije mjerenja nanosa

Za ilustraciju mjerenja pronosa riječnog nanosa daju se primjeri za rijeku Dravu.

Na rijeci Dravi, uslijed realizirane i planirane izgradnje lanca hidroelektrana i provedbe opsežnih regulacijskih radova, provođena su istraživanja i mjerenja riječnog nanosa. Mjerne lokacije na rijeci Dravi prikazane su na slici 1, a opis metoda i dinamike mjerenja dan je u tablicama 1 i 2.



Slika 1: Lokacije mjernih stanica na rijeci Dravi u Hrvatskoj

Tablica 1: Pregled mjernih mjesta za mjerenje koncentracije i pronosa suspendiranog nanosa na Dravi u Hrvatskoj

MJERNA STANICA	VRSTA MJERENJA	NAČIN UZIMANJA UZORKA	KONTINUITET MJERENJA	RAZDOBLJE MJERENJA
h. s. Varaždin, Drava	U jednoj točki	Posudom	Svakodnevno	1960-1984
	Profilsko	Vakum batometar	Povremeno	1960-1975
h. s. Donja Dubrava, Drava	U jednoj točki	Posudom	Svakodnevno	1985-1990
	Profilsko	Vakum batometar	Povremeno	1986-1989
h. s. Botovo, Drava	U jednoj točki	Posudom	Svakodnevno	1966-2016
	Profilsko	Protočni batometar	Povremeno	1969-2015
h. s. Novo Virje, Drava	Profilsko	Vakum batometar	Povremeno	1978-1987
h. s. Terezino Polje (Barcs), Drava	U jednoj točki	Posudom	Svakodnevno	1990-2016
	Profilsko	Vakum batometar	Povremeno	1968-1975 1990-2015
h. s. Donji Miholjac (Drávaszabolcs), Drava	U jednoj tocki	Posudom	Svakodnevno	1967-2016
	Profilsko	Vakum batometar	Povremeno	1968-1975 1986-2015

Iz tablice 1 vidljivo je da su mjerenja suspendiranog nanosa na lokacijama Varaždin i Donja Dubrava prestala nakon izgradnje hidroelektrana na Dravi.

Tablica 2: Pregled mjernih mjesta za mjerenje pronosa vučenog nanosa na Dravi u Hrvatskoj

MJERNA STANICA	NAČIN MJERENJA	KONTINUITET MJERENJA	RAZDOBLJE MJERENJA
h.s. Donja Dubrava	Karolyevim hvatačem	Povremeno	1980-1985
h. s. Botovo	Karolyevim hvatačem	Povremeno	1969-1981
h. s. Novo Virje	Karolyevim hvatačem	Povremeno	1978-1987
h. s. Terezino Polje (Barcs)	Karolyevim hvatačem	Povremeno	1968-1975
h. s. Donji Miholjac (Drávaszabolcs)	Karolyevim hvatačem	Povremeno	1964-1975

2.2. Metodologija mjerenja

Suspendirani nanos pronosi se po čitavom poprečnom presjeku vodotoka u lebdećem stanju, a brzina kretanja mu je podjednaka brzini tečenja vode. Na Dravi su uglavnom vršena tri tipa mjerenja suspendiranog nanosa:

- svakodnevna uzimanja uzoraka riječne vode i laboratorijska ispitivanja koncentracija suspendiranog nanosa;
- povremena profilska mjerenja batometrom kojima se uzimaju uzorci (površina, sredina i dno) na vodomjernim vertikalama poprečnog presjeka sa laboratorijskim ispitivanjem koncentracija i granulometrijskih sastava uzoraka;
- povremena uzimanja integratorskih uzoraka po površini rijeke preko cijele širine poprečnog presjeka, i laboratorijska ispitivanja koncentracija i granulometrijskih sastava uzoraka.

Od 2012 godine u primjeni je metoda profilskih mjerenja ADCP uređajem (Acoustic Doppler Current Profiler) čija se mjerenja i laboratorijska ispitivanja uzoraka provode sukladno odgovarajućim ISO i HR normama.

Vučeni nanos je dio riječnog nanosa koji se kotrljajući ili u skokovima kreće po dnu korita. Mjerenja pronosa vučenog nanosa vrše se mehaničkim hvatačima ili obilježivačima (izotopi, flouroscencija), a mogu se vršiti i specifična mjerenja.

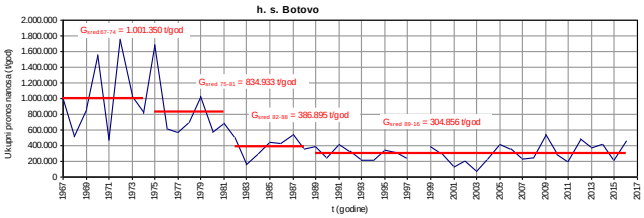
Osnovni princip mjerenja pronosa vučenog nanosa mehaničkim hvatačem je spuštanje hvatača na dno vodotoka, zahvaćanje vučenog nanosa po cijeloj uzvodnoj ulaznoj širini, te njegovo taloženje u hvataču.

Povremena profilska mjerenja pronosa vučenog nanosa na predmetnim dionicama Drave, Karolyevim hvatačima ili obilježivačima vršile su hrvatska i mađarska hidrometeorološka služba na lokacijama h.s. Donja Dubrava, h.s. Botovo, h.s. Novo Virje, h.s. Terezino Polje (Barcs) i h.s. Donji Miholjac (Dravaszabolcs) na Dravi. Uslijed nedostatka financijskih sredstava sva takva mjerenja danas su ukinuta.

3. ANTROPOGENI UTJECAJI NA DRAVI I SAVI

Rijeka Drava u svom gornjem i srednjem toku (od Spittala u Austriji do Donje Dubrave u Hrvatskoj) u velikoj je mjeri „izgrađena“ brojnim hidroelektranama. Izuzev dva velika sustava planinskih akumulacija i hidroelektrana na slivovima pritoka Moell i Malta u austrijskim Alpama, sve ostale hidroelektrane na rijeci Dravi svojim branama, usporavaju i zaustavljaju pronos riječnog nanosa. Osim hidroelektrana, kao značajni čimbenici izdvajaju se radovi na izgradnji regulacijskih i zaštitinih vodnih građevina, te vađenje riječnog nanosa za cestogradnju i ostale gospodarske namjene.

Za podatke sa hidrološke stanice Botovo na Dravi izrađen je hodogram ukupnog pronosa nanosa (t/god) za razdoblje od 1967-2016 godine i prikazan na slici 2.

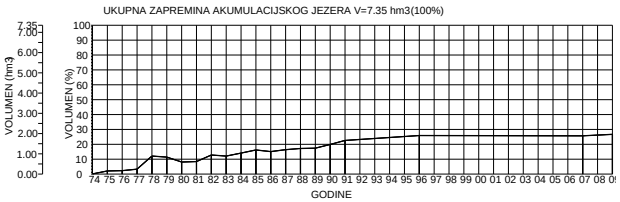


Slika 2: Ukupni godišnji pronos nanosa na lokaciji h.s. Botovo na Dravi

Na hodogramu prikazanom na slici 2, izdvojena su razdoblja u kojima su se dogodile značajne promjene, odnosno smanjenje ukupnih godišnjih količina nanosa, te su za njih ucrtane prosječne vrijednosti. Tako je za razdoblje (1967-1974) prosječna količina pronosa nanosa iznosila oko 1,001.350 t/god, za razdoblje (1975-1981) oko 834.933 t/god, za razdoblje (1982-1988) oko 386.895 t/god, da bi se u posljednjem razdoblju (1989-2016) prosječna godišnja količina pronosa nanosa stabiliziranla na vrijednosti oko 304.856 t/god.

Iako razdoblja značajnih smanjenja koincidiraju sa izgradnjom i puštanjem u rad HE Varaždin, HE Čakovec i HE Dubrava na hrvatskom dijelu toka Drave, potrebno je naglasiti da se lokacija h.s. Botovo nalazi nizvodno od ušća rijeke Mure u Dravu, te da se evidentirana smanjenja pronosa nanosa odnose kumulativno na obje rijeke (na Muri u Austriji izgrađeno je dvadesetak hidroelektrana). Nedvojbeno je međutim, da se kumulativna količina pronosa nanosa u posljednjih 50 godina reducirala na 30%, što je zabrinjavajuća činjenica.

Za ilustraciju dinamike procesa taloženja u prostoru uzvodno od brane, na slici 3 prikazani su rezultati analize zapunjavanja akumulacijskog jezera HE Varaždin na Dravi u razdoblju (1974-2009), iz koje je vidljivo da je maksimalna zapunjenost jezera postignuta nakon 20 godina od izgradnje i početka rada. Na slici 4 prikazan je pogled na ispražnjeno akumulacijsko jezero HE Varaždin, snimljeno u ljeti 2009. godine.

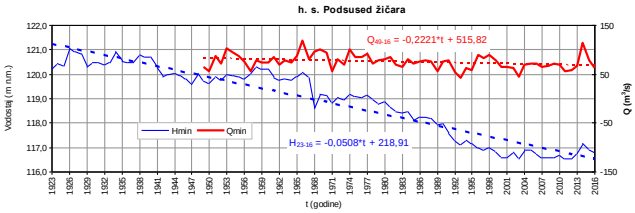


Slika 3: Rezultati analize zapunjavanja nanosom akumulacijskog jezera HE Varaždin (1974-2009).



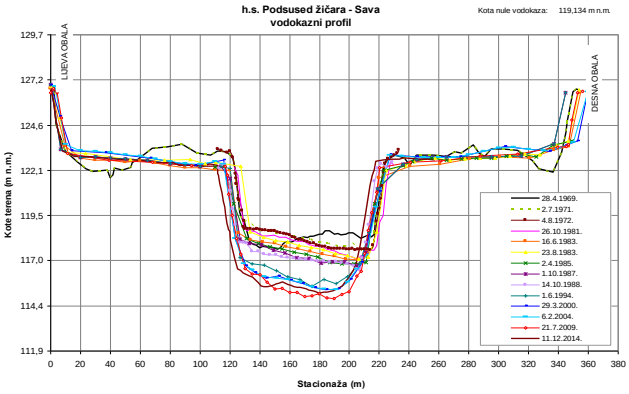
Slika 4: Pogled na područje akumulacijskog jezera HE Varaždin sa desnog uspornog nasipa u kolovozu 2009

U cilju identifikacije posljedica opisanih antropogenih utjecaja, moguće je koristiti i raspoložive hidrološke podatke (vodostaji i protoci). Na slici 5. prikazana je usporedba hidrograma i nivograma minimalnih godišnjih vrijednosti vodostaja i protoka na hidrološkoj stanici Podsused žičara na rijeci Savi, za ukupno raspoloživo razdoblje podataka (vodostaji 1923-1016, protoci 1949-2016).



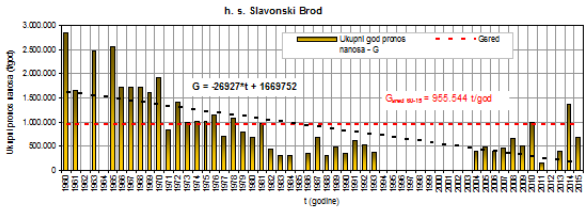
Slika 5: Minimalne godišnje vrijednosti protoka i vodostaja na h.s. Podsused žičara na Savi

Sa slike 5. vidljiv je blago opadajući trend minimalnih godišnjih protoka (crvena linija), za razliku od izraženo padajućeg trenda minimalnih godišnjih vodostaja (plava linija), što ukazuje na sniženje dna korita. Identificiranu promjenu potvrđuju snimke poprečnog presjeka korita na lokaciji hidrološke stanice, koja je prikazana na slici 6. Maksimalna prosječna denivelacija dna korita iznosi oko 3 m.



Slika 6: Poprečni presjeci korita na lokaciji h. s. Podsused žičara u razdoblju 1969-2014.

Sniženje dna rijeke Save prisutno je na širem području grada Zagreba, kojem su zajedno pridonijeli radovi na izgradnji regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina te izgradnja hidroenergetskih građevina na uzvodnoj dionici Save u Sloveniji. Analizom pronosa nanosa na lokaciji hidrološke stanice Slavonski Brod na Savi, utvrđen je padajući trend pronosa nanosa na nizinskom toku Save nakon ušća velikih rijeka Kupe, Une i Vrbasa, prikazan na slici 7.



Slika 7: Ukupni godišnji pronos nanosa na lokaciji h.s. Slavonski Brod na Savi

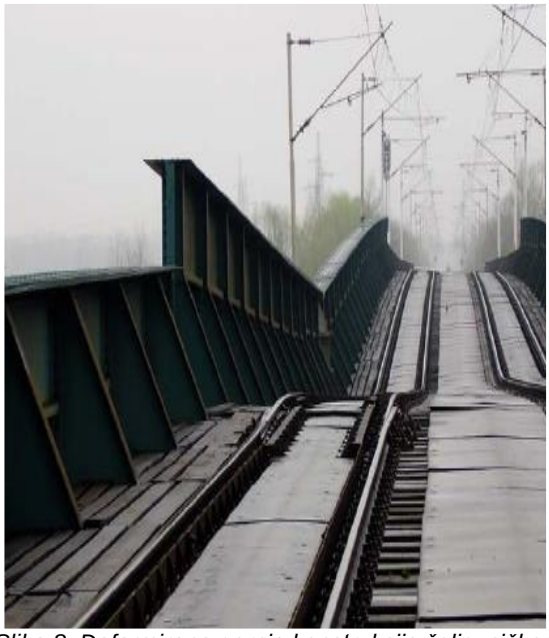
Prikazane promjene u koritima Drave i Save, izazvane su kumulativnim djelovanjem brojnih regulacijskih radova u prošlosti, intenzivnom eksploatacijom šljunka i pijeska iz korita i inundacijskog područja, a prvenstveno izgradnjom i radom hidroenergetskih objekata.

U znanstvenim analizama antropogenih utjecaja na vodni režim presudan problem je činjenica da u velikim rijekama djeluju brojne globalne, regionalne i lokalne ljudske intervencije u kombinaciji sa prirodnim procesima. Neke od posljedice tih ljudskih aktivnosti pojaviti će se nakon kratkog vremena, dok će ostale biti vidljive desetljećima kasnije.

Posebno delikatne promjene su one koje se odnose na prirodni režim pronosa riječnog nanosa jer će biti vidljive tek nakon određenog vremena, kada će doći do trajnih morfoloških promjena u koritu. To je najčešće trenutak spoznaje činjenice da je proces otišao predaleko i da će se i dalje nepovratno pogoršavati sve dok ne dođe do kritične točke kada

će funkcioniranje izgrađenih hidrotehničkih sustava doći u pitanje.

Na slici 8 prikazana je deformirana gornja konstrukcija željezničkog mosta, do koje je došlo uslijed slijeganja nosivih stupova, uzrokovane riječnom erozijom.



Slika 8: Deformirana gornja konstrukcija željezničkog mosta (Snimljeno u 3.mj. 2009., HŽ Infrastruktura

4. SMJERNICE ZA DIONIKE

Članstvo Republike Hrvatske u Europskoj uniji donijelo je nove izazove pred vodno gospodarstvo. Nakon preuzimanja europske pravne stečevine u nacionalno vodno zakonodavstvo i usuglašavanja prijelaznih razdoblja za njenu provedbu, u tijeku je postupni razvoj sustava zaštite od poplava i navodnjavanja. Opseg praćenja stanja voda (monitoring) značajno je proširen, a planovi upravljanja vodnim područjima noveliraju se svakih šest godina. Okvirna direktiva o vodama zahtijeva obnovu dobrog hidromorfološkog statusa, što zahtijeva pažljivu procjenu rizika prije bilo kakve mjere koja se planira poduzimati u slivu ili na vodotoku. Pretpostavka za učinkovito upravljanje vodama jest raspolaganje podacima i informacijama koje se odnose na vodne resurse i sustave, te korisnike tih resursa. Općenito govoreći, za sve dionike na slivu Dunava vrijede ista pravila:

- pravilo uravnotežene uporabe,
- međusektorska koordinacija i
- suradnja koja ima transnacionalni utjecaj na vodna tijela.

Prilikom postavljanja konceptualnog modela riječnog sliva trebaju se identificirati koristi i korisnici tj. dionici koji imaju specifični utjecaj na režim sedimenta. Dionici na slivu Dunava u Hrvatskoj od posebnog značenja za režim nanosa mogu se svrstati u osnovne grupe:

- Dionici gospodarenja vodama (Hrvatske vode)
- Dionici koji se bave monitoringom nanosa (DHMZ RH)
- Dionici koji osiguravaju plovni put (Agencija za plovne puteve)
- Dionici koji se bave proizvodnjom električne energije (HEP Proizvodnja)

Svaki od tih dionika ima drugačiji pristup gospodarenju sedimentom i njihovi interesi često mogu biti suprotstavljeni. Stoga smjernice za izradu Priručnika o sedimentu za dionike u Republici Hrvatskoj trebaju pokriti slijedeće aspekte:

- Razvoj sustava uravnoteženog upravljanja nanosom na slivu Dunava;
- Razvoj zajedničke metodologije monitoringa količine nanosa;
- Mjere za sprječavanje utjecaja jaružanja i plovidbe na povećanu zamućenost vode;
- Uspostava mjera za suzbijanje erozije, bujica i drugih sedimentnih procesa;
- Uspostava mjera za osiguranje i održavanje vodnog režima;
- Uspostava mjera osiguranja i održavanja uvjeta za sigurnu plovidbu;
- Upostava mjere za zaštitu močvarnih područja i prostora za zadržavanje poplavnih voda i nanosa;
- Mjere za kontrolu zasipavanja akumulacija;
- Definiranje određenih područja za kapitalno jaružanje;
- Institucionalni aranžmani za provedbu Plana upravljanja nanosom.

Od svih dionika na slivu Dunava se očekuju rezultati:

- Razmjena znanja;
- Definirana mreža za praćenje sedimenta;
- Definirane standardne metode za kvantitativno mjerenje sedimenta;
- Razrađeni protokoli za razmjenu podataka i informacija;
- Razvijeni modeli transporta sedimenata za različite dionike (korištenje hidroenergije, navigacija, zaštita prirode);
- Uspostavljene monitoringa sedimenta na odabranim pilot područjima;
- Izrada Plana upravljanja sedimentom

4.1. Monitoring režima nanosa

Sustavno praćenje nanosa na razini riječnog sliva uključuje redovita terenska istraživanja, zračno mapiranje, fotografiranje erozije tla, erozije obala vodotoka, odrona zemlje i mehaničkih kretanja, kao i redovita mjerenja suspendiranog i vučenog nanosa, zasipanja akumulacija, podatke o vađenju riječnog nanosa i o kvaliteti nanosa (granulometrijskog sastava i kemijske analize). U praksi je često slučaj da različite institucije, odnosno dionici imaju svoj specifični interes za prikupljanje samo neke vrste informacija. Također postoji nedostatak integracije između znanstvenih istraživanja i upravljanja slivom, odnosno sedimentom, što znači da se najprihvatljiviji ili najmoderniji alati ne koriste u upravljanju. Zbog nedostatka komunikacije moguć je i obrnut slučaj, a to je da znanstvena zajednica ne prati potrebe vodnog gospodarstva. Provođenje in situ mjerenja je prioritet u okviru sustava monitoringa, jer ništa ne može zamijeniti podatke prikupljene mjerenjima. No, da bi monitoring bio učinkovit, on treba obuhvaćati:

(1) Izbor smislenih i realnih ciljeva monitoringa;
(2) Razvoj plana monitoringa;
(3) Dizajn pravilne strategije uzorkovanja.

Poseban naglasak daje se na definiranje gustoće mreže za monitoring sedimenta. Izradu mreže za monitoring sedimenta potrebno je temeljiti na načelu minimalne gustoće; mjerenjem erozije, transporta i taloženja sedimenta unutar sliva ili mjerenjem ukupnog ispuštanja sedimenta u more. Kod definiranje mreže za monitoring treba voditi računa da svaki veći vodotok prije svog ušća, u profilima na kojima se mjeri protok vode, treba imati i praćenje transporta nanosa. WMO (1981) preporučuje da pronos sedimenta treba mjeriti na minimalno 30% postaja u mreži gdje se mjeri protok u sušnoj / mediteranskoj regiji, a 15% u vlažnoj regiji.

Za razliku od opažanja vodostaja, koja na hidrološkim postajama provodi gotovo dva stoljeća, nanos se na Dravi i Savi u Hrvatskoj započeo mjeriti tek šezdesetih godina prošlog stoljeća, dok se na Dunavu takva mjerenja ne provode. Postojeće stanje monitoringa nanosa na Dravi i Savi karakterizira vremenska i prostorna nehomogenost kao i razlike u tehnici mjerenja i obrade podataka. Zbog toga je jedan od primarnih zadataka unaprijediti i proširiti postojeći monitoring.

Prijedlog lokacija za monitoringa riječnog nanosa na slivu Dunava u Republici Hrvatskoj prikazan je u tablici 3. Radi proširenja baze znanja o riječnom nanosu, prijedlogom monitoringa osim rijeka Dunav, Drave i Save obuhvaćene su i neke veće pritoke; Mura, Krapina i Una.

Tablica 3: Prijedlog lokacija za monitoring nanosa na slivu Dunava u RH

r.br.	Hidrološka postaja	r km	Napomena
RIJEKA DUNAV			
1.	Batina	1424,8	Ulazni profil. Treba uvesti monitoring nanosa.
2.	Aljmaš	1381,5	Lokacija nakon ušća Drave u Dunav.Treba uvesti monitoring nanosa.
3.	Dalj	1354,2	Promjena geometrije „Daljska krivina". Treba uvesti monitoring nanosa.
4.	Vukovar	1336,5	Ušće Vuke, luka Vukovar. Treba uvesti monitoring nanosa.
5.	Ilok most	1301,5	Izlazni profil. Treba uvesti monitoring nanosa.
RIJEKA DRAVA			
1.	DRAVA-Otok Virje	309	Ulazni profil. Treba unaprijediti monitoring nanosa.
2.	Botovo	226,8	Lokacija nizvodno od lanca HE i ušća Mure. Treba unaprijediti monitoring nanosa
3.	Novo Virje	200,6	Treba unaprijediti monitoring nanosa
4.	Terezino Polje	152,3	Treba unaprijediti monitoring nanosa
5.	Donji Miholjac	80,5	Treba unaprijediti monitoring nanosa.
6.	Belišće	53,8	Zadnja postaja na Dravi prije ušća u Dunav . Treba uvesti monitoring nanosa..
7.	Bijelo Brdo	1,00	Lokacija izuzetnog taloženja na ušću u Dunav. Treba uvesti monitoring nanosa.
RIJEKA MURA			
1.	Goričan	693,4	Prekogranični profil Treba uvesti monitoring nanosa.
2.	Mursko Središće	693,4	Prekogranični profil Treba uvesti monitoring nanosa.
RIJEKA SAVA			
1.	Drenje Brdovečko-	693,4	Ulazni profil. Treba uvesti monitoring nanosa
2.	Podsused most	676,3 (675,4)	Ušće Krapine. Pomaknuti lokaciju u odnosu na h.s. Treba unaprijediti monitoring nanosa.
3.	Rugvica	636,3	Treba unaprijediti monitoring nanosa.
4.	Crnac	575	Lokacija nakon ušća Kupe.Treba uvesti monitoring nanosa.
4.	Jasenovac nizv.	498 (500,5)	Ušće Une. Pomaknuti lokaciju u odnosu na h.s. Treba uvesti monitoring nanosa.
5.	Stara Gradiška	453,4	Treba uvesti monitoring nanosa (obnoviti)
6.	Davor c.s.	416	Ušće Vrbasa. Treba uvesti monitoring nanosa.
7.	Slavonski Brod	360	Treba unaprijediti monitoring nanosa.
8.	Slavonski Šamac	306	Ušće Bosne. Pomaknuti lokaciju u odnosu na h.s. Treba uvesti monitoring nanosa.
9.	Gunja	227	Izlazni profil. Treba uvesti monitoring nanosa
RIJEKA KRAPINA			
1.	Kupljenovo	14	Lokacija prije ušća u Savu. Treba uvesti monitoring nanosa.
RIJEKA UNA			
1.	Hrv. Kostajnica	42,1	Treba uvesti monitoring nanosa (obnoviti)
2.	Dobretin	78,5	Lokacija prije ušća Sane. Treba uvesti monitoring nanosa.
3.	Donja Suvaja - vrelo Une	192	nova lokacija za mjerenje konc. susp. nanosa na samom izvoru

5. ZAKLJUČAK

Riječni vodni režim neprekidno je u pokretu i interakciji sa mnogim prirodnim i antropogenim čimbenicima. Glavne komponente riječnog vodnog režima su hidrologija, hidromorfologija, meteorologija, geološka podloga, pokrov zemljišta, režim leda i pronos riječnog nanosa.

Pronos riječnog nanosa je važna komponenta riječnog režima koja ukazuje na dinamiku riječnog korita i njezinu interakciju s obalnim područjem.

Analiza kvantitete i kvalitete nanosa duž vodotoka i njihova promjena u vremenu je od velike važnosti za upravljanje slivom.

Aktivnosti u okviru Projekta Danube Sediment, potaknule su sustavni pristup gospodarenju riječnim nanosom, čiji je prvi korak obuhvatio:

- Unaprjeđenje spoznaja o količinama nanosa i problematici vezanoj uz nanos;
- Izradu smjernica za upravljanje nanosom na slivu rijeke Dunav, koje će pružiti podršku dionicima i tijelima za upravljanje vodama

Kako postojeći monitoring riječnog nanosa na Dunavu ne postoji, a na Dravi i Savi, kao najvećim pritocima Dunava u Hrvatskoj nije zadovoljavajući, u okviru opisanih aktivnosti predviđen je opsežni plan proširenja i unaprjeđenja monitoringa.

LITERATURA

[1] Prognoze morfološko – psamoloških procesa u rijeci Dravi nakon izgradnje HE Novo Virje: "Procjena utjecaja postojećih vodnih građevina i eksploatacije riječnog nanosa na morfološko-psamološke značajke Drave, Institut za elektroprivredu d.d., 1998."

[2] Identifikacija utjecajne zone podvodnog regulacijskog praga u koritu rijeke Save kod TE-TO Zagreb, Institut za elektroprivredu i energetiku, Zagreb, 1994.

[3] Studija o mogućnostima vađenja pijeska i šljunka iz rijeke Drave, Hrvatske vode, Vodnogospodarski odjel za vodno područje sliva Drave i Dunava, Osijek, 1997.

[4] WB8-HR-ENE-11 - Hidrološke analize rijeke Save na potezu od granice sa Slovenijom do Siska, Institut za elektroprivredu i energetiku, Zagreb, 2015.

[5] Projekt uklanjanja nanosa iz akumulacijskog jezera HE Varaždin, Institut za elektroprivredu d.d., 2009.

[6] Bonacci O., Oskoruš D., "The Drava River", editor D. Loczy, Chapter 9.: Human Impact on Water regime

[7] www.interreg-danube.eu

ANALIZA HIDROMORFOLOŠKIH PRITISAKA NA VODNOM PODRUČJU RIJEKE SAVE U FEDERACIJI BIH

ANALYSIS OF HYDROMORPHOLOGICAL PRESSURES IN THE WATER AREA OF THE SAVA RIVER IN THE BIH FEDERATION

dr.sc.Anisa Čičić-Močić, dipl.biolog,
Agencija za vodno područje rijeke Save,
Hamdije Ćemerlića 39a, Sarajevo
anisa@voda.ba

Nusmir Pašič, dipl.ing.građ.
Agencija za vodno područje rijeke Save,
Hamdije Ćemerlića 39a, Sarajevo
nusmir.pasic@voda.ba

Sažetak: Kroz Plan upravljanja vodama za vodno područje rijeke Save u Federaciji BiH (2016-2021.) hidromorfološke promjene vodnih tijela površinskih voda prepoznate su kao jedno od ″značajnih pitanja upravljanja vodama″. Agencija za vodno područje rijeke Save Sarajevo je, u cilju implementacije mjera propisanih Planom upravljanja, realizovala projekat identifikacije hidromorfoloških pritisaka na terenu za sve vodotoke slivne površine veće od 10 km2 na pet predmetnih podslivova rijeke Save u Federaciji BiH. Primijenjena metodologija prikupljanja podataka na terenu, sistematizacija i pohrana podataka te metodologija ocjenjivanja hidromorfoloških osobina rijeka usklađene su sa važećim bosanskohercegovačkim standardima za tu oblast te iskustvima zemalja Evropske Unije. Kao konačni rezultat provedenih analiza dobiven je relativno veliki broj vodnih tijela koja sa stanovišta hidromorfologije ne zadovoljavaju klasu propisanu zakonskom regulativom. Ova studija predstavlja sveobuhvatnu stručnu podlogu za daljnje analize, kako sa stanovišta hidromorfologije tako i sa stanovišta bioloških i fizičko–hemijskih istraživanja.

Ključne riječi: Plan upravljanja vodama, značajna pitanja upravljanja vodama, hidromorfološke promjene

Abstract: Through the Sava River Basin Management Plan in the Federation of BiH (2016-2021) hydromorphological changes in surface water bodies have been recognized as one of the “significant water management issues”. In order to implement the measures prescribed by the Management Plan, the Sava River Watershed Agency Sarajevo has implemented a project to identify hydromorphological pressures in the field for all watersheds more than 10 km2 on the five sub-basins of the Sava River in the Federation of BiH. The applied methodology of field data collection, systematization and storage of data, as well as the methodology for assessing the hydromorphological characteristics of rivers, are in line with the applicable BiH standards for the field and the experience of the countries of the European Union. As a final result of the conducted analyzes, a relatively large number of water bodies were obtained which, from the point of view of hydromorphology, do not meet the class prescribed by law. This study provides a comprehensive expert basis for further analysis, both from the perspective of hydromorphology and from the point of view of biological and physical-chemical research.

Key words: Water Management Plan, significant issues, hydromorphological change

UVOD

Kroz Plan upravljanja vodama za vodno područje rijeke Save u Federaciji BiH (2016-2021.) (u daljem tekstu Plan upravljanja) hidromorfološke promjene vodnih tijela površinskih voda prepoznate su kao jedno od ˝značajnih pitanja upravljanja vodama˝. Značajne hidro-morfološke promjene i njihovi mogući uticaji na status kvaliteta površinskih vodnih tijela predstavljaju jednu od ključnih opasnosti u pogledu dostizanja ekoloških ciljeva Okvirne direktive o vodama EU (2000/60/EC) (u daljem tekstu ODV).

Hidromorfološki pritisci nastaju kao posljedica raznih hidroinžinjerskih zahvata na vodotocima i mogu jako izmijeniti prirodni izgled i karakteristike površinskih voda koji je značajan s aspekta obezbjeđenja uslova života i održanja akvatičnih živih bića. Izmjena prirodnih hidromorfoloških uslova može imati negativne efekte na akvatičnu populaciju, što može rezultirati nedostizanjem okolišnih ciljeva propisanih ODV-om. Korištenje voda u energetske svrhe, plovidba i zaštita od voda su glavni uzročnici hidromorfoloških promjena. Hidromorfološke promjene, također, mogu rezultirati antropogenim aktivnostima vezanim za urbanizaciju i poljoprivredu. Spomenuti pokretači mogu uticati na prirodne hidromorfološke karakteristike površinskih voda pojedinačno i zbirno. Ključni elementi analize pritisaka i uticaja s aspekta hidromorfoloških promjena su dati u narednoj tabeli.

Tabela 1 Ključni elementi analize hidromorfoloških pritisaka i uticaja

Ljudska aktivnost	Fizička promjena vodnog resursa	Uticaj
• urbani razvoj	• kanalisanje vodotoka u naseljenim mjestima	• promjena u poprečnom i podužnom profilu vodotoka
• zaštita od poplava	• izgradnja raznih objekata za prijem površinskih i/ili otpadnih voda iz zaobalja	• promjena karakteristika vodnog režima
• proizvodnja el. energije	• produbljivanje korita	• promjena u eroziji i transportu sedimenta
• vodosnabdijevanje	• izgradnja nasipa i/ili obaloutvrda	• presijecanje kontinuiteta rijeke i/ili habitata
• poljoprivreda	• čišćenje riječnog nanosa	• promjena u lateralnoj povezanosti s prirodnim poplavnim područjem i/ili močvarama
• plovidba	• izgradnja brana/akumulacija	• presijecanje povezanosti površinskih i podzemnih voda
• eksploatacija riječnog materijala	• prekid kontinuiteta uslijed izgradnje brana, ustava i pratećih objekata	• promjena u poprečnom i podužnom profilu vodotoka
• turizam, ribarstvo i rekreacija.	• izgradnja raznih vodozahvatnih objekata	

Identifikacijom hidromorfoloških pritisaka koji utiču na prekid kontinuiteta vodotoka i staništa, izmjene u hidrološkom režimu te izmjene u morfologiji riječnog korita, u tabeli u nastavku se daju za pojedinu grupu pritisaka, tip pritiska te glavni pokretači.

Tabela 2 Tipovi hidromorfoloških pritisaka i njihovi pokretači

Grupa pritiska	Tip pritiska i glavni pokretači
Longitudinalni prekid kontinuiteta vodotoka i staništa	**1. Prekid kontinuiteta vodotoka i puteva migracije riba** *Pokretači:* brane i akumulacije izgrađene za potrebe navodnjavanja, korištenja hidroenergije, zahvaćanje vode za piće; druge vrste pregrada.
Hidrološka promjena	**2. Nedovoljan ekološki protok nizvodno od pregradnog mjesta** *Pokretači:* brane i akumulacije izgrađene za potrebe navodnjavanja, korištenja hidroenergije, zahvaćanje vode za piće; druge vrste pregrada. **3. Efekti rezervoara:** Dijelovi vodotoka na koje su uticali promijenjeni uslovi protoka uzvodno (i) umjetne prepreke (promjena karaktera vodotoka iz rijeke u jezero) ili (i) eksploatacije riječnog materijala. *Pokretači:* brane i akumulacije izgrađene za potrebe navodnjavanja, korištenja hidroenergije, zahvaćanje vode za piće; druge vrste pregrada. **4. Nagle vještačke promjene nivoa vode kod vršnog rada hidroelektrana (tzv. hydropeaking):** Dijelovi vodotoka nizvodno od vještačkih pregrada/hidroenergetskih objekata pod uticajem vršnog rada hidroelektrana. *Pokretači:* brane i akumulacije izgrađene za potrebe korištenja hidroenergije, druge vrste pregrada.
Morfološke promjene	**5. Promjene prirodnog morfološkog stanja vodotoka** *Pokretači:* Širok dijapazon korištenja voda, uključujući zaštitu od kojih su najvažnije: poljoprivreda, zaštita od poplava, zaštita utbanih zona, industrija, korištenje hidroenergije, navigacija, itd.

Program mjera Plana upravljanja je koncipiran sa ciljem da se smanjenje uticaja hidromorfoloških promjena na status vodnih tijela, kako za ranije izgrađene objekte tako i za objekte planirane za izgradnju u narednom planskom ciklusu, ostvari do 2039. godine na način da niti jedno vodno tijelo na slivu rijeke Save u Federaciji BiH ne bude pod rizikom dostizanja okolišnih ciljeva usljed stepena hidromorfoloških promjena.

U cilju realizacije mjera Plana upravljanja, Agencija za vodno područje rijeke Save Sarajevo (u daljem tekstu AVP Sava) je krajem novembra 2017. godine, započela realizaciju projekta: „Izrada studije hidromorfoloških pritisaka i procjene njihovih uticaja na vodotoke, poboljšanje hidromorfoloških karakteristika, te poboljšanje režima protoka i uspostavljanje ekološki prihvatljivog proticaja“.

Cilj ovog projekta je izrade tri studije koje se odnose na:

- Analizu hidromorfoloških pritisaka i procjenu njihovog uticaja za vodotoke površine sliva preko 10 km^2,
- Poboljšanje hidromorfoloških karakteristika vodotoka površine sliva preko 10 km^2, i
- Poboljšanje režima protoka i uspostavljanja ekološki prihvatljivog proticaja.

U okviru provedenih analiza hidromorfoloških pritisaka posebna pažnja je posvećena identifikaciji sljedećih hidromorfoloških promjena:

- izgradnja brana i njima pripadajućih akumulacija;
- izgradnja objekata u cilju zaštite od voda;

- izgradnja objekata u cilju dreniranja nasipima zaštićenih poljoprivrednih zemljišta;
- provođenje radova vezanih za eksploataciju šljunka i uklanjanje naplavina iz korita;
- provođenje radova regulacije korita vodotoka u urbanim naseljima.

Identifikacija hidromorfoloških pritisaka obavljena je na terenu za sve vodotoke slivne površine veće od 10 km^2.

U nastavku teksta predstaviće se dobijeni rezultati podaci iz studije Analiza hidromorfoloških pritisaka i procjena njihovog uticaja za vodotoke površine sliva preko 10 km^2.

1. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

Za potrebe prikupljanja relevantnih podataka na osnovu kojih su identificirani hidromorfološki pritisci i utvrđene dionice vodotoka/vodnih tijela izložene hidromorfološkim pritiscima koji mogu imati značajan uticaj na ocjenu statusa površinskih vodnih tijela i procjenu rizika dostizanja ekoloških ciljeva provedena su vrlo opsežna terenska istraživanja.
Identifikacija hidromorfoloških pritisaka obavljena je na terenu za sve vodotoke slivne površine veće od 10 km2. Predmet istraživanja bila su ukupno 533 vodna tijela na podslivovima rijeke Save u Federaciji BiH: Bosne; Une, Korane i Gline; Vrbasa; Drine i neposrednom slivu Save.
Primijenjena metodologija prikupljanja podataka na terenu, sistematizacija i pohrana podataka te metodologija ocjenjivanja i interpretacija hidromorfoloških osobina rijeka usklađene su sa Smjernicama za ocjenjivanje hidromorfoloških osobina rijeka (BAS EN 14614:2004), Standardnim uputstvom za određivanje stepena modifikacije riječne hidromorfologije (BAS EN 15843:2010), te iskustvima zemalja Evropske Unije.
Veličina morfoloških obilježja se mijenja duž vodnog tijela. Zbog toga je osnova na kojoj je provedeno hidromorfološko istraživanje bilo vodno tijelo.

Prema usvojenoj metodologiji prikupljanja podataka i ocjenjivanja hidromorfoloških osobina rijeka vodna tijela su podijeljena na manje jedinice istraživanja (odsječke) i lokacije (tačke) na kojima su vršena detaljna terenska istraživanja svakog vodnog tijela, a sve kako bi se dobile relevantne podloge za ocjenjivanje hidromorfoloških osobina, te u konačnici izvršila klasifikacija vodnih tijela.

Parametri terenskog protokola se prikupljaju radi karakterizacije obilježja krajolika na lokacijama istraživanja na slivu. Te informacije su korištene za bodovanje različitih parametara hidromorfološke procjene i za kategoriziranje istraživanog vodnog tijela/mjesta. Parametri ocjene su podijeljeni u tri glavne kategorije obilježja: hidrologija, uzdužna povezanost i morfologija.

Treba napomenuti da terenski protokoli opisuju zatečeno trenutno stanje rijeke. Popunjeni terenski protokoli svedeni su na sumarnu tabelu (posebno za odsječke, te posebno za vodna tijela) u kojoj su date ocjene za pojedine hidromorfološke parametre iz kojih proizlaze hidromorfološke klase odsječaka te u konačnici hidromorfološke klase vodnih tijela.

Shodno prethodno navedenom, vodna tijela su svrstana u pet klasa prema ukupnoj ocjeni. Ukupne ocjene kreću se od 1 do 5, s tim da ocjena 1 predstavlja praktički prirodno vodno tijelo gotovo lišeno antropogenog uticaja, a ocjena 5 predstavlja vodno tijelo koje je u velikoj mjeri izloženo hidromorfološkim pritiscima (Tabela 3).

Tabela 3 Način klasificiranja i prikaz vodnih tijela prema intenzitetu hidromorfoloških pritisaka

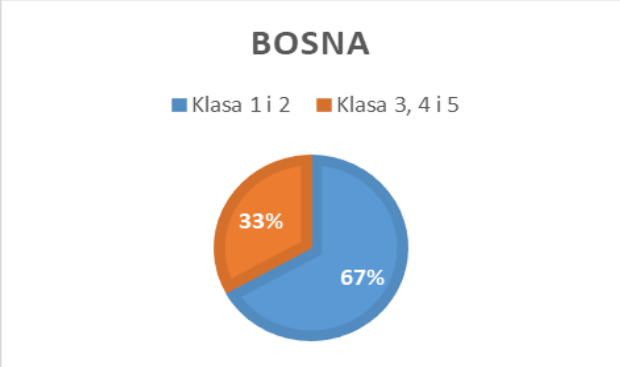
Rezultat	Klasa	Opis	Boja na karti
1 do < 1,5	1	Gotovo prirodno	plava
1,5 do < 2,5	2	Neznatno promijenjeno	zelena
2,5 do < 3,5	3	Umjereno promijenjeno	žuta
3,5 do < 4,5	4	U velikoj mjeri promijenjeno	narandžasta
4,5 do 5,0	5	Izrazito promijenjeno	crvena

2. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

U nastavku se daju rezultati ocjenjivanja/klasifikacije hidromorfoloških osobina vodnih tijela po pojedinim podslivovima i ocjena hidromorfoloških osobina za kompletno vodno područje rijeke Save u Federaciji BiH.

2.1. Podsliv Bosne

Na slivnom području rijeke Bosne u Federaciji BiH identificirano je ukupno 315 vodnih tijela, sa ukupnom dužinom 2.649,19 km. Za potrebe ovog istraživanja na ovim vodnim tijelima je definisano ukupno 613 odsječka te 1721 tačka.
Sumarni rezultati hidromorfološkog klasificiranja vodnih tijela sliva Bosne pokazuju da 111 vodnih tijela ima klasu 3,4 i 5, što iznosi 876,08 km (33,07% ukupne dužine podsliva) dok preostalih 204 vodna tijela imaju klasu 1 i 2, što iznosi 1.773,11 km (66,93% ukupne dužine podsliva) (Grafikon 1 i Tabela 4).



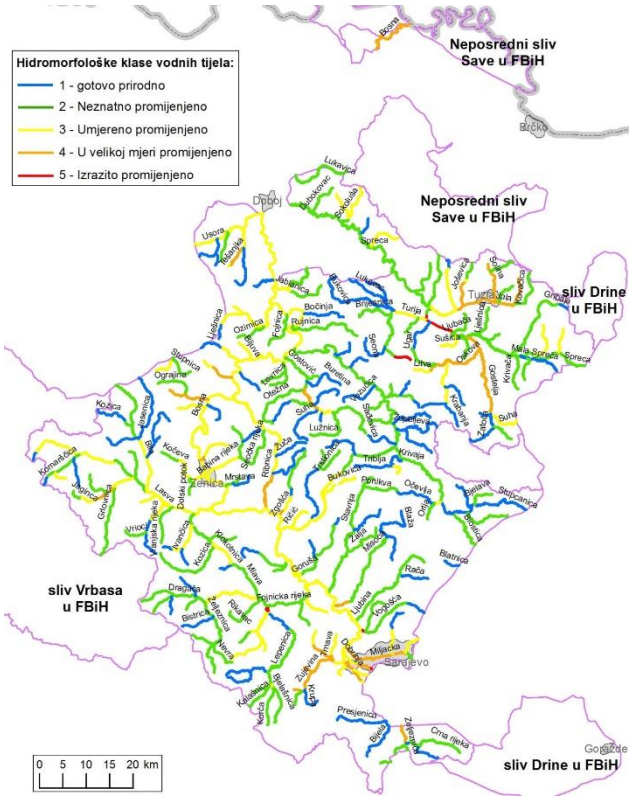
Grafikon 1 prikaz ocjenjivanja vodnih tijela podsliva Bosne za klase 1 i 2 i klase 3, 4 i 5.

Tabela 1 Broj vodnih tijela podsliva Bosne po pojedinoj hidromorfološkoj klasi

Rezultat	Klasa	Opis	Boja na karti	Broj vodnih tijela podsliva Bosne po pojedinoj klasi
1 do < 1,5	1	Gotovo prirodno	plava	88
1,5 do < 2,5	2	Neznatno promijenjeno	zelena	116
2,5 do < 3,5	3	Umjereno promijenjeno	žuta	77
3,5 do < 4,5	4	U velikoj mjeri promijenjeno	narandžasta	29
4,5 do 5,0	5	Izrazito promijenjeno	crvena	5
			Ukupno:	315

Obavljene terenske analize pokazuju da su na slivu rijeke Bosne dominantni pritisci izgrađeni betonski potporni zidovi, te regulacione vodne građevine u riječnom koritu i izvan njega (kaskade, pregrade, obaloutvrde). Od ostalih hidromorfoloških pritisaka zabilježeni su: hidroenergetski objekti (male hidroelektrane, brana s akumulacijom, vodozahvat za strojaru), a na ocjenu također utiče i blizina naselja (dijelovi vodotoka uz saobraćajnicu s često izvedenim potpornim zidovima što utiče na stepen lateralnog kretanja riječnog toka). Dominantni hidromorfološki parametri koji odlikuju vodna tijela koja čine vodotok rijeke Bosne su obalo utvrde, regulacje, te suženja profila za izgradnju mostova i saobraćajnica. Prosječna ocjena ovih vodnih tijela je 3.

Hidromorfološke klase vodnih tijela podsliva Bosne predstavljene su na sljedećoj slici (Slika 1).



Slika 1 Hidromorfološke klase vodnih tijela podsliva Bosne

Primjeri dominantnih hidromorfoloških pritisaka zabilježeni na podslivu Bosne dati su na sljedećim slikama:



Slika 2 Potporni zidovi na Lukavačkoj rijeci



Slika 2 Regulisano korito Sokoluše

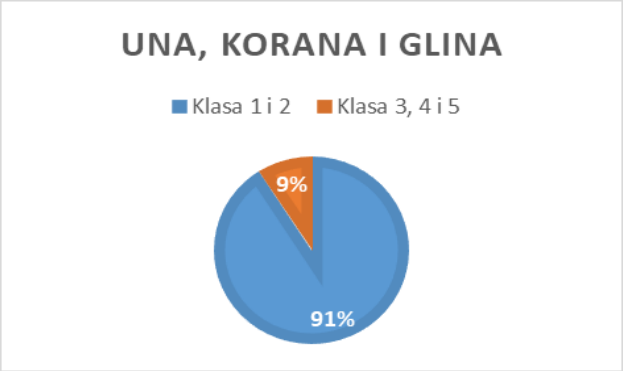


Slika 3 Regulisano korito Babine rijeke

2.2. Podsliv Une, Korane i Gline

Na slivnom području rijeke Une, Korane i Gline u Federaciji BiH identificirano je ukupno 88 vodnih tijela, sa ukupnom dužinom 854,89 km i za potrebe ovog istraživanja na njima je definisano ukupno 198 odsječaka te 470 tačaka.

Sumarni rezultati hidromorfološkog klasificiranja vodnih tijela podsliva Une, Korane i Gline pokazuju da 7 vodnih tijela ima klasu 3, dok preostalih 81 vodnih tijela imaju klasu 1 i 2.
Ovaj podsliv nema klasu 4 i 5, dok vodna tijela klase 3 imaju dužinu od 77,42 km, što čini 9,06% ukupne dužine podsliva (Grafikon 2 i Tabela 5).



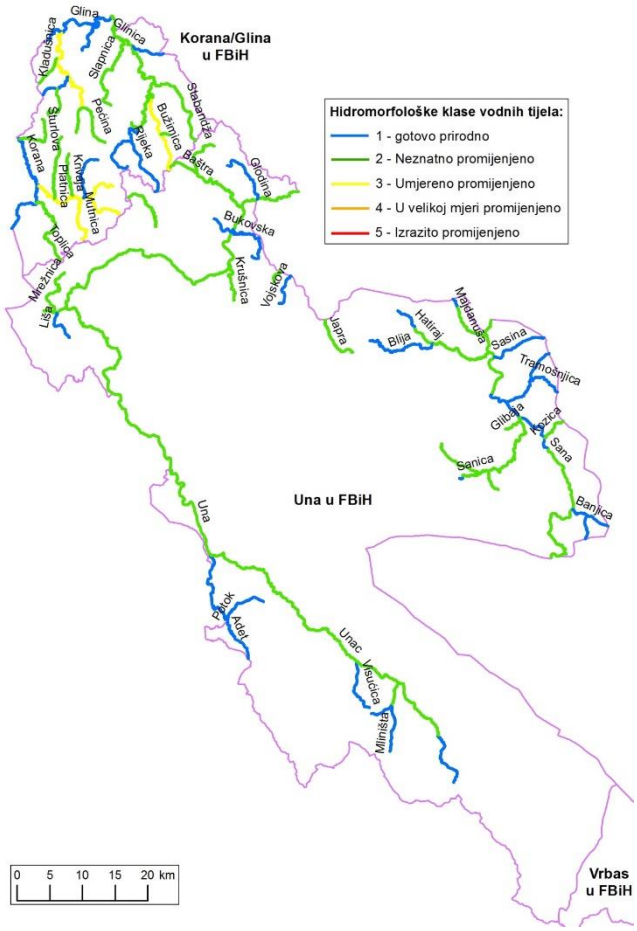
Grafikon 2 prikaz ocjenjivanja vodnih tijela podsliva Une, Korane i Gline za klase 1 i 2 i klase 3, 4 i 5.

Tabela 5 Broj vodnih tijela podsliva Une, Korane i Gline po pojedinoj hidromorfološkoj klasi

Rezultat	Klasa	Opis	Boja na karti	Broj vodnih tijela podsliva Une, Korane i Gline po pojedinoj klasi
1 do < 1,5	1	Gotovo prirodno	plava	38
1,5 do < 2,5	2	Neznatno promijenjeno	zelena	43
2,5 do < 3,5	3	Umjereno promijenjeno	žuta	7
3,5 do < 4,5	4	U velikoj mjeri promijenjeno	narandžasta	0
4,5 do 5,0	5	Izrazito promijenjeno	crvena	0
			Ukupno:	88

Analiza terenskih podataka pokazuje da je na ovome podslivu zabilježen najmanji antropogeni uticaj u usporedbi sa ostalim podslivovima vodnog područja rijeke Save u Federaciji BiH. Jedan od razloga je činjenica da je jedan dio podsliva proglašen nacionalnim parkom („Nacionalni park Una“) gdje su ograničeni antropogeni uticaji.
Na vodnim tijelima podsliva Une, Korane i Gline čija je hidromorfološka klasa 3, kao vodeći pritisci ističu se regulacije korita u vidu ispravljanja trase vodotoka, a korito je prokopano i produbljeno. Značajni pritisak predstavljaju i izgrađena naselja s kultivisanim površinama za potrebe poljoprivrede. Od ostalih hidromorfoloških pritisaka zabilježeni su: mostovi s cijevnim propustima, te regulacione vodne građevine u riječnom koritu i izvan njega (kaskade, pregrade, obaloutvrde).

Hidromorfološke klase vodnih tijela podsliva Une, Korane i Gline predstavljene su na narednoj slici.



Slika 4 Hidromorfološke klase vodnih tijela podsliva Une, Korane i Gline

Primjeri dominantnih hidromorfoloških pritisaka zabilježeni na podslivu Une, Korane i Gline dati su na sljedećim slikama:



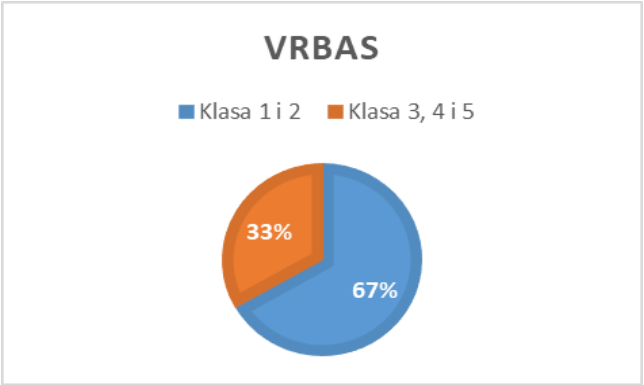
Slika 5 Ispravljanje trase Mutnice



Slika 6 Ispravljanje trase Čajinog potoka

2.3. Podsliv Vrbasa

Na slivnom području rijeke Vrbas u Federaciji BiH identificirano je 62 vodna tijela sa ukupnom dužinom 545,67 km, a na njima je definisano ukupno 101 odsječak te 340 tačaka.
Sumarni rezultati hidromorfološkog klasificiranja pokazuju da 15 vodnih tijela ima klasu 3 i 4, što čini 181,45 km, tj. 66,75% ukupne dužine podsliva, dok preostalih 47 vodna tijela imaju klasu 1 i 2. Niti jedno vodno tijelo nema klasu 5 (Grafikon 2 i Tabela 2).

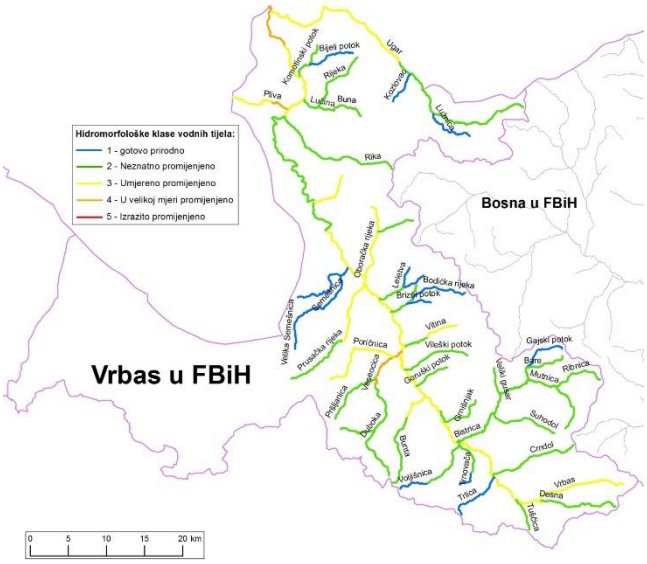


Grafikon 2 prikaz ocjenjivanja vodnih tijela podsliva Vrbasa za klase 1 i 2 i klase 3, 4 i 5.

Tabela 2 Broj vodnih tijela podsliva Vrbasa po pojedinoj hidromorfološkoj klasi

Rezultat	Klasa	Opis	Boja na karti	Broj vodnih tijela podsliva Vrbasa po pojedinoj klasi
1 do < 1,5	1	Gotovo prirodno	plava	15
1,5 do < 2,5	2	Neznatno promijenjeno	zelena	32
2,5 do < 3,5	3	Umjereno promijenjeno	žuta	12
3,5 do < 4,5	4	U velikoj mjeri promijenjeno	narandžasta	3
4,5 do 5,0	5	Izrazito promijenjeno	crvena	0
			Ukupno:	62

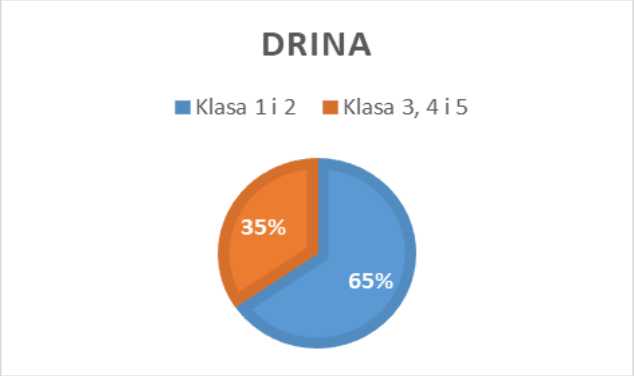
Pregled hidromorfoloških pritisaka registrovanih u sklopu terenskih aktivnosti pokazuje da su dominantni pritisci na slivu Vrbasa izgrađene hidroelektrane, prvenstveno se to odnosi na HE Jajce I i HE Jajce II, gdje se izgradnjom hidrotehničkih objekata (brana, akumulaciono jezero, vodozahvat, derivacijski kanal) i preraspodjelom voda uticalo na hidromorfološke karakteristike nekoliko vodnih tijela. Na slivu ima i veliki broj malih hidroelektrana.
Od ostalih hidromorfoloških pritisaka zabilježeni su: izgrađeni betonski potporni zidovi, te regulacione vodne građevine u riječnom koritu i izvan njega (kaskade, pregrade, obaloutvrde), na ocjenu također utiče i blizina naselja (dijelovi vodotoka uz saobraćajnicu s često izvedenim potpornim zidovima što utiče na stepen lateralnog kretanja riječnog toka). Hidromorfološki parametri koji su karakteristični za rijeku Vrbas su u glavnom prisustvo hidroelektrana Jajce I i Jajce II, te zahvati za Male hidroelektrane. Vodna tijela koja čine rijeku Vrbas su ocijenjena sa prosječnom ocjenom 3.



Slika 7 Hidromorfološke klase vodnih tijela podsliva Vrbasa

2.4. Podsliv Drine

Na slivnom području rijeke Drine u Federaciji BiH identificirana su 32 vodna tijela, sa ukupnom dužinom 255,59 km i na njima je za potrebe terenskih ispitivanja, definisano ukupno 52 odsječka te 157 tačaka.
Sumarni rezultati hidromorfoloških klasificiranja vodnih tijela pokazuju da 9 vodnih tijela ima klasu 3 i 4, što čini 88,22 km, tj. 34,52% ukupne dužine vodotoka podsliva, dok preostalih 23 vodna tijela imaju klasu 1 i 2. Niti jedno vodno tijelo na slivu Drine nema klasu 5. (Grafikon 3 i Tabela 3)

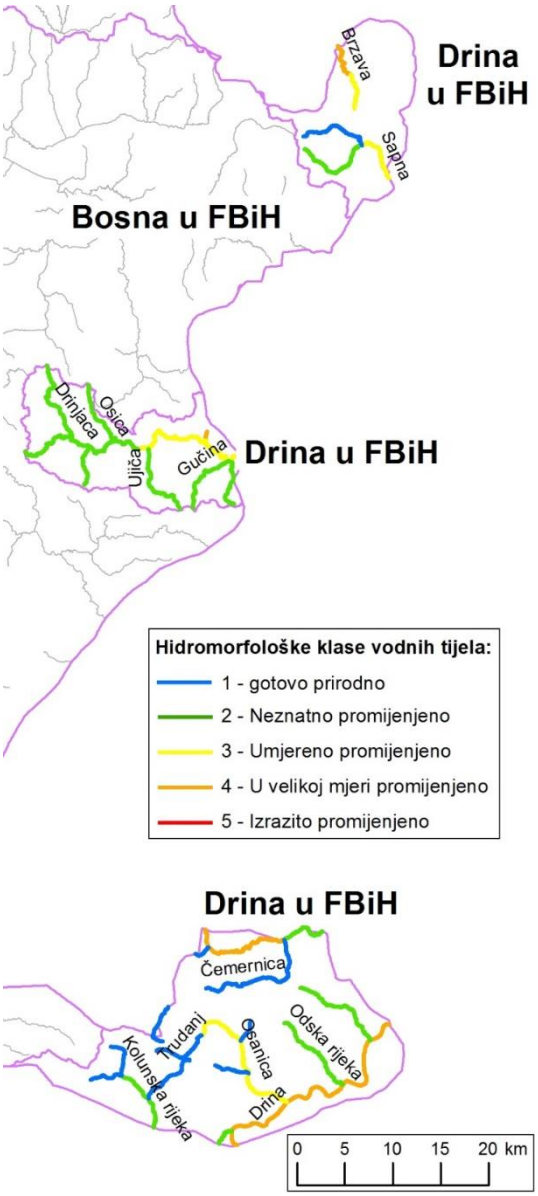


Grafikon 3 prikaz ocjenjivanja vodnih tijela podsliva Drine za klase 1 i 2 i klase 3, 4 i 5.

Tabela 3 Broj vodnih tijela podsliva Drine po pojedinoj HM klasi

Rezultat	Klasa	Opis	Boja na karti	Broj vodnih tijela podsliva Drine po pojedinoj klasi
1 do < 1,5	1	Gotovo prirodno	plava	10
1,5 do < 2,5	2	Neznatno promijenjeno	zelena	13
2,5 do < 3,5	3	Umjereno promijenjeno	žuta	4
3,5 do < 4,5	4	U velikoj mjeri promijenjeno	narandžasta	5
4,5 do 5,0	5	Izrazito promijenjeno	crvena	0
			Ukupno:	32

Analiza sliva Drine pokazuje da su na ovim vodnim tijelima prisutni HM pritisci i to: regulacione vodne građevine u riječnom koritu i izvan njega (kaskade, pregrade, obaloutvrde), hidroenergetski objekti (male hidroelekrane, brana s akumulacijom, vodozahvat za strojaru), a na ocjenu također utiče i blizina naselja (dijelovi vodotoka uz saobraćajnicu s često izvedenim potpornim zidovima što utiče na stepen lateralnog kretanja riječnog toka).
Rijeku Drinu u FBiH čine dva vodna tijela koja su ocijenjena sa prosječnom ocjenom 4. Ovako visoku klasu ovih vodnih tijela uzrokovao je uticaj uzvodne hidroelekrane Mratinje i uspora od hidroelektrane Višegrad. Pored navedenih hidromorfološki uticaji koji su prepoznati na rijeci Drini su regulacija vodotoka, potporni zidovi za osiguranje saobraćajnica i mostova te uticaj poljoprivrede.



Slika 8 Hidromorfološke klase vodnih tijela podsliva Drine

Primjeri dominantnih hidromorfoloških pritisaka zabilježeni na podslivu Drine dati su na sljedećim slikama:



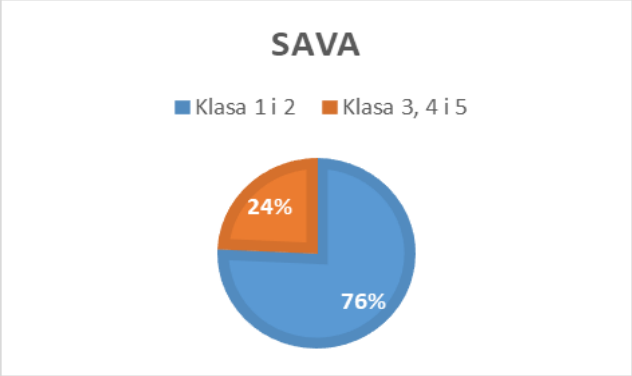
Slika 9 Regulacija korita na ušću Dragošina u Praču



Slika 10 Regulacija korita Prače

2.5. Neposredni sliv Save

Na neposrednom slivu rijeke Save u Federaciji BiH identificirano je 36 vodnih tijela, sa ukupnom dužinom 400,69 km i na njima je definisano ukupno 64 odsječaka te 201 tačka.
Sumarni rezultati hidromorfološkog klasificiranja pokazuju da 7 vodnih tijela ima klasu 3, što čini 97,2 km, tj. 24,26% ukupne dužine podsliva, dok preostalih 29 vodnih tijela imaju klasu 1 i 2.
Niti jedno vodno tijelo neposrednog sliva Save nema klasu 4 ili 5 (Grafikon 4 i Tabela 4).

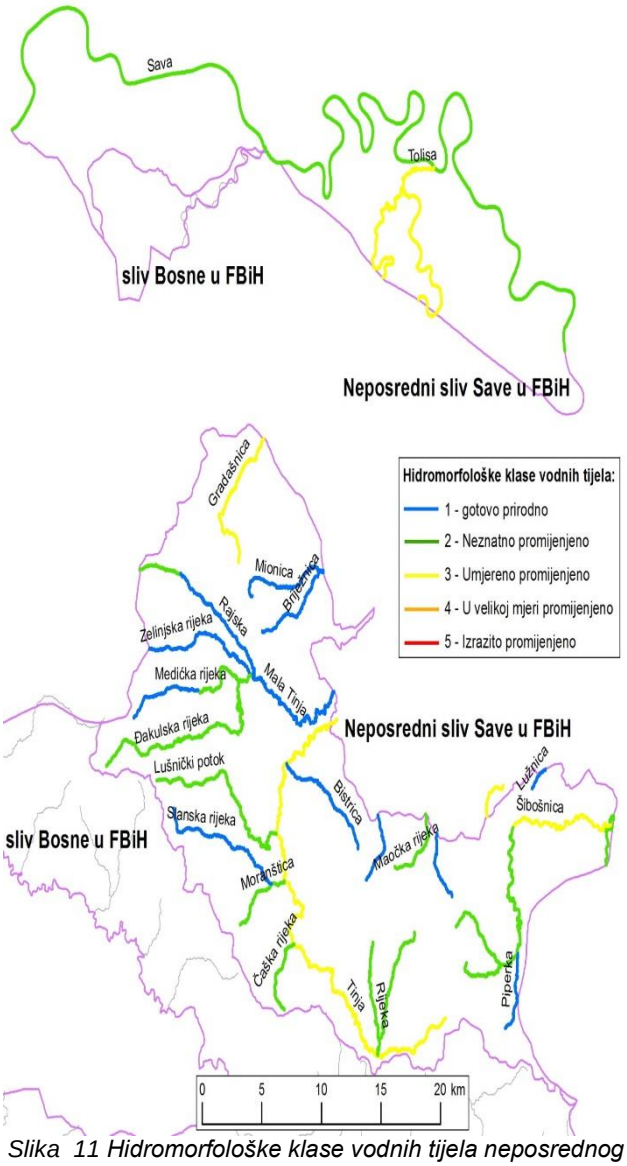


Grafikon 4 prikaz ocjenjivanja vodnih tijela u neposrednom slivu Save za klase 1 i 2 i klase 3, 4 i 5.

Tabela 4 Broj vodnih tijela neposrednog sliva Save po pojedinoj hidromorfološkoj klasi

Rezultat	Klasa	Opis	Boja na karti	Broj vodnih tijela neposrednog sliva Save po pojedinoj klasi
1 do < 1,5	1	Gotovo prirodno	plava	13
1,5 do < 2,5	2	Neznatno promijenjeno	zelena	16
2,5 do < 3,5	3	Umjereno promijenjeno	žuta	7
3,5 do < 4,5	4	U velikoj mjeri promijenjeno	narandžasta	0
4,5 do 5,0	5	Izrazito promijenjeno	crvena	0
			Ukupno:	36

Pregled hidromorfoloških pritisaka na slivu rijeke Save pokazuje da su na ovim vodnim tijelima prisutni hidromorfološki pritisci i to: regulacione vodne građevine u riječnom koritu i izvan njega (kaskade, pragovi, obaloutvrde i nasipi), što utiče na tlocrtni oblik i presjeka korita, te predstavlja prisustvo umjetnih materijala. Loša ocjena dana je parametru zemljišnog pokrova iza obalnog pojasa, većinom zbog poljoprivrednih površina. Na ocjenu također utiče i blizina naselja (dijelovi vodotoka uz saobraćajnicu s često izvedenim potpornim zidovima što utiče na stepen lateralne povezanosti rijeke i poplavnog područja te lateralnog kretanja riječnog toka).
Hidromorfološke karakteristike koje su prepoznate u neposrednom slivu rijeke Save su u prvom redu regulacija obala i uticaj poljoprivrednog zemljišta.



Slika 11 Hidromorfološke klase vodnih tijela neposrednog sliva Save

Primjeri dominantnih hidromorfoloških pritisaka zabilježeni na podslivu Save dati su na sljedećim slikama:



Slika 12 Kaskada u koritu Šibošnice



Slika 13 Regulacija korita Gradašnice



Slika 14 Regulacija korita na ušću Moraštice u Tinju

2.6. Sumarni prikaz rezultata

U ovome poglavlju dati će se sažeti prikaz rezultata ocjenjivanja i analize pritisaka na vodnom području rijeke Save u Federaciji BiH. U tu svrhu u narednoj tabeli daje se sumarni pregled dobivenih rezultata za sve predmetne podslivove.

Tabela 5 Rezultati ocjenjivanja/klasifikacije hidromorfoloških osobina vodnih tijela podslivova vodnog područja rijeke Save u Federaciji BiH

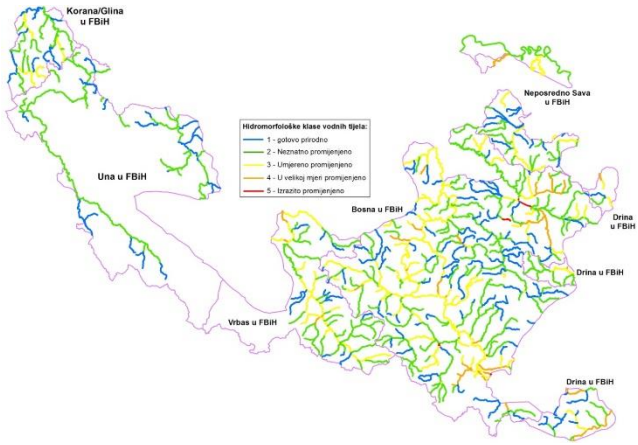
Rezultat	Klasa	Opis	Boja na karti	Podsliv Bosne	Podsliv Une, Korane i Gline	Podsliv Vrbasa	Podsliv Drine	Podsliv Save
1 do < 1,5	1	Gotovo prirodno	plava	88	38	15	10	13
1,5 do < 2,5	2	Neznatno promijenjeno	zelena	116	43	32	13	16
2,5 do < 3,5	3	Umjereno promijenjeno	žuta	77	7	12	4	7
3,5 do < 4,5	4	U velikoj mjeri promijenjeno	narandžasta	29	0	3	5	0
4,5 do 5,0	5	Izrazito promijenjeno	crvena	5	0	0	0	0
			Ukupno:	315	88	62	32	36

Rezultati ocjenjivanja/klasifikacije vodnih tijela pokazuju da od ukupno 533 vodnih tijela vodnog područja rijeke Save u Federaciji BiH hidromorfološkim klasama 3, 4 i 5, kod kojih postoji rizik od nepostizanja okolišnih ciljeva, pripada 149 vodnih tijela ili 28%, tj. 1.320,37 km ukupne dužine slivnog područja. Po pojedinim podslivovima taj udio iznosi:

- na podslivu Bosne – 111 vodnih tijela ili 35% od ukupno 315 vodnih tijela, tj. 876,08 km ili 33,07% ukupne dužine podsliva,
- podslivu Une, Korane i Gline – 7 vodnih tijela ili 21% od ukupno 88 vodnih tijela, tj. 77,42 km ili 9,06% ukupne dužine podsliva,
- podslivu Vrbasa – 15 vodnih tijela ili 24% od ukupno 62 vodna tijela, tj.181,45 km ili 33,25% ukupne dužine podsliva,
- podslivu Drine – 9 vodnih tijela ili 28% od ukupno 32 vodna tijela, tj. 88,2 km ili 34,52% ukupne dužine podsliva,
- podslivu Save – 7 vodnih tijela ili 19% od ukupno 36 vodna tijela, tj. 97,2 km ili 24,26% ukupne dužine podsliva.

Hidromorfološki pritisci koji se javljaju na vodnim tijelima svih pet podslivova klase 1 i 2 vezani su u najvećoj mjeri za učinke umjetnih građevina u koritu. Pritisci koji se izdvajaju su umjetne građevine unutar korita (kaskade, pregrade, betonski stubovi mostova), te regulacione građevine na pokosima (obaloutvrde, potporni zidovi). Lošije ocjene uočavaju se kod parametra „zemljišni pokrov iza obalnog pojasa“, a uzrok tome je intenzivna izgradnja ili kultivisano zemljište za potrebe poljoprivrede. Prisutnost ovih pritisaka u konačnoj klasifikaciji navedenih vodnih tijela ne povećava rizik od dostizanja ekoloških ciljeva.

Na donjoj slici dat je shematski prikaz vodnih tijela s pripadajućim hidromorfološkim klasama.



Slika 15 Hidromorfološke klase vodnih tijela na vodnom području sliva rijeke Save u Federaciji BiH

Dominantni hidromorfološki pritisci zabilježeni na podslivovima rijeke Save u Federaciji BiH su:

Tabela 6 Dominantni hidromorfološki pritisci zabilježeni na podslivovima rijeke Save u Federaciji

	Broj VT po pojedinim grupama dominantnih pokretača HM pritisaka				
Podsliv	REGULACIJE	HIDROTEHNIČKI OBJEKTI	ZAŠTITNI ZIDOVI	OSTALO	Ukupno
BOSNA	32	14	42	23	111
UNA,KORANA,GLINA	0	0	3	4	7
VRBAS	2	8	3	2	15
DRINA	2	4	2	1	9
SAVA	1	1	4	1	7
Ukupno	37	26	55	31	149

Podsliv BOSNE

- betonski potporni zidovi
- kanalizirano koritu kroz veće gradove, regulacione vodne građevine (kaskade, pragovi, obaloutvrde)
- male hidroelektrane (MHE)
- gusta naseljenost uz vodotok i blizina saobraćajnice

Podsliv UNE, KORANE I GLINE

- ispravljanje trase vodotoka (korito prokopano i produbljeno)
- naselja s poljoprivrednim površinama
- mostovi s cijevnim propustima, kaskade, pregrade, obaloutvrde

Podsliv VRBASA

- HE Jajce I i Jajce II
- betonski potporni zidovi, regulacione vodne građevine (kaskade, pragovi, obaloutvrde)
- naselja i saobraćajnice

Podsliv DRINE

- regulacione vodne građevine (kaskade, pragovi, obaloutvrde)
- male hidroelektrane (MHE)
- naselja i saobraćajnice

Podsliv SAVE

- regulacione vodne građevine (kaskade, pragovi, obaloutvrde)
- naselja, poljoprivredne površine, saobraćajnice

Kao konačni rezultat provedenih analiza dobiven je relativno veliki broj vodnih tijela koja sa stanovišta hidromorfologije ne zadovoljavaju dobro hidromorfološko stanje.
Razlozi se nalaze u znatno većem fondu podataka koji su ušli u analizu, prikupljenih obimnim terenskim istraživanjima, kao i u primjenjenoj metodologiji ocjenjivanja, koja se razlikuje od dosadašnjih.
Ova studija predstavlja sveobuhvatnu stručnu podlogu za daljnje analize, kako sa stanovišta hidromorfologije tako i sa stanovišta bioloških i fizičko–hemijskih istraživanja.
Kako bi se dobio uvid u ekološki status vodnih tijela nužno je, nakon izrade Studije hidromorfoloških pritisaka i procjene njihovih uticaja dati procjenu ekološke osjetljivosti, pri čemu bi se uz dobivene rezultate hidromorfoloških analiza u obzir uzeli i rezultati bioloških i fizičko-hemijskih analiza. Tek tada je moguće ocijeniti ukupni ekološki status vodnih tijela.

Rezultati i podaci studije Analiza hidromorfoloških pritisaka i procjenu njihovog uticaja za vodotoke površine sliva preko 10 km^2 koristiće se kao ulazni parametri za izradu studije Poboljšanja hidromorfoloških karakteristika vodotoka površine sliva preko 10 km^2 i studije Poboljšanja režima protoka i uspostavljanja ekološki prihvatljivog proticaja.

2.7. Osvrt na vještačka vodna tijela (VVT)

Vještačka vodna tijela su tijela površinskih voda izgrađena ljudskom aktivnošću na lokacijama gdje u prirodnom prethodnom stanju nisu postojala (ili su postojala u vrlo maloj mjeri, kao što su prirodne depresije u terenu u kojima se povremeno ili stalno zadržavala voda).
Plan upravljanja vodama za vodno područje rijeke Save u BiH (2016.-2021.) definisao je preliminarno određena vještačka vodna tijela:

Uvidom u raspoloživu tehničku dokumentaciju može se zaključiti da se radi o kanalima u hidromelioracijskim kasetama koje pripadaju neposrednom slivu rijeke Save. Osnovna im je funkcija odvodnja viška unutarnjih voda koje se zbog izgrađenih nasipa duž Save ne mogu prirodno drenirati u recipijent, već su povezane s rijekom pomoću gravitacionih ispusta i precrpnih stanica na određenom broju lokacija. Navedeni kanali u sadašnjem stanju izgrađenosti i prema sadašnjoj namjeni nemaju karakter vodnih tijela, niti vlastiti vodni režim kao ni uvjete za postizanje dobrog stanja voda u hidromorfološkom smislu. Navedeno upućuje na zaključak da se radi o hidrotehničkim objektima te oni po definiciji ne pripadaju vodnim tijelima i kao takve predlaže se njihovo izbacivanje s popisa vodnih tijela jer oni to po svojoj funkciji i karakteristikama nisu.

2.8. Osvrt na korištenu metodologiju

Kako bi se ispunili zahtjevi Okvirne direktive o vodama, na osnovu europskih normi, Institut za standardizaciju BiH je prihvatio standardizacijske dokumente BAS EN 14614:2004 i BAS EN 15843:2010, koji daju prikaz procedura za procjenu hidromorfoloških karakteristika rijeke i metodologiju ocjenjivanja za analizirane pritiske i njihovu prezentaciju, u cilju što kvalitetnijih odgovora na pitanja i zahtjeve izvještavanja koji proizilaze iz zahtjeva ODV-a.
Metodologija, korištena u ovoj studiji, je u skladu sa navedenim normama, te obuhvata prikupljanje i obradu podataka u kancelariji, terensko istraživanje, ocjenjivanje hidromorfoloških osobina rijeka, te klasifikaciju vodnih tijela u skladu sa zabilježenim hidromorfološkim promjenama. Navedeni standardi definišu šesnaest parametara ocjenjivanja, svrstanih u tri glavne kategorije: morfologija, hidrologija i uzdužna povezanost. Na ovaj su način registrovani svi antropogeni pritisci bez obzira na druge (prirodne) karakteristike vodotoka (planinske, ravničarske, geološka građa terena, veličina sliva, proticaji i sl.). Jedinstvena ocjena se određuje kao prosjek šesnaest parametara i pretvara se u pet kategorija hidromorfološke ocjene, čiji se klasifikacijski pojmovi također razlikuju od prije korištenih. Ova metodologija je rađena za primjenu u cijeloj Evropskoj Uniji, bez obzira na međusobne različitosti pojedinih zemalja i lokalne specifičnosti, kao što su geografske karakteristike (uski nizinski prostori uz vodotoke, veliki uzdužni padovi vodotoka), obraštaj, korištenje zemljišta (urbanizacija), geološka građa (specifičnosti krša), te ostale značajke sliva Save u Federaciji BiH.
Upravo u tome se kriju i nedostaci ove metodologije, kao i smjerovi mogućih daljnjih unapređenja. Vodno područje rijeke Save u Federaciji BiH se znatno razlikuje od nizinskih područja npr. Nizozemske i Danske. Također međusobno izjednačavanje važnosti svih parametara u konačnici omogućava „ublažavanje“ učinka pojedinačnih većih pritisaka. Dodatni nedostatak je i objektivnost pri terenskom ocjenjivanju, koju je moguće unaprijediti većim vremenom potrebnim za pripremu i terenske radove, kao i uključivanjem više stručnjaka sa različitim iskustvom i širokim znanjem, ne samo iz područja hidromorfologije.

LITERATURA

[1] Studija hidromorfoloških pritisaka i procjena njihovih uticaja za vodotoke preko 10 km2 površine sliva na vodnom području rijeke Save u Federaciji BiH. Agencija za vodno područje rijeke Save Sarajevo, maj 2019.

USPOSTAVA MONITORINGA PODZEMNIH VODA ZA VODNO PODRUČJE RIJEKE SAVE U FEDERACIJI BOSNE I HERCEGOVINE

ESTABLISHMENT OF THE GROUNDWATER MONITORING FOR THE SAVA RIVER BASIN IN THE FEDERATION OF BOSNIA AND HERZEGOVINA

Mr.sci. Amila Ibrulj, dipl.ing.građ.
Agencija za vodno područje rijeke Save,
Hamdije Čemerlića 39a, Sarajevo
e-mail: amila@voda.ba

Sažetak: Kako bi se provela Strategija upravljanja vodama Federacije Bosne i Hercegovine 2010-2022, usvojeni su planovi upravljanja vodama za vodna područja. U skladu sa odredbama Zakona o vodama ("Službene novine Federacije BiH", broj 70/06) "Agencija za vodno područje rijeke Save" Sarajevo (AVP Sava) je pripremila Plan upravljanja vodama za vodno područje rijeke Save u Federaciji Bosne i Hercegovine (2016 – 2021) koji je usvojila Vlada Federacije BiH ("Službene novine Federacije BiH", broj 44/18). Plan upravljanja vodama je ključni dokument za donosioce odluka i druge zainteresovane sudionike u procesu donošenja odluka o načinu korištenja, zaštiti i smanjenju zagađenja vodnih resursa unutar određenog vodnog područja. Integralni dio Plana upravljanja je Program mjera (PM), koji je u cilju dostizanja dobrog stanja vode na vodnom području rijeke Save u FBiH potrebno implementirati u navedenom planskom periodu (od 6 godina). Jedna od mjera navedenog PM je uspostava adekvatnog monitoringa podzemnih voda u cilju praćenja stanja ovih voda. Prema Planu upravljanja vodama na vodnom području rijeke Save u FBiH (2016-2021) definisano je 20 grupa tijela podzemnih voda na vodnom području rijeke Save u FBiH. U decembru 2017. godine, urađen je "Elaborat uspostave monitoringa nivoa podzemnih voda I faza" (Elaborat). Ovim Elaboratom je definisano jedanaest lokacija za izvođenje pijezometara za prvu fazu uspostave monitoringa podzemnih voda. U decembru 2018. je završeno bušenje pijezometara i ugradnja mjerne opreme na svih jedanaest lokaliteta. U I-fazi uspostave monitoringa podzemnih voda obuhvaćena su vodna tijela međuzrnske poroznosti sa slobodnim nivoom podzemnih voda. U februaru 2019. izrađen je i "Elaborat monitoringa podzemnih voda na vodnom području rijeke Save u FBiH, II- faza". Elaborat II faze je odredio dvadeset lokacija za uspostavu monitoringa podzemnih voda u akviferima karstno-pukotinske poroznosti, kao i prijedlog uspostave monitoringa i plan monitoringa za sve lokalitete.

Ključne riječi: podzemne vode, monitoring podzemnih voda, plan upravljanja vodama, dobro stanje vode, zaštita vodnih resursa, smanjenje zagađenja vodnih resursa, bušenje, program monitoringa, monitoring mreža

Abstract: In order to implement the Water Management Strategies of the Federation of Bosnia and Herzegovina 2010-2022, water management plans for river basin districts have been adopted. In accordance with the provisions of the Water Law (Official Gazette of the Federation of BiH, No. 70/06), the Sava River Watershed Agency has prepared a Water Management Plan for the Sava River Watershed Area of the Federation of Bosnia and Herzegovina (2016 - 2021) that has been adopted by the Government of the Federation of BiH (Official Gazette of the FBiH No. 44/18). Water Management Plan is the key document for decision-makers and other stakeholders involved in the decision-making process on how to use, protect and reduce pollution of water resources within a river basin district. An integral part of the Water Management Plan is the Program of Measures (PM), which, in order to achieve good water status in the Sava River Basin in the FBiH, must be implemented within the specified planning period (6 years). One of the measures from PM is to establish satisfying groundwater monitoring in order to monitor the status of these waters. According to the Water Management Plan for the Sava River Watershed Area of the Federation of BiH (2016-2021) 20 groups of groundwater bodies have been defined. "Study for Establishment of Groundwater Level Monitoring - Phase I" (Study) was prepared in December 2017. For the first phase of groundwater monitoring, this Study defines eleven piezometer locations. In December 2018, the piezometer drilling and installation of metering equipment in all eleven sites was completed. This study (Phase I) of the groundwater monitoring establishment includes water bodies of intergranular porosity with free groundwater level. In February 2019, a “Study for the Groundwater Monitoring on the Sava River Watershed Area in Federation BiH - Phase II", Phase II” was also prepared. The Phase II study identified twenty locations for the establishment of groundwater monitoring in karst aquifers, as well as the proposal for the establishment of monitoring in these and a monitoring plan for all identified locations.

Key words: groundwater, groundwater monitoring, Water Management Plan, good water status, protection of water resources, reduction of pollution of water resources, drilling, monitoring program, monitoring network

1. UVOD

Na prostoru Federacije BiH, monitoring podzemnih voda nije uspostavljen u potrebnoj mjeri. Veoma mali broj izvora i akvifera se redovno osmatra, odnosno postojeća osmatranja se ne mogu smatrati reprezentativnim za provođenje preciznijih analiza i donošenje odgovarajućih zaključaka.

U cilju provođenja Strategije upravljanja vodama Federacije Bosne i Hercegovine 2010-2022 i u skladu sa odredbama Zakona o vodama ("Službene novine Federacije BiH", broj 70/06) "Agencija za vodno područje rijeke Save" Sarajevo (AVP Sava) je pripremila Plan upravljanja vodama za vodno područje rijeke Save u Federaciji Bosne i Hercegovine (2016 – 2021) (u nastavku teksta: Plan upravljanja) koji je usvojila Vlada Federacije BiH ("Službene novine Federacije BiH", broj 44/18).

Plan upravljanja vodama za vodno područje rijeke Save u Federaciji BiH (2016-2021) prvenstveno je fokusiran na set "značajnih pitanja upravljanja vodama" sa ciljem da se kroz izradu programa mjera omogući dostizanje ciljeva zaštite okoliša definisanih Zakonom o vodama Federacije BiH (ZoV) i Okvirne direktive o vodama EU (ODV).

Program mjera, kao integralni dio Plana upravljanja vodama, ima ključnu ulogu u dostizanju zacrtanih okolišnih ciljeva. Izrada Plana upravljanja te samim tim i Programa mjera je iterativan proces koji se, u skladu sa ODV, odvija u šestogodišnjim ciklusima. Navedenim programom mjera (PM) definisana je potreba uspostave adekvatnog monitoringa podzemnih voda u cilju praćenja režima i kvantitativno-kvalitativnog stanja ovih voda.

Prema Planu upravljanja vodama na vodnom području rijeke Save u Federaciji BiH (2016-2021), na osnovu raspoloživih podloga i podataka o geološkim, hidrogeološkim i tektonskim karakteristikama terena, definisano je ukupno 20 grupa vodnih tijela podzemnih voda (GVTPV), od kojih su 3 interna, 13 interentitetska, 2 međudržavna, 1 interentitetsko i međudržavno, dok je 1 međudržavno, a ujedno se prostire i na teritoriji oba entiteta i Brčko distrikta.

Ukupna površina svih GVTPV koji se nalaze u Federacije BiH iznosi oko 8.000 km2 što je oko 50% površine svih GVTPV koje su izdvojene na cijeloj teritoriji Bosne i Hercegovine. Ukoliko se posmatra površina cijelog entiteta Federacije, može se izračunati da površina GVTPV izdvojenih u Federaciji zauzima 30,8% teritorije FBiH, odnosno 46,8% teritorije FBiH koje pripada vodnom području rijeke Save (tj. Crnomorskom bazenu). Vezano za tip zastupljenih akvifera u izdvojenim GVTPV dominira karstni tip akvifera (55%), intergranularni tip je zastupljen sa 20%, dok ostatak od 25% čini složeni tip izdani. Podsliv rijeke Bosne je podsliv sa najvećim brojem pripadajućih GVTPV (ukupno 7), jednu GVTPV manje ima podsliv Une, 2 GVTPV imaju podslivovi Vrbasa, Korane i Drine, dok neposredni podsliv Save sadrži 1 GVTPV.

Osim navedenog, činjenica je da se u Federaciji BiH stanovništvo većim dijelom snabdijeva podzemnom vodom kao osnovnim izvorom vode za piće, pa tako u okviru svojih obaveza vodovodna preduzeća obezbjeđuju zakonski zahtijevan kvalitativni monitoring podzemnih voda. Dinamika uzimanja uzoraka na izvorištima vodosnabdijevanja zakonski je definisana.

U cilju dostizanja dobrog stanja vode na vodnom području rijeke Save u Federaciji BiH program mjera (PM) je potrebno implementirati u navedenom planskom periodu.

2. MONITORING PODZEMNIH VODA (MPV)

2.1. MPV u akviferima intergranularnog tipa (I faza)

U cilju realizacije PM, AVP Sava Sarajevo je u decembru 2017.godine pripremila Elaborat uspostave monitoringa nivoa podzemnih voda - I faza. Ovim Elaboratom definisano je jedanaest lokaliteta za izvođenje pijezometara i uspostavu monitoringa podzemnih voda.

U I-fazi uspostave monitoringa podzemnih voda obuhvaćena su vodna tijela međuzrnske poroznosti sa slobodnim nivoom podzemnih voda (akviferi intergranularnog tipa). Prilikom odabira lokaliteta na kojima će se izvoditi pijezometri vodilo se računa o ravnomjernoj prostornoj zastupljenosti izvorišta, kao i da se monitoring nivoa podzemnih voda uspostavi u vodnim tijelima u prirodnim (neporemećenim) uslovima, odnosno izvan radijusa uticaja bunara ili drugih objekata kojim se remeti prirodni režim podzemnih voda.

Tabela 1. Lokacije pijezometara predviđenih za uspostavu monitoringa tijela podzemnih voda u akviferima intergranularnog tipa

R. br.	Mjesto	Lokalitet	Oznaka pijezometra	Podzemno vodno tijelo
1.	Odžak Donji Svilaj	OŠ Donji Svilaj	OP-1	Posavina
2.	Odžak Tukovi	Sejdić d.o. o. Odžak	OP-2	Posavina
3.	Gradačac Okanovići	Džamija Okanovići	GP-1	Posavina
4.	Orašje Kostrč	Izvorište Kostrč	OKP-1	Posavina
5.	Živinice Strašanj	PPOV	ŽP - 1	Tuzlansko-sprečko polje
6.	Kalesija Krušik	Izvorište Krušik	KP – 1	Tuzlansko-sprečko polje
7.	Jelah Tešanj	Milanovci donji - MZ Jelah	JP - 1	Posavina - Dolina Usore
8.	Jelah Tešanj	O.Š. Abdulvehab Ilhamija Kalošević – područna škola Bobare	JP - 2	Posavina - Dolina Usore
9.	Maglaj Misurići	Izvorište Misurići	MP -1	Posavina-Dolina Bosne
10.	Ilidža Sokolović kolonija	Duge njive	SK - 1	Sarajevsko –zeničko polje
11.	Ilidža Sokolović kolonija	Duge njive	SK - 2	Sarajevsko –zeničko polje

Na osnovu navedenog Elaborata za I-fazu uspostave monitoringa podzemnih voda na vodnom području rijeke Save na prostoru Federacije BiH, pristupilo se izvođenju pijezometara na unaprijed određenim lokacijama, te je krajem 2018. godine izvedeno svih 11 pijezometara.

Pijezometri su izvedeni SIMMETRIX metodom bušenja do projektovane dubine.



Slika 1. Radovi u toku izvođenja pijezometra MP-1 na lokaciji Misurici - Maglaj

Prilikom bušenja pijezometara vršeno je kontinuirano praćenje i kartiranje nabušenog materijala i njegovo slaganje u sanduke. Nakon dostizanja zadate dubine i definisanja litologije mikrolokacije, izvršena je ugradanja PVC pijezometarske konstrukcije i ugradnja slotiranih PVC filtera prečnika Ø88/80 mm u vodonosnoj zoni. Po zacjevljenju bušotina izvršena je ugradnja granulisanog šljunčanog zasipa i masne gline oko cijevi pijezometra. Po ugradnji PVC konstrukcije pijezometra izvršeno je obezbjeđenje iste ugradnjom čeličnih zaštitnih cijevi sa pocinčanim poklopcem i katancem na početku bušotine, kao i ugradnjom betonskog bloka. Nakon ugradnje pijezometarske konstrukcije, a prije izvođenja razrade i osvajanja pijezometra, izvršena su mjerenja statičkog nivoa podzemne vode na svim pijezometrima, kao i povrat nivoa podzemne vode po završetku razrade.



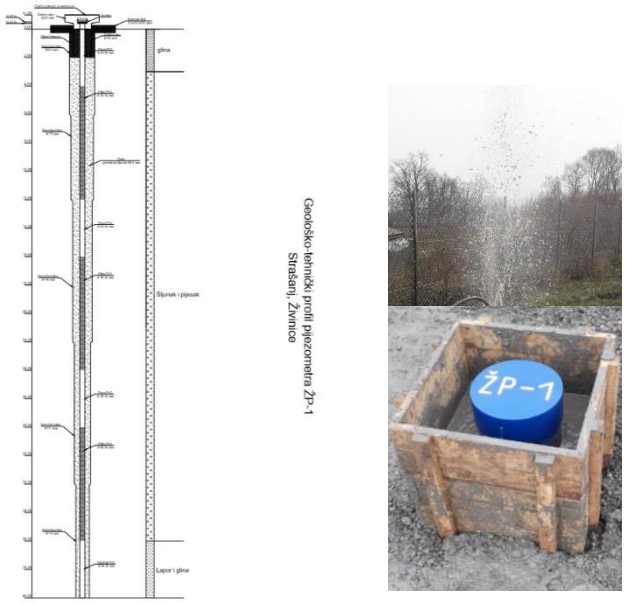
Slika 2. Prikaz nabušenog materijala u sanduku i finalni izgled - pocinčani poklopac za pijezometar MP-1 u Maglaju

Svi pijezometri su obezbijeđeni ugradnjom čelične cijevi Ø140/273 mm sa čeličnim pocinčanim poklopcem i katancem na vrhu pijezometra, kao i ugradnjom betonskog bloka dimenzija 500x500x600 mm oko pijezometra.



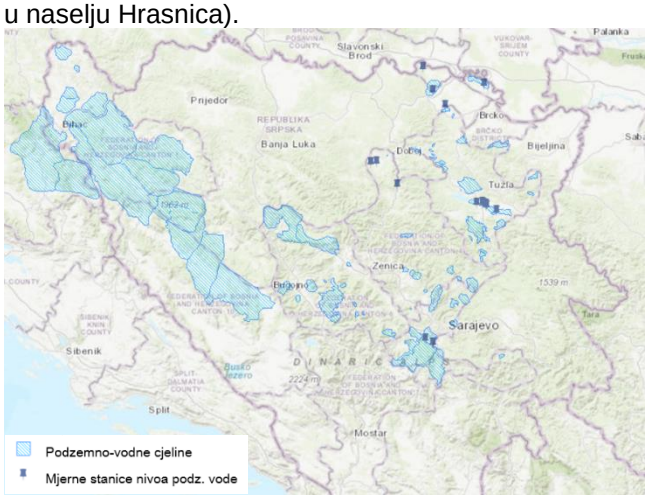
Slika 3. Radovi u toku izvođenja pijezometra ŽP-1 na lokaciji Strašanj - Živinice

Rezultati istraživanja dobijenih prilikom izvođenja su detaljno prikazani u Elaboratu o izvođenju pijezometara za potrebe uspostave monitoringa podzemnih voda na prostoru Federacije BiH. Elaborat je urađen u skladu sa zakonima i pravilnicima vezanim za navedenu problematiku i to: Zakonom o geološkim istraživanjima ("Službene novine Federacije BiH" 9/10) i Pravilnikom o sadržini programa, projekata i elaborata geoloških istraživanja ("Službeni list R BiH" 16/93).



Slika 4. Geološko tehnički profil pijezometra, razrada pijezometra ŽP-1 i ugradnja betonskog bloka oko pijezometra na lokaciji Strašanj - Živinice

Lokaliteti na kojima je izvršeno bušenje pijezometara za I fazu uspostave monitoringa podzemnih voda su: Orašje (izvorište Kostrč), Odžak (na dva lokaliteta u naseljima: Donji Svilaj i Tukovi), Gradačac (naselje Okanovići), Živinice (naselje Stršanj u krugu PPOV), Kalesija (izvorište Krušik), Jelah (na dva lokaliteta u naseljima: Milanovci donji i Bobare), Maglaj (izvorište Misurići) i Sarajevo (na dva lokaliteta u općina Ilidža u naselju Hrasnica).

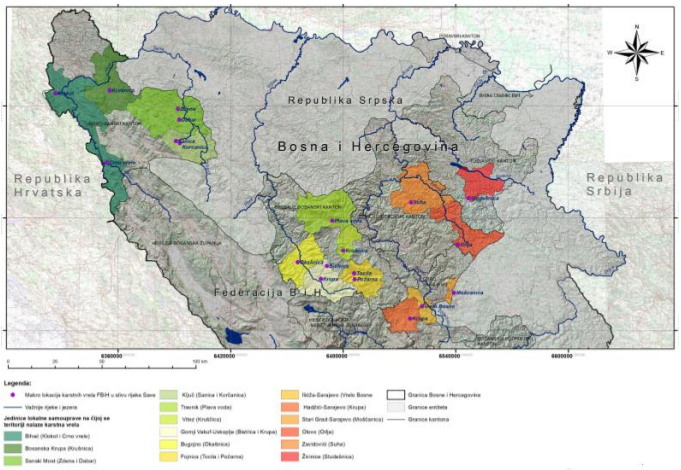


Slika 5. Situacioni prikaz lokacija pijezometara za uspostavu monitoringa podzemnih voda u akviferima intergranularnog tipa

2.2. MPV u akviferima karstno-pukotinske poroznosti (II faza)

Monitoring na vodnim tijelima podzemnih voda, koja nisu obuhvaćena I fazom monitoringa podzemnih voda (a određena su u okviru nacrta Plana upravljanja vodama za vodno područje rijeke Save u Federaciji BiH za period 2016. – 2021. godina) je dijelom predviđen za II fazu MPV.
Kao i u slučaju uspostave monitoring podzemnih voda u akviferima intergranularnog tipa, monitoring kraških vrela u tijelima podzemnih voda karstno-pukotinske poroznosti potrebno je, uspostaviti izvan uticaja vodozahvata i drugih hidrotehničkih objekata kojima se narušava, režim, izdašnost i kvalitet podzemnih voda koje ističu na kraškom vrelu.

U februaru 2019. AVP Sava je finalizirala “Elaborat monitoringa podzemnih voda na vodnom području rijeke Save u Federaciji BiH (II faza)“.
U II fazi MPV započete su aktivnosti na uspostavi monitoring tijela podzemnih voda u akviferima karstno-pukotinske poroznosti, odnosno kvantitativno - kvalitativnog monitoringa reprezentativnih kraških vrela u pojedinom tijelu podzemnih voda ovog tipa, kako je i predviđeno planom upravljanja.



Slika 6. Karta sa prikazom tijela podzemnih voda karstno-pukotinske poroznosti (kraskih vrela) u slivu rijeke Save, Federacije BiH koja su obuhvacena II fazom MPV

Dakle, uspostavu monitoringa tijela podzemnih voda karstno-pukotinske poroznosti u slivu rijeke Save na teritoriji Federacije Bosne i Hercegovine, u II- fazi aktivnosti, je predviđeno izvršiti na kraškim vrelima koja su „reprezentativna“ za pojedina tijela podzemnih voda, odnosno na kraškim vrelima na kojima se odražavaju skoro svi faktori režima podzemnih voda u vodnom tijelu (geomorfološki, strukturno-tektonski, geološki, hidrogeološki, pedološki, vegetativni, klimatski, hidrološki, i dr.), a na kojima je tehnički moguće uspostaviti mjerenje izdašnosti kraškog vrela, ispitivanje kvaliteta podzemnih voda, te proračun bilansa podzemnih voda u pojedinom vodnom tijelu.

Imajući u vidu sve prethodno navedeno kao i hidrogeološke i hidrološke karakteristike tijela podzemnih voda u akviferima karstno-pukotinske poroznosti, Elaborat II-faze MPV je obradio uspostavu monitoringa podzemnih voda na 20 kraških vrela na kojima se prazni najveća količina podzemnih voda iz pojedinog vodnog tijela i ista su prikazana u tabeli 2.

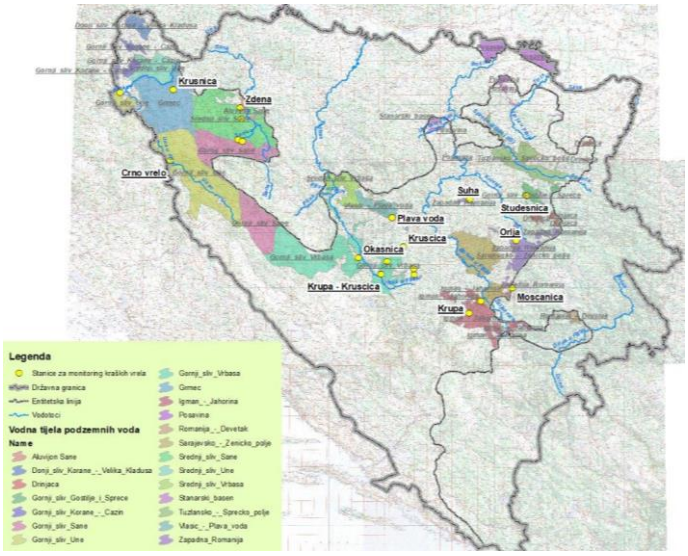
Tabela 2. Kraška vrela predviđena za uspostavu II faze monitoringa - tijela podzemnih voda karstno-pukotinske poroznosti

R. broj	Kraško vrelo	Tijelo podzemnih voda	Izdašnost Qmin-Qmax (m3/s)	Mjesto
1.	Klokot	Gornji sliv Une	2,4 - 70	Bihać
2.	Crno vrelo	Gornji sliv Une	3,2 (Qmin)	Drvar
3.	Krušnica	Grmeč	1,2 - 100	Bosanska Krupa
4.	Sanica	Gornji sliv Sane	0,8 – 40,0	Sanski Most
5.	Zdena	Aluvion Sane	0,32 - 5,60	Sanski Most
6.	Dabar	Srednji sliv Sane	0,9 – 150,0	Sanski Most
7.	Korčanica	Gornji sliv Sane	0,30 – 20,0	Sanski Most
8.	Plava voda	Vlašić – Plava voda	0,42 (Qmin)	Travnik
9.	Kruščica	Vlašić – Plava voda	0,20 (Qmin)	Vitez
10.	Bistrica	Gornji sliv Vrbasa	0,3 - 3,0	Gornji Vakuf
11	Krupa	Gornji sliv Vrbasa	0,3 - 6,0	Gornji Vakuf
12.	Okašnica	Gornji sliv Vrbasa	0,28 - 0,47	Bugojno
13.	Tocila	Vlašić – Plava voda	0,15 - 1,70	Fojnica
14.	Požarna	Vlašić – Plava voda	0,062 - 1,49	Fojnica
15.	Vrelo Bosne	Igman-Jahorina	1,27 – 25,0	Sarajevo
16.	Krupa	Igman-Jahorina	0.4 - 2,5	Sarajevo
17.	Mošćanica	Zapadna Romanija	0,053 - 0,72	Sarajevo
18.	Orlja	Zapadna Romanija	0,42 (Qmin)	Olovo
19.	Suha	Zapadna Romanija	0,16 (Qmin)	Zavidovići
20.	Studešnica	Gornji sliv Gostilje i Spreče	0,02 – 1,3	Banovići

Prilikom izbora reprezentativnih kraških vrela za uspostavu monitoringa vodilo se računa o regionalnoj zastupljenosti vodnih tijela u svim podslivovima rijeke Save, karakteru akvifera u odnosu na hidraulički karakter pri čemu su u ovoj fazi odabrani otkriveni akviferi sa slobodnim nivoom podzemnih voda, relativno dobro definirano slivno područje, administrativni položaj kraškog vrela u Federaciji BiH, tehničke mogućnosti uspostave mjernog profila i hidrometrijske stanice, naseljenosti, elektroenergetskim prilikama, sigurnosti, i slično.



Slika 7. Obilazak terena za potrebe izrade Elaborata MPV II faza - vrelo „Krupe“ (općina Hadžići)



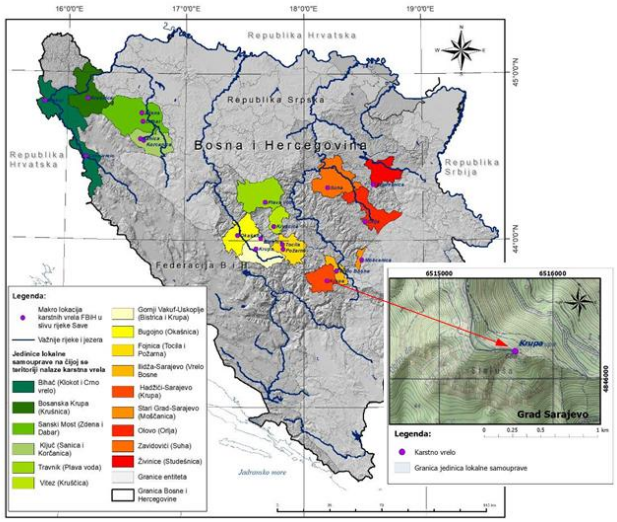
Slika 8. Situacioni prikaz lokaliteta kraška vrela predviđenih za uspostavu II faze monitoringa - tijela podzemnih voda karstno-pukotinske poroznosti

Za svih 20 lokaliteta Elaboratom II faze MPV su definisani i obrađeni slijedeći podaci:

- Opći podaci o svakom kraškom vrelu (naziv kraškog vrela, kanton i općinu u kojoj se izvor nalazi, isječak topografske karte mjerila 1:25.000 sa položajem kraškog vrela, lokalitet u kojem je situiran izvor (naselje, selo, polje i drugi toponim) i Gauss Kruegerove koordinate kraškog vrela).
- Osnovne hidrogeološke karakteristike tijela podzemnih voda koje se prazni na pojedinom kraškom vrelu (transmisivnost, brzine tečenja podzemnih voda, i drugi).
- Izdašnost kraškog vrela (prema raspoloživim podacima kao minimalna i maksimalna, izražena u m^3/s).
- Podaci o osnovnim karakteristikama kraškog vrela (stratigrafska pripadnost, osnovni litološki

sastav, poroznost akvifera, tip izvora, dužina zone isticanja, kategorija izdašnosti, način utvrđivanja izdašnosti, režim isticanja, tip zahvata ukoliko postoji, opažanja, i drugi raspoloživi podatci).

- Opis sadašnjeg korištenja kraškog vrela (vodosnabdijevanje, flaširanje, tehnološka voda, navodnjavanje, energetika, i drugo), korisnik vode, dobivenim koncesijama i drugo. Sadašnje stanje kraškog vrela je prikazano opisom i fotografijom kraškog vrela.
- Fizičko-hemijske karakteristike vode na kraškom vrelu (elektroprovodljivost, TDS, salinitet i temperatura).
- Troškovi uspostave monitoringa vrela



Slika 9. Situacioni položaj lokacije vrela „Krupe“ (općina Hadžići) (mikro i makro)

Elaborat uspostave monitoringa podzemnih voda u Federaciji BiH II faza je izrađen u skladu sa aktuelnim zakonskim propisima iz ove oblasti i pravilima struke.

Tabela 3. Osnovni podaci o vrelu Krupe - Hadžići

Kraško vrelo	Mjesto	Tijelo podzemnih voda	Izdašnost Qmin-Qmax (m3/s)	Koordinate x	y
Vrelo Krupe	Hadžići	Igman - Jahorina	0,4 – 2,5	4846243, 61	6515671, 02



Slika 10. Vodozahvatni objekat vrelo „Krupe“ – Hadžići



Slika 11. Predložena lokacija mjernog profila za vrelo „Krupe“ – Hadžići

Elaboratom II faze MPV je postignut osnovni cilj, koji je bio da se na definisanim lokacijama za uspostavu monitoringa podzemnih voda u akviferima karstno-pukotinske poroznosti i vodnim tijelima u vodnom području rijeke Save, prikaže rješenje uspostave mjernog profila i hidrometrijskih stanica sa procjenom troškova uspostavljanja mjernog profila, kao i prijedlog i troškovi uspostave monitoringa sa planom uspostave monitoringa (učestalost monitoringa).

3. ZAKLJUČAK

Agencija za vodno područje rijeke Save (AVP Sava) je uspostavila jedanaest (11) pijezometara - I faze Monitoringa podzemnih voda (MPV), ugradila mjernu opremu (sonde i kabl za prenos podataka) i započela sa praćenjem nivoa podzemnih voda (kvantitativni monitoring). Na pojedinim lokalitetima, osim kvantitativnog monitoringa planira se početi i sa monitoringom kvaliteta podzemnih voda, te je AVP Sava u plan monitoringa za ovu godinu uvrstila i probne lokacije za uspostavu kvalitativnog monitoringa podzemnih voda.

Prvom fazom MPV su obuhvaćena tri tijela podzemnih voda (Posavina, Tuzlansko-sprečko polje i Sarajevsko–zeničko polje), dok je drugom fazom MPV obuhvaćeno 10 tijela podzemnih voda na

vodnom području rijeke Save u Federaciji BiH (Gornji sliv Une, Grmeč, Vlašić – Plava voda, Gornji sliv Sane, Aluvion Sane, Srednji sliv Sane, Gornji sliv Vrbasa, Igman-Jahorina, Zapadna Romanija, Gornji sliv Gostilje i Spreče).

Kako bi se, za dvadeset kraških vrela uspostavila II faza MPV, procijenjeno je da je potrebno obezbijediti sredstva u iznosu cca. 370.000 KM.

Podzemne vode su najosjetljivija i najveća slatkovodna cjelina i glavni izvor zaliha vode za vodosnabdijevanje u Federaciji BiH.
Kako u cilju realizacije programa mjera (PM) iz Plana upravljanja, tako i zbog činjenice da podzemne vode u vodnim tijelima koje se koriste za zahvatanje vode za piće ili koje su namijenjene za takvo korištenje u budućnosti moraju biti zaštićene na način da se izbjegne pogoršanje kvaliteta i kvantiteta tih voda, AVP Sava u narednom periodu planira širenje mreže pijezometara i monitoring stanica u cilju uspostave adekvatnog monitoringa podzemnih voda na teritoriji Federacije BiH.

LITERATURA

(Elaborat)
[1] GeoAVAS d.o.o. Srajevo “Elaborat uspostave monitoringa nivoa podzemne vode I-faza”, Sarajevo decembar 2017. god.

(Elaborat o izvođenju)
[2] IPIN d.o.o. Bijeljina “Elaborat o izvođenju pijezometara za potrebe uspostave monitoringa podzemnih voda na prostoru Federaciji BiH“, Bijeljina decembar 2018. god.

(Elaborat)
[3] Konzorcij: Ibis-inženjering d.o.o. Banjaluka i Zavod za vodoprivredu d.d. Sarajevo, “Elaborat monitoringa podzemnih voda na vodnom području rijeke Save u Federaciji BiH (II faza)“, Banjaluka februar 2019.god.

[4] Agencija za vodno područje rijeke Save (2016.): Plan upravljanja vodama za vodno područje rijeke Save u Federaciji Bosne i Hercegovine za period 2016. – 2021.godina.

[5] Zavod za vodoprivredu d.d. Sarajevo i Zavod za vodoprivredu d.o.o. Mostar “Strategija upravljanja vodama u Federaciji BiH“, 2008.godina.

[6] Zavod za vodoprivredu d.d. Sarajevo, “Karakterizacija podzemnih voda sliva rijeke Save na teritoriji Federacije BiH“, 2009. godina.

ANTROPOGENI UTJECAJI NA SLIVNO PODRUČJE RIJEKA LIŠTICE I RADOBOLJE

INFLUENCE OF ANTHROPOGENIC PRESSURES ON THE CATCHMENTS OF THE LIŠTICA AND RADOBOLJE RIVERS

Ana Buljubašić, mag.agr.
FPMOZ, Sveučilište u Mostaru,
Matice hrvatske bb,
88 000 Mostar,
asljivic1@gmail.com

Valentina Bevanda, mag.oec.
FPMOZ, Sveučilište u Mostaru,
Matice hrvatske bb,
88 000 Mostar,
vbulic07@gmail.com

Sažetak: Rijeke Lištica i Radobolja su krške rijeke poznate po svojoj ljepoti i specifičnim biljnim i životinjskim vrstama kojima su stanište. Od davnina vode ovih rijeka su korištene za vodoopskrbu (vrelo Lištice vodom za piće opskrbljuje područje grada Širokog Brijega, kao i veći dio prigradskih naselja, a izvor Radobolje jednim dijelom se koristi za vodoopskrbu Mostara), za napajanje poljoprivrednih površina, ali i za odmor i rekreaciju. Nažalost, obje rijeke su i recentno izložene jakim antropogenim pritiscima, uvjetovanim njihovim položajem te sastavom podloge kroz koju protječu. Ovaj rad obrađuje problematiku antropogenih pritisaka na ove rijeke, stavljajući naglasak na važnost očuvanja njihovih ekosustava.

Ključne riječi: Radobolja, Lištica, antropogeni pritisci

Abstract: The rivers Lištica and Radobolja are karstic rivers known for their beauty and the specific plant and animal species they inhabit. Since ancient times, these waters have been used for water supply (the sprinkling of Lištica drinking water supplies the area of Siroki Brijeg, as well as a large part of the suburban settlements, and the source of Radobolja is partly used for water supply in Mostar), for the supply of agricultural land, recreation. Unfortunately, both rivers have recently been subjected to strong anthropogenic pressures, conditioned by their position and the composition of the substrate through which they flow.This article addresses the issue of anthropogenic pressures on these rivers, emphasizing the importance of conserving their ecosystems.

Key words: Radobolja, Lištica. anthropogenic pressure

1. UVOD

Sve očitije promjene u ekosustavima zahtijevaju veću angažiranost na svim razinama, kako bi se zajedničkim naporima doprinijelo u kvalitetnijoj zaštiti prirode i okoliša (Herceg, 2013). Brojna istraživanja ukazuju da su danas sve sastavnice okoliša: voda, tlo i zrak izloženi različitim antropogenim pritiscima, a kako su njihovi ekosustavi u međusobnoj ovisnosti, onečišćenja jednog medija neminovno uvjetuju promjene u drugom.
Kada je riječ o vodama, a prema članku 5. Okvirne direktive o vodama početak procesa karakterizacije voda je identifikacija utjecaja ljudskih aktivnosti na vodene resurse koji su izravno izloženi antropogenom pritisku i prijeti im rizik od nepostizanja okolišnih ciljeva. Identifikacija antropogenog pritiska i vodnog tijela kojemu ono može biti rizik ne znači nužno da je stanje vodnog resursa ugroženo, nego upućuje na važnost prevencije i očuvanja dobrog stanja vodnog resursa.
Da bismo mogli donijeti ispravne odluke i planirati mjere upravljanja vodama prema ODV, te plan monitoringa važno je odrediti položaj vodnih tijela u reljefu i identificirati pritiske.

2. GEOGRAFSKE KARAKTERISTIKE

Rijeke Lištica i Radobolja pripadaju slivu Jadranskog mora te neposrednom slivu rijeke Neretve, čije su desne pritoke. Ukupna površina sliva Jadranskog mora u Federaciji BiH iznosi 8.782 km^2, od čega površina sliva rijeka Neretve i Trebišnjice u FBiH iznosi 6.041,6 km^2.

2.1. Reljef

Prema svome postanku, izgledu pojedinih reljefnih elemenata, obliku, dužini i geografskom položaju ovo slivno područje predstavlja tipično krško područje, odnosno jedinstvenu morfološku cjelinu smještenu između jugoistočnog dijela dinarskih planina i Jadranskog mora. Područje je izgrađeno od pretežno karbonatnih stijena u kojima prevladavaju dobro propusni vapnenci nad slabije propusnim dolomitima. Na ovom prostoru razvilo se nekoliko tipova tala, a najviše su zastupljena nerazvijena automorfna tla, goli krš, kamenjar (litosoli), i sirozem (regosoli). Pored navedenog, u manjoj mjeri su zastupljena razvijena automorfna tla poput smeđeg tla na krečnjaku i dolomitu (kalkokambisoli) i crvenice (terra rossa) (*Resulović, 1998 preko Emir Kustura, 2016*).
Geotektonski sklop i geološka građa uvjetovali su formiranje krškog i krško- korozivnog reljefa, te reljefnih oblika s velikim zaravnima u karbonatnim naslagama, koji ima dominantnu rasprostranjenost na području Zapadnohercegovačke županije. Pored krškog, na ovom području došlo je i do geneze drugih tipova reljefa, osobito fluvijalnog uz riječne tokove, dok je u manjoj mjeri na najvišim predjelima Čvrsnice zastupljen fosilni glacionivalni tip (Marijanović, 2012 preko *Kustura, 2016*).
Rijeke Lištica i Radobolja pripadaju donjem toku Neretve, koji se proteže nizvodno od Mostara do ušća u Jadransko more, a njihovo slivno područje zahvaća srednji i donji dio sliva rijeke Neretve. Ovaj dio sliva Neretve je pod izraženim utjecajem krša, a njegove značajke su: veliki broj snažnih krških vrela (na pritokama i u samom koritu Neretve), dotok vode na vrela s krških polja podzemnim tokovima i deterministički utjecaji od HE Čapljina (Krupa), HE Peć Mlini (Trebižat) i HE Mostarsko blato (Lištica). Navedeno područje većim dijelom pripada maritimnom pojasu, s izmijenjenom mediteranskom klimom.

2.2. Klima

Osnovna obilježja ove klime su blaže zime i mjestimično visoke ljetne temperature, a upravo srednji i donji tok Neretve ima najblažu klimu ovog pojasa. Godišnja količina padalina kreće se između 1.000 i 1.500 l/m^2, kojih ima tijekom cijele godine, najmanje u srpnju i kolovozu (30 l/ m^2), a najviše tijekom proljetnih i jesenjih mjeseci (preko 150 l/ m^2 u prosjeku). Prema Köppenovoj klasifikaciji klima ovog područja pripada tipu Cfa ili umjereno topla vlažna klima s vrućim ljetom.

2.3. Klasifikacija vodnih tipova

Prema navedenoj klasifikaciji vodenih tipova tekućica, tokovi Lištice i Radobolje pripadaju dinarskoj submediteranskoj ekoregiji. Tipologija rijeke Lištice obuhvaćena je u sklopu dva tipa:

- gornji dio toka Lištice, od izvora do Širokog Brijega pripada tipu 10 (malim, srednjim i velikim brdskim tekućicama) i podtipu 10a (malim, srednjim i velikim brdskim tekućicama na karbonatnoj podlozi),
- ostali dio toka do ponora u Mostarskom blatu pripada tipu 11 (malim, srednje velikim i velikim brdskim tekućicama krških polja i podtipu 11a (malim, srednje velikim i velikim brdskim tekućicama krških polja na karbonatnoj podlozi)

Rijeka Radobolja cijelom duljinom toka pripada tipu 12 (malim i srednje velikim nizinskim tekućicama) i podtipu 12a (malim i srednje velikim nizinskim tekućicama na karbonatnoj podlozi).

3. ADMINISTRATIVNA PODJELA

Administrativno, područje tokova Lištice i Radobolje

pripadaju Zapadnohercegovačkoj i Hercegovačko-neretvanskoj županiji (slika 1). Navedeni tokovi obuhvaćaju teritorije Općine Široki Brijeg i Gradu Mostaru. Prema popisu stanovništva iz 2013. godine navedeno područje naseljava preko 140.000 stanovnika, od čega njih 29.809 općinu Široki Brijeg i 113.169 Grad Mostar. Sukladno tome, upravljanje vodama i tlom ovog područja u nadležnosti je kako Federalnog ministarstva poljoprivrede, vodoprivrede i šumarstva, tako i županijskih ministarstava, odnosno Ministarstva poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede te Ministarstva trgovine, turizma i zaštite okoliša Hercegovačko-neretvanske županije i Ministarstva prostornog uređenja, resursa i zaštite okoliša Zapadnohercegovačke županije. Nadležnosti u provedbi upravljanja vodama i tlom dalje se protežu i do općina, odnosno odgovarajućih općinskih službi: Odjela za urbanizam i građenje i Odjela za gospodarstvo, komunalne i inspekcijske poslove Grada Mostara te Službe za prostorno uređenje i zaštitu okoliša Općine Široki Brijeg.



Slika 1: Administrativna organizacija prostora Vodnog područja Jadranskog mora u Federaciji Bosne i Hercegovine

4. ANTROPOGENI PRITISCI

Rijeke Lištica i Radobolja su krške rijeke poznate po svojoj ljepoti i specifičnim biljnim i životinjskim vrstama kojima su stanište. Od davnina vode ovih rijeka su korištene za vodoopskrbu (vrelo Lištice vodom za piće opskrbljuje područje grada Širokog Brijega, kao i veći dio prigradskih naselja, a izvor Radobolje jednim dijelom se koristi za vodoopskrbu Mostara), za napajanje poljoprivrednih površina, ali i za odmor i rekreaciju. Nažalost, obje rijeke su i recentno izložene jakim antropogenim pritiscima, uvjetovanim njihovim položajem te sastavom podloge kroz koju protječu. Kao i ostale rijeke dinarskog krša, vode Lištice i Rabolje protječu i procjeđuju se kroz vapnenačku podlogu, te u odnosu na rijeke drugih područja imaju znatno manju sposobnost samopročišćavanja, što ih čini iznimno osjetljivim na vanjske utjecaje. Obzirom da njihove vode protječu gradskim područjima Mostara, odnosno Širokog Brijega utjecaj čovjeka na njihovu kvalitetu je znatan. Premda su dijelovi tokova ovih rijeka, prije svega izvori, djelomično zaštićeni, neadekvatno gospodarenje vodama Lištice i Radobolje, kao i njihovim slivnom područjem (u smislu: odvodnje voda u vidu brojnih kanala za natapanja, neadekvatnim kanalizacijskim sustavima, velikim brojem septičkih jama i ”divljih” odlagališta otpada, prekomjernom eksploatacijom šljunka iz korita rijeka i dr.) imaju negativan utjecaj kako na vode tako i živi svijet koji ih nastanjuje.

4.1. Točkasti izvori onečišćenja

U točkaste izvore onečišćenja ubrajamo onečišćivače koji svoje otpadne vode ispuštaju u vodotoke putem kanalizacijskih kolektora. Takvim onečišćenjima najčešće su izvor 1. stanovništvo koje je priključeno na mrežu za odvod otpadnih voda, 2. industrija koja ispušta otpadne vode i 3. ribnjaci.
U Širokom Brijegu koji naseljava 29.809 stanovnika i djeluju dva veća privredna subjekta (Agencije za vodno područje Jadranskog mora, 2016) nema formalnog općinskog sustava prikupljanja otpadnih voda niti postoje postrojenja za tretiranje otpadnih voda iz grada. Kućanski, institucijski i poslovni posjedi u gradu uglavnom koriste septičke jame ili izravno ispuštaju odvode u tlo. Ne postoji sustavno uređen način pražnjenja septičkih jama, te se za ove potrebe angažiraju privatni poduzetnici. (Leap, 2011)
Grad Mostaru koji broji 113.169 stanovnika mreža za odvod otpadne vode građena je bez općeg koncepta. To je uglavnom mješoviti tip odvodnje dužine približno 50 km kanalizacije koja se uglavnom izlijeva u rijeke Neretvu i Radobolju. Postojeća mreža za odvod otpadne vode opslužuje oko 50.000 stanovnika (Grad Mostar, odjel za urbanizam, 2019) i 16 većih privrednih subjekata. (Agencije za vodno područje Jadranskog mora, 2016)
U oba grada u fazi su izgradnje uređaji za pročišćavanje komunalnih otpadnih voda s kapacitetom od 10000 za Široki Brijeg i 100000 za Mostar. (Agencije za vodno područje Jadranskog mora, 2016)

4.2. Raspršeni izvori onečišćenja

Raspršeni izvori onečišćenja podrazumijevaju ljudske aktivnosti koje onečišćujuće četice emitiraju u okoliš. Najznačajniji onečišćivači ovog tipa su: 1.

stanovništvo koje nije priključeno na kanalizacijsku mrežu, 2. Poljoprivreda i stočarstvo, 3. odlagališta otpada, 4. aktivnosti u šumarstvu.

1. *Stanovništvo koje nije priključeno na kanalizacijsku mrežu*

Prema navedem podatcima o broju stanovnika i stanju infrastrukturne mreže za odvod otpadnih voda možemo zaključiti da najveći dio stanovništva i privrednih subjekata Širokog Brijega i Mostara nije priključeno na mrežu za odvod otpadnih voda te da pripadaju skupini raspršenih onečišćivača stvarajući prijetnju u okolišu i opasnost za narušavanje kvalitete voda rijeka Lištice i Radobolje.

2. *Poljoprivreda i stočarstvo*

Poljoprivredna proizvodnja na području općine Široki Brijeg je najvećim djelom svedena na proizvodnju za vlastite potrebe na okućnicama i manjim dijelom na oranicama. Proizvodnja poljoprivrednih proizvoda odnosi se prije svega na vinogradarsku proizvodnju i manji dio na proizvodnju povrća i cvijeća, a vrlo mali na stočarstvo i proizvodnju mlijeka. Od ukupno 3707 ha obradivog zemljišta obrađuje se 1492 ha što je 60% od ukupno obradivog zemljišta. (Leap,2011)
Ukupne površine poljoprivrednog zemljišta u vlasništvu države na području Grada Mostara, prema podacima iz katastra zemljišta i zemljišnih knjiga, iznosi 34979.3789 ha (površina bez šumskog i neplodnog zemljišta). (Plan upravljanja poljoprivrednim zemljištem, 2017). U urbanom dijelu grada kojim protječe rijeka Radobolja vrlo je malo poljoprivrednih površina, mali dio njih odnosi se na vrtove i okućnice. U širem pojasu grada Mostara poljoprivreda i stočarstvo su značajnije zastupljeni.

3. *Odlagališta*

Prikupljanje i odvoz komunalnog otpada na području općine Široki Brijeg obavlja Javno komunalno poduzeće "Čistoća" d.o.o.. Općina je u osnivač ovog poduzeća. Dnevno se prikupi oko 20 tona nerazvrstanog komunalnog otpada i odvozi kamionima na deponiju "Uborak" u Mostaru. Servisom prikupljanja komunalnog otpada obuhvaćeno je oko 65% stanovništva općine Široki Brijeg. To je razlog što se pojavljuju divlji deponiji na širem području Općine. Naplativost usluge zbrinjavanja komunalnog otpada je oko 75%. Nema uspostavljenog sustava prikupljanja opasnog otpada iz domaćinstava i uslužnih djelatnosti te opasni otpad završava uglavnom na deponijima.(Leap, 2011) Uspostava regionalnog centra za upravljanje otpadom u Mostaru predstavlja bitan korak u cilju rješavanja problema vezanih uz zbrinjavanje otpada u regiji. To se posebno odnosi na područja koja gravitiraju ovom centru, a to su većinom općine Hercegovačko-neretvanske i Zapadnohercegovačke županije. Prema podatcima iz Federalnog plana upravljanja otpadom (2012), ove dvije županije proizvedu cca 100.000 tona otpada godišnje. Jasno je kako to predstavlja respektabilnu količinu otpada, naročito ako se uzme u obzir da se većina tog otpada neadekvatno odlaže čemu u prilog govore podatci kako u ove dvije županije postoji 80-ak ilegalnih i 20 registriranih odlagališta otpada, s tim da većina njih ne zadovoljava osnove sanitarno-tehničke uvjete. Jedino odlagalište koje je izgrađeno po sanitarnim uvjetima je odlagalište „Uborak“ koje je prestalo s radom otvaranjem novog odlagališta u neposrednoj blizini. Valja napomenuti kako je brojka od 100 tisuća tona godišnje zasnovana na procjenama. Trenutno usluge odlagališta u Mostaru, pored općine Mostar, koriste samo općine Široki Brijeg, Grude i Ljubuški te manji broj privatnih komunalnih tvrtki. (Šljivić, Herceg, Medić,2015)

5. ZAKLJUČAK

Osjetljivost i ranjivost krškog podneblja kojim se pružaju slivovi Radobolje i Lištice, rijeka koje svojom vodom opskrbljuju šire područje Mostara i Širokog Brijega, samo daje na težini ni malo zanemarivim antropogenim pritiscima na ove slivove. Determinirajući izvore potencijalnih onečišćenja nameće se potreba za integralnim pristupom zašite slivnog područja Radobolje i Lištice i zaštite njihovih ekosustava na razini ekotona.

6. LITERATURA

1. Herceg, N. (2013): Okoliš i održivi razvoj. Synopsis, Zagreb,668 str.

2. *Resulović, (1998) preko Emir Kustura: Obilježja krškog reljefa Zapadnohercegovačke županije 2016*).

3. Kustura, E., (2016): Karakteristike krškom reljefu Zapadno hercegovačke županije, Acta geographica Bosniae et Herzegovinae, 5: 131-140.

4. Leap 2011: http://www.sirokibrijeg.ba/index.php/dokumenti/finish/3-dokumenti/160-lokalni-ekoloski-akcijski-plan-leap

5. Grad mostar http://www.infrastruktura.mostar.ba/index.php/izgradnja-kanalizacionog-

sistema/o-projektu-kolektora/item/89-kanalizacioni-sistem-prije-projekta

6. Agencije za vodno područje Jadranskog mora, (2016): Plana upravljanja vodama za vodno područje Jadranskog mora u Federaciji

7. BiH:http://www.jadran.ba/plan_upravljanja/Nacrt_plana_upravljanja_vodama_vpjm_rkv.pdf

8. Plan upravljanja poljoprivrednim zemljištem, 2017 file:///Users/buljubasic/Downloads/FINALNI%201%20PROGRAM%20UPRAVLJANJA%20POLJOPRIVREDNIM%20ZEMLJI%C5%A0TEM%20-%20RADN.pdf

9. Šljivić, Herceg, Medić,(2015): Gospodarenje otpadom u mostarskoj regiji

INOVATIVNI INTEGRIRANI ALATI ZA PRAĆENJE ONEČIŠĆENJA U VODENIM EKOSUSTAVIMA

INNOVATIVE INTEGRATED TOOLS FOR MONITORING POLLUTION IN AQUATIC ECOSYSTEMS

Dr. sc. Almut Gerhardt
LimCo International GmbH, Njemačka
AlmutG@web.de

Dr. sc. Svjetlana Stanić-Koštroman, izv. prof.
FPMOZ, Sveučilište u Mostaru, Matice hrvatske bb
svjetlana.stanic.kostroman@fpmoz.sum.ba

Dr.sc. Anita Dedić, doc.
FPMOZ, Sveučilište u Mostaru, Matice hrvatske bb
anita.dedic@fpmoz.sum.ba

Dr. sc. Anđelka Lasić, doc.
FPMOZ, Sveučilište u Mostaru, Matice hrvatske bb
andjelka.lasic@fpmoz.sum.ba

Dr. sc. Dragan Škobić,
FPMOZ, Sveučilište u Mostaru, Matice hrvatske bb
dragan.skobic@fpmoz.sum.ba

Sažetak: Cilj rada je promicanje inovativnih tehnoloških rješenja i praksi u pročišćavanju otpadnih voda kako bi se olakšao regionalni pristup, jačajući na taj način kapacitet lokalnih vlasti i tvrtki za gospodarenje otpadnim vodama, a sve u svrhu ispune pravno obvezujuće obveze u provedbi Dunavske konvencije u skladu sa EU Okvirnom direktivom o vodama. Okvirna Direktiva o Vodama ima za cilj postizanje dobrog ekološkog i kemijskog statusa europskih površinskih voda do 2021. godine, a to uključuje praćenja i mjerenja za održavanje i poboljšanje kvaliteta vode, na putu prema tom ambicioznom cilju. U tu svrhu predstavljamo inovativna rješenja koja bi mogla biti osnova za biološku/toksikološku kontrolu kvalitete vode; za buduću ponovnu upotrebu otpadnih voda; u svrhu navodnjavanja, akvaponike, gnojidbe, s ciljem kružnog zelenog gospodarstva u vodnom sektoru. Štoviše, mogao bi biti rutinski alat za osiguravanje kvalitete u površinskoj vodi, u pitkoj vodi, kao i u postrojenjima za pročišćavanje otpadnih voda.

Ključne riječi: integrirani alati, inovativna rješenja, Okvirna direktiva o vodama, Bosna i Hercegovina

Abstract: The aim of this paper is promote innovative technological solutions and practices in wastewater treatment to facilitate a regional approach, thus strengthening the capacity of the local authorities and wastewater management companies to fulfil their legally binding commitment to implement the Danube Convention in line with the EU's Water Framework Directive. The EU Water Framework Directive aims to achieve a good ecological and chemical status of European surface waters until 2021 and includes monitoring and measures to maintain and improve water quality towards this ambitious aim. For this purposes we are presenting innovative solutions (on line monitoring with Multispecies Freshwater Biomonitor) which should be the basis for biological/toxicological water quality control for future re-use of wastewater for irrigation, aquaponics, fertilisation, aiming at a circular green economy in the water sector. Moreover, it should be a routine quality assurance tool in surface water, drinking water intakes and wastewater treatment plants.

Key words: integrated tools, innovative solutions, Water Framework Directive, Bosnia and Herzegovina

UVOD

Početkom 2000-ih Okvirna direktiva o vodama natjerala je upravljače vodama i donositelje politika na razvoj potpuno novih pristupa i načina rada kao i na pokretanje novih istraživačkih aktivnosti i projekata. Analiza 60 istraživačkih programa, provedenih u 13 europskih zemalja, pokazuje da su od početka 2000., značajno izmjenjeni sadržaji istraživačkih programa u vodenom sektoru koje financiraju nacionalna ili regionalna vlada. Zbog važnosti, a i složenosti teme, nužna su umrežavanja između nacionalnih i regionalnih istraživačkih programa kako bi se pomoglo menadžerima iz vodnog sektora da unaprijede svoju praksu, kako prijenosom i primjenom dobrih praksi i iskustava, tako i razvojem i unaprijedjenjem novih praksi, alata, i metoda.

1. UPRAVLJANJE VODAMA U BOSNI I HERCEGOVINI

U Federaciji Bosne i Hercegovine razvoj pravnog i institucionalnog okvira upravljanja vodama na principima i u skladu sa zahtjevima politike i prava EU, a u prvom redu s Okvirnom direktivom o vodama, započeo je s donošenjem Zakona o vodama Federacije BiH (Službeni novine FBiH broj 70/06) [1]. Početna analiza usklađenosti odredbi ovog Zakona pokazala je da je postignut visok stupanj transponiranosti nekoliko ključnih direktiva EU u pravni sustav Federacije BiH, a daljnja transponiranost u pogledu upravljanja vodama uslijediti će donošenjem podzakonskih akata [1].

Prema Zakonu o vodama, upravljanje vodama obuhvaća zaštitu i korištenje voda, zaštitu od voda te uređenje vodotoka. Kako su u Federaciji BiH vode proglašene za opće dobro, kao takve one su pod posebnom zaštitom Bosne i Hercegovine, Federacije BiH, županija i jedinica lokalne samouprave (gradova i općina).

Zakonom o vodama sve površinske vode razvrstane u vode I kategorije, gdje je Federacija BiH vlasnik javnog dobra ovih voda te vode II kategorije, gdje je vlasnik javnog vodnog dobra grad ili općina, ukoliko nije drugačije određeno županijskim propisom [1].

Teritorijalna osnova upravljanja vodama ovim Zakonom definirana je u okviru dvaju vodnih područja. Vodno područje rijeke Save čini dio međunarodnog riječnog bazena rijeke Dunav na teritoriji BiH, odnosno Federacije BiH. Vodno područje Jadranskog mora obuhvaća dijelove međunarodnih riječnih bazena Neretve s Trebišnjicom, rijeka Cetine i Krke na teritoriji BiH, odnosno Federacije BiH. Zakonom su osnovane Agencije za upravljanje vodama za navedena vodna područja.

2. OKVIRNA DIREKTIVA O VODAMA (ODV)

Okvirna direktiva o vodama je najznačajniji dio EU legislative o vodi, osmišljen da poboljša i integrira način na koji se upravlja vodnim tijelima diljem Europe, osigura održivo upravljanje, spriječi daljnje uništavanje površinskih i podzemnih voda te osigura dobar status svih vodnih cjelina [2].

Direktiva je donesena kako bi dala doprinos očuvanju i poboljšanju vodenog okoliša, smanjenju ispuštanja opasnih tvari u vodu, promociji održivog korištenja voda, zaštiti vodenih i kopnenih ekosustava te močvarnih područja, kao i jačanju prekogranične suradnje na problematici vezanoj uz vode.

Okvirna direktiva o vodama se temelji na pet ključnih načela:

- ***načelo cjelovitosti***:
  uzima u obzir cijeli vodni sustav koji uključuje površinsku, podzemnu i morsku vodu na koordiniran način;
- ***načelo integriranog pristupa***:
  označava povezivanje s drugim sektorima, poput agronomije i prostornog uređenja;
- ***načelo transparentnosti*:**
  sudjelovanje javnosti;
- ***načelo ekonomskog pristupa*:**
  podrazumijeva ekonomičnost mjera i učinkovitu uporabu vode kroz odgovarajuće politike cijene;
- ***načelo ekološkog pristupa*:**
  postizanje dobre kvalitete vodnog tijela.

Cilj ODV-a uključuje praćenje i mjere za održavanje i poboljšanje kvalitete vode.

Prvi i drugi krug napora za praćenje vode u Europi pokazali su da europska vodna tijela u velikoj mjeri ne uspijevaju postići dobro stanje [3]. Prema tome, ODV predviđa da će države članice upotrijebiti sve prikupljene podatke, sve druge relevantne podatke, uključujući postojeće podatke praćenja okoliša, kako bi procijenili vjerojatnost da površinska vodna tijela neće udovoljiti ispunjavanju ciljeva zaštite okoliša koji su postavljeni direktivom za vodna tijela [4].

Okvirna direktiva o vodama treba da bude preispitana budući da postoji široki konsenzus da bi se napori za praćenje i procjenu kemijskog i ekološkog stanja trebali prilagoditi usklađenijem pristupu postizanja bolje kvalitete europskih slatkovodnih voda [5].

Opći je cilj ODV-a da sva europska slatkovodna tijela dosegnu "dobro ekološko stanje", sad već produljeno do 2022. (izvorno do 2015.).

U 2009. godini 43% europskih tijela površinskih voda klasificirano je kategorijom dobrog ili visokog ekološkog statusa, stoga ne zahtijeva

ništa. Međutim, od 2015., u Njemačkoj, primjerice, samo 8,2% svih rijeka bile su u kategoriji dobrog ili visokog statusa, za razliku od više od 90% rijeka klasificiranih kao umjeren, ili loš status i stoga zahtijeva djelovanje.

Vodeći se navedenim načelima, kao i sve lošijom klasifikacijom vodnih tijela u Europi nužna su nova inovativna rješenja, nove projektne aktivnosti, veće regionalne kao i međusektorske suradnje kako bi se postigli ciljevi predviđeni Direktivom.

Uzevši u obzir navedenu problematiku izrodila se projektna ideja koja za cilj ima **promicanje inovativnih tehnoloških rješenja i praksi** u pročišćavanju voda, prvenstveno otpadnih voda, kako bi se olakšao regionalni pristup, jačajući na taj način kapacitet lokalnih vlasti i tvrtki za gospodarenje otpadnim vodama, a sve u svrhu ispune pravno obvezujuće obveze u provedbi EU Okvirne direktive o vodama. Projekat predstavlja **prijenos i lokalnu prilagodbu modernih alata** za pročišćavanje otpadnih voda kroz izravnu suradnju između upravljačkih struktura vodnog sektora, proizvođača alata, sveučilišta, instituta i uređaja za pročišćavanje otpadnih voda.

3. EKOLOŠKI STATUS

Ekološki status definiran je Okvirnom direktivom o vodama; WFD (2000/60 / EC) kao mjera kvalitete strukture i funkcije površinskih vodenih ekosustava.

Okvirna direktiva o vodama zahtjeva procjenu ekološkog statusa površinskih voda kao središnjeg upravljačkog alata za europska vodna tijela. Procjena se provodi na temelju bioloških, fizikalno-kemijskih i hidromorfoloških elemenata kvalitete.

Klasifikacija ekološkog statusa površinskih voda sastoji se od **pet klasifikacijskih kategorija** za biološke elemente (visok, dobar, srednji, nizak i loš status), i po 3 kategorije (visok, dobar i srednji status) za hidro-morfološke i fizikalno-kemijske elemente.

Ukupni ekološki status određuje se prema onoj stavci koja je najlošije ocijenjena. Ako je status prema biološkom i fizikalno-kemijskom elementu ocijenjen kao dobar, a hidro-morfološkom elementu kao umjeren, ukupni ekološki status bit će ocijenjen kao umjeren. Biološki elementi prikazuju se kao omjer dobivenih vrijednosti parametara u odnosu na referentne vrijednosti. Referentno stanje koje odgovara kategoriji „visokog ekološkog stanja“ označava uvjete i raspone parametara koji odgovaraju nepromijenjenim prirodnim uvjetima, ili neznatno promijenjenim uvjetima uslijed antropogenih utjecaja.

Mjerne vrijednosti koje odražavaju sastav promatrane zajednice uspoređuju se s mjernim vrijednostima utvrđenim za zajednice u referentnom stanju za dano vodno tijelo.

4. BIOLOŠKI ELEMENTI KAKVOĆE VODE I PROCJENE EKOLOŠKOG STATUSA

Ekološko stanje se prvenstveno **određuje temeljem analiza bioloških elementa kakvoće** (BEK) koji uključuju **makrozoobentos, perifiton, fitoplankton, makrofitsku vegetaciju i ribe**. **Hidromorfološki** i osnovni **fizikalno-kemijski** elementi kakvoće koriste se **kao podržavajući elementi** za procjenu ekološkog stanja.

Biološki elementi koriste se kao **osjetljivi pokazatelji** stanja vodenog ekosustava jer integriraju i odražavaju utjecaj raznih okolišnih čimbenika, poput **kemijskog onečišćenja**, **otjecanja organskih tvari s poljoprivrednih površina** i **kućanstava**, **degradacije** i **fragmentacije staništa** i sl.

Podaci o strukturi zajednice prikazuju se u obliku **bioloških indeksa** koji se generalno mogu podijeliti na: biotičke indekse, indekse raznolikosti te indekse sličnosti, pri čemu se najviše koriste biotički indeksi [6]

Kako se indeksi, posebice perifitonski (dijatomejski) **nisu pokazali kao primjenjivi** u svim regijama Europe potaknuli su na nove aktivnosti. Zahtjevi ODV-a doveli su do **prilagodbe** postojećih **sustava ocjene kakvoće vode** i potaknuli dizajn novih klasifikacijskih sustava za ekološko stanje površinskih tokova. Novi sustavi uključivali su **nove pristupe** konceptu europskih referentnih uvjeta, uspostavljanje nacionalnih i europskih riječnih tipologija, sustav klasifikacije ekološkog stanja i granica ekoloških klasa i **obveznu interkalibracijsku vježbu** između europskih zemalja [7]

Mnoga istraživanja su utvrdila da **indeksi** razvijeni **u pojedinim regijama** Europe **nisu djelotvorni u drugim**. Europske indekse je **potrebno uskladiti s regionalnim uvjetima** Prema istraživanju koje su proveli Rimet i sur. (2007), Charles i sur. (2006) i Kelly i sur. (1998., 2012, 2019) čimbenici svake ekoregije kao što su geologija, tip tla, klima i vegetacija mogu uzrokovati prilagođavanje kakvoće vode. Izmjerene ekološke sklonosti svake vrste mogu biti geografski specifične.

Iako se očekivalo da će države članice razvijati nacionalne metode za ocjenu "ekološkog stanja", ODV zahtijeva da se metode izražavaju kao **ekološki omjer kvalitete (EQR)**, definirano kao "promatrana" (O) vrijednost kandidatske metrike, podijeljeno po toj vrijednosti „očekivano“ (E) u referentnom stanju (O / E). Shodno tome, važno je da sve države članice imaju **zajedničko razumijevanje biološkog stanja u "referentnom stanju".**

U praksi, čak i ako se sve ostale varijable drže konstantnim, očekivana vrijednost će varirati ovisno o

vrsti vodenog tijela koje se razmatra. Zbog ovog razloga, EU je osnovala pet geografskih interkalibracijskih skupina (GIG-ovi); i sa svim regijama razlikovala je nekoliko tipova vodnih tijela ("vrste") kako bi se osigurale slične usporedbe bioloških zajednica.

Multimetrični pristup daje razred ekološke kvalitete (**EQC**) i zajedno s ostalim elementima kvalitete dobiva se **sveukupni rezultat**.

5. INOVATIVNI ALATI ZA PRAĆENJE ONEČIŠĆENJA KORIŠTENJEM BIOLOŠKIH ELEMENATA

Biološki sustavi ranog upozoravanja razvijani su oko tri desetljeća i **detektiraju promjene u vodenom staništu kao i u sedimentu**. Sedimenti su također ekološki važan sastojak vodenog staništa budući da koncentriraju toksične tvari i djeluju kao ponor za toksine. Stoga toksičnost u vodenom stupcu, često praćena planktonskim ili pelagičnim organizmima, ne daje dovoljne pokazatelje toksičnosti u sedimentu. Mnogi bentoski organizmi obavljaju dio ili cijeli životni ciklus na ili u sedimentu. Stoga se toksičnost sedimenta mora procjenjivati i pratiti istodobno s toksičnošću vode. Ovo je također potrebno za impulse zagađenja koji najprije imaju otrovne reakcije / učinke u vodenom sustavu; međutim, kasnije i na većoj udaljenosti ove tvari ulaze u sediment, gdje mogu izazvati kratke, pa čak i dugoročne učinke na bentoske organizme. Budući da se vodeni ekosustav ne može promatrati zasebno, isključujući organizme koji tu obitavaju kao i sediment nužne su inovacije koje će pravovremeno upozoriti na problem. Prema tome navodimo neka od mogućih inovativnih rješenja koja mogu služiti kao **brzi otkrivači onečišćivača u vodi, odnosno kao osnova za biološku/toksikološku kontrolu kvalitete vode**.

Glavni cilj biološkim sustavima je **otkriti onečišćenje** korištenjem ranih reakcija na **stres osjetljivih ispitnih organizama** u cilju zaštite kakvoće vode u vodenim ekosustavima od otpada i industrijskih otpadnih voda. Većina sustava mjeri, često samo na kvalitativnoj osnovi, bilo jedno ponašanje (npr. reotaksija, lokomocija, pokreti ventila, pokreti operkula) ili fiziološki parametar (luminiscencija, fluorescencija, fotosinteza, disanje) u bakterijama, algama, školjkašima, planktonskim rakovima i ribama [9,10,11].

5.1. Gam Tox sonda

GamTox terenska sonda razvijena je i uspješno se primjenjuju za **praćenje toksičnih impulsa hranjivih tvari i pesticida u površinskim vodama** [8, 9].
Testiranje kao i primjenjivost joj je utvrđena nakon eksperimenata provedenih u malim potocima u blizini poljoprivrednih površina u Švicarskoj (InterReg IV A projekt 227). Test predstavlja aktivnu metodu praćenja živog organizma kroz akrilne staklene cijevi zapečaćene najlonskom mrežom sa obje strane, postavljene kao vijčani prstenovi, s dodanim supstratom i izvorom hrane.

Cilj sonde je pružiti jednostavnu, ekonomičnu, ekotoksikološku procjenu kao alat za praćenje stanja na razini vrsta i populacije u svrhu postizanja ciljeva zaštite za Europsko zakonodavstvo o okolišu za kakvoću površinske vode. Kao testni organizam, na primjerima Njemačke i Švicerske koristi se rod ***Gammarus***. Gamaridi predstavljaju važnu ulogu u hranidbenom lancu, široko su rasprostranjeni i brojni u mnogim ekosustavima, te osjetljivi na mnoge onečišćivače što ih čini **savršenim testerima u vodenoj ekotoksikologiji i integriranoj procjeni kvalitete vode**. T**estiranje se može obaviti i s drugim vrstama**;

- vrstama osjetljivim prema mnogim zagađivačima,
- saprobnim pokazateljima II razreda,
- dominantnim i brojnim vrstama u ekosustavu.

Na navedenom primjeru Gamaridi su dobri testeri što ne znači da bi u drugim regijama to bili.

GamTox sonda otkriva; lokalne toksične učinke i opterećenja hranjivim tvarima kao i sve toksične tvari u vodi tijekom razdoblja izloženosti. Dok s druge strane kemijska analiza može uzeti u obzir samo niz toksičnih tvari i odabrano vrijeme izloženosti (automatizirani uzorci), te stoga daje nepotpun i pogrešan učinak, odnosno nužnu sliku u slučaju da se onečišćenje javlja kratkim impulsima s visokom razinom koncentracije.

5.2. Multispecies Freshwater Biomonitor (MFB).

Multispecies Freshwater Biomonitor (MFB) je **sustav sondi** i temelji na tehnici pretvorbe impedancije četveropola, koja istovremeno bilježi nekoliko parametara ponašanja širokog raspona vodenih organizama, na primjer, rakova, kukaca, oligoheta, puževa, nekih ribljih vrsta itd [9, 10, 11]. Tijekom ekspozicijskog izlaganja i praćenja izloženosti sondi u vodi, organizmi se slobodno kreću između dva para elektroda na svakoj bočnoj stijenci ispitne komore, koja prima nefiltriranu mlaznu vodu ili izloženu vodu [9,10]. Ponašanje organizma izražava se pokretima koji dovode do promjena električnog polja i mjere se kao promjene u impedanciji sustava. Na primjer, kretanje: plivanje i puzanje rezultiraju nepravilnim amplitudama i frekvencijama; mirovanje: mali signali koji se ne mogu odvojiti od pozadinske buke i sl. Pretvarač impedancije pokazao se **osjetljivim i kvantitativnim alatom za upotrebu u bihevioralnim, ekološkim i ekotoksikološkim studijama**, što ga čini obećavajućim alatom za potrebe kontinuiranog biomonitoringa [10].

6. OSVRT

Praćenje stanja kvalitete vode na području Bosne i Hercegovine te procjena ekološkog statusa temelji se na praćenju fizikalno kemijskih i bioloških elemenata simultano. Nažalost sredstva koja se izdvajaju u tu svrhu nisu dostatna da bi se biomonitoring programi kao i procjene stanja provodili na nivou na kojem bi trebali, s kojima bismo dobili kompletne podatke.

Veliki su izazovi ispred nas i **nužni su još veći napori** kako bismo ih realizirali, misleći prvenstveno na **interkalibracijske vježbe, EQR, prijedloge referentnih vrijednosti, prijedloge indikatorskih vrstsa** itd..

Kako bismo **zadovoljili EU regulative** i napravili veće iskorake, a time **sačuvali vodu** koju imamo na raspolaganju nužne su aktivnosti poput **umrežavanja** između nacionalnih i regionalnih istraživačkih programa, kao i svih koji se bave problematikom voda, **povezujući** time različite struke, a sve u **svrhu prijenosa i primjena** dobrih iskustava, praksi, inovacija, alata, metoda itd., što je i svrha ovog rada.

Da bismo provodili naprednu tehnologiju i primjenjivali inovativna rješenja iz razvijenih zemalja **nužan nam je kontinuitet u praćenju stanja,** poznavanje ponašanja i ekologije najdominantnijih i najosjetljivijih svojti u određenom vodenom tijelu, na temelju kojih bi se određena testiranja mogla napraviti.

Kao dobri testni organizmi u drugim regijama su se pokazali rod ***Gammarus*** (makrozoobentos) i ***Scenedesmus*** (alga) **što ne mora značiti** da bi se kao takvima pokazali u našoj regiji. Potrebna su duža, kontinuirana istraživanja i praćenja kako bi se testni organizam prepoznao i odabrao. Stoga da bi postigli navedeno, nužne su projektne suradnje i provođenje testnih aktivnosti i primjena inovacija kako bi se kroz duže periode ekspozicije u vodi mogli iznijeti novi koraci u praćenju stanja, a sve u svrhu ranih otkrivanja incidentnih situacija. Navedeno bi ponajviše **spriječilo opterećenja** vodenih sustava **hranjivim solima**, **pesticidima**, **fungicidima** i sl., a time ujedno **detektiralo** na potencijalne **eutrofikacijske procese**, te upozorilo na promjene kao što su posljedice sve aktualnijih **klimatskih promjena**, misleći pri tome ponajviše na **smanjenje biološke raznolikosti**.

Navedeno svakako **ne može zamijeniti biološko praćenje** kvalitete vode, ali može pomoći, **podržavajući praćenje**, na način da **na vrijeme prepozna opasnost** u ekosustavu da bi se **pravovremeno reagiralo** i **spriječilo** neželjene posljedice.

LITERATURA

[1] N. Herceg, S. Stanić-Koštroman, M. Šiljeg, Čovjek i okoliš, HAZU BiH, Sveučilište Sjever, Synopisis, Mostar-Koprivnica-Zagreb, 2018.

[2] N. Herceg, Okoliš i održivi razvoj, Synopisis, Zagreb, 2013.

[3] European Commission, A blueprint to safeguard Europe's water resources, Communications from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, COM(2012) 673 final, 2012

[4] EU, Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy, Official Journal of the European Coounities L 327, 22.12.2000, Luxembourg, 2000.

[5] Brack W, Dulio V, Agerstrand M, Allan I, Altenburger R, Brinkmann M, Bunke D, Burgess RM, Cousins I, Escher BI, Hernandez FJ, Hewitt LM, Hilscherova K, Hollender J, Hollert H, Kase R, Klauer B, Lindim C, Herraez DL, Miege C, Munthe J, O'Toole S, Posthuma L, Rudel H, Schafer RB, Sengl M, Smedes F, van de Meent D, van den Brink PJ, van Gils J, van Wezel AP, Vethaak AD, Vermeirssen E, von der Ohe PC, Vrana B (2017) Towards the review of the European Union Water Framework Directive: recommendations for more efficient assessment and management of chemical contamination in European surface water resources. Sci Total Environ 576:720–737

[6] Ollis, D.J., Dallas, H.F., Esler, K.J., Boucher, C. (2016): Bioassessment of theecological integrity of river ecosystems using aquatic macroinvertebrates: an overview with a focus on South Africa. African Journal of Aquatic Science 31(2): 205–227.

[7] Van de Bund, W. J. (ed.), 2009: Water Framework Directive Intercalibration Technical Report. Part 1: Rivers. JRC

Scientific and Technical Reports: 179. ISSN: 1018-5593

[8] R. Vaniola, J. D. S. Witt, M. Grabowski, J. H. Bradbury, K. Jazdzewski, and B. Sket, “Global diversity of amphipods (Amphipoda: Crustacea) in freshwater,” Hydrobiologia, vol. 595, pp. 155–241, 1979.

[9] Gerhardt, A., Koster, M., Lang, F. and Leib, V. 2012a, Journal of Environmental Protection, 3, 573

[10] Gerhardt, E. Svensson, M. Clostermann, and B. Fridlund, “Monitoring of behavioral patterns of aquatic organisms with an impedance conversion technique,” Environment International, vol. 20, no. 2, pp. 209–219, 1994

[11] K. W Cummins and M. J Klug, “Feeding ecology of stream invertebrates,” Annual Review of Ecology, and Systematics, vol. 10, pp. 147–172, 1979

DIVERZITET DIJATOMEJA RIJEKE OSKOVE

DIATOM DIVERSITY IN THE OSKOVA RIVER

BSc. Zorana Lukić, ass.
Faculty of Natural Sciences and Mathematics,
University of Tuzla, Univerzitetska 4,
e-mail: zoranalukic8@gmail.com

Dr. sc. Jasmina Kamberović, doc.
Faculty of Natural Sciences and Mathematics,
University of Tuzla, Univerzitetska 4,
e-mail: jasmina.kamberovic@untz.ba

Dr. sc. Božica Vasiljević,
Institute for Biological Research "Siniša Stanković, Bulevar despota Stefana 142
11060 Belgrade,Serbia
e-mail: bozica@ibiss.bg.ac.rs

BSc. Radenko Nešković,
D.o.o. Energo sistem Brcko district,
Dejtonska 141 A, Brčko,
e-mail: neskovic.radenko93@gmail.com

Sažetak: Dijatomeje su unicelularne alge, široko rasprostranjene, prisutne u mnogim vodenim staništima i dominanatne u fitobentosu. Fitobentos i makrofite se navode kao jedan biološki pokazatelj kvaliteta vode u Okvirnoj direktivi o vodama Evropske unije. Istraživanja biodiverziteta dijatomeja rijeke Oskove koja svojim gornjim tokom protiče kroz područje Zaštićenog pejzaža Konjuh rađena su na epilitskim zajednicama. Istraživanja su obuhvatala prikupljanje uzoraka i analizu fizičko-hemijskih parametara, identifikaciju i mikrofotografiju taksona. Ukupno je identificirano 106 taksona. Dominirali su rodovi: Achnanthidium, Cocconeis, Amphora, Nitzschia, Navicula i Gomphonema. Najučestalije vrste epilitona su bile Achnanthidium minutissimum, Achnanthidium pyrenaicum, Cocconeis euglypta, Cocconeis lineata. Shannon indeks diverziteta (H') je varirao u rangu od 1,0 do 3,3. U istraživanju epilitona rijeke Oskove na području Zaštićenog pjezaža Konjuh utvrđen je visok specijski diverzitet. Donji tok rijeke rezultirao je nižim diverzitetom i drugačijim sastavom vrsta.

Ključne riječi: dijatomeje, Oskova, specijski diverzitet, fitobentos, epiliton

Abstract: Diatoms are unicellular algae, worldwide spread, live in many aquatic habitats and they are dominant in phytobenthos. Phytobenthos and macrophytes are one of the biological quality elements in the assessment of ecological status of waterbodies, according to the EU Water Framework Directive. Investigation of the diatom biodiversity of the Oskova River, which flows through the Konjuh protected area in its upper stream,, was based on epilithic communities. The research included sampling of benthic diatoms, analysis of physicochemical parameters, permanent slides preparation and identification of taxa. In total, 106 taxa have been recorded. The most dominant genera were Achnanthidium, Cocconeis, Amphora, Nitzschia, Navicula, and Gomphonema. The most abundant taxa were Achnanthidium minutissimum, Achnanthidium pyrenaicum, Cocconeis euglypta, and Cocconeis lineata. The Shannon Diversity Index (H') was in the range from 1.0 to 3.3. Epilithic assemblages in the Oskova River which flow through the Konjuh Protected Landscape area showed high biodiversity of diatoms. The lower part of the river flow had lower species diversity, a well as different taxa dominance.

Key words: diatoms, Oskova, species diversity, phytobenthos, epiliton

1. UVOD

Dijatomeje su unicelularne alge koje se svrstavaju u carstvo Chromista, tip Ochrophyta i klasu Bacillariophyceae (Ruggiero i sar., 2015). Široko su rasprostranjene u kopnenim, slatkovodnim i morskim ekosistemima (Round i sar., 1990). Posebno je dominantno njihovo prisustvo u fitobentosu. Specifičnost ćelije dijatomeja je u silicijskoj ljušturici (frustula, theca) ukalupljena u dva dijela, epiteku i hipoteku. Dijatomeje su primarni producenti, važne u lancima ishrane u lotičkim i lentičkim ekosistemima (Mayer i Likens, 1987). S obzirom da su osjetljive na fizičko-hemijske promjene u vodenim ekosistemima, reaguju brzo na promjene u okolišu što ih čini dobrim biološkim indikatorima (de la Rey i sar., 2004). Vrlo često se istražuju u monitoringu kvaliteta vode rijeka, jezera, močvara, okeana i estuarija (Smol i Stoermer, 2010), posebno kada se prate promjene uzrokovane prilivom nutrijenata, odnosno trofičke vrijednosti (Rott i sar. 1999) ili djelovanja antropogenog uticaja (van Dam i sar., 1994; Kelly i Whitton, 1998). U ovom radu istraživan je biodiverzitet dijatomeja u brdsko-planinskoj rijeci Oskovi, u dvije sezone uzorkovanja.

1.1 Pregled istraživanja

Prva istraživanja na prostorima Bosne i Hercegovine u raznim vodenim ekosistemima ukazuju na visok specijski diverzitet dijatomeja (Van Heurck, H. 1880-1883, Protić, G. 1897; Protić, 1901; Matoničkin,1963). Skorija istraživanja otkrivaju i nove vrste za nauku. Tako su na na tresetištu (Bijambare) zabilježene uglavnom acidobiotičke i acidofilne vrste dijatomeja (45 vrsta), ali i utvrđene dvije potpuno nove vrste Sellaphora bosniaca Kapetanovic & R.Jahn i Sellaphora hafnerae Kapetanovic & R.Jahn (Kapetanović i sar., 2011). Riječni izvor Bunica broji 104 taksona (Dedić, 2015), izvori i potoci planine Konjuh 50 taksona (Kamberović i sar., 2016), izvori planine Konjuh 187 taksona (Kamberović i sar, 2019), na rijeci Uni identificirana su 64 taksona dijatomeja (Redžić, 1991, Matoničkin i sar. 1963), 140 (Hafner i sar., 2008). U istraživanjima krških vodenih ekosistema broj taksona iznosio je od devet u jezeru Kalajli na planini Bjelašnici do 33 u rijeci Trebižat (Hafner, 2013). U Šerićkoj bari utvrđeno je 57 vrsta u epipelonu (Kamberović i sar., 2017), a na rijeci Krivaji 162 vrste algi (Blagojević i Hafner. 1979). Bentos je istraživan i na Neretvi i Cetinji (Trožić-Borovac i sar., 2010), na jezeru Prokoško i okolini sa 221 vrstom (Kapetanović i sar., 2007). Ukuno 37 vrsta je pronađeno u fitobentosu jezera Blidinje (Ivanković i sar., 2012), u epifitonu jezera Modrac 85 vrsta (Kamberović i sar., 2019). U kopovskim jezerima (Suhodanj, Požar, Sjerkovača, Brestovica, Mušići, Ramići i Šićki Brod) u okolini Tuzle, utvrđeno je 48 vrsta dijatomeja (Kamberović i sar., 2012) te prisustvo uglavnom tolerantnih vrsta fitobentosa na teške metale (Mašić i sar., 2018).
U ovom istraživanju, uzorkovan je epiliton rijeke Oskove u svom longitudinalnom profilu na 10 istraživanih tačaka, u zavisnosti od očekivanih antropogenih uticaja.

1.2. Područje istraživanja

Istraživana rijeka Oskova je manja brdsko-planinska rijeka Bosne i Hercegovine slivnog područja rijeke Save, odnosno hidrografskog sistema rijeke Spreče (slika 1). Nastaje spajanjem potoka Krabanja i Velika Zlača, nedaleko od mjesta Zobik, u sjevernom dijelu Zaštićenog pejzaža „Konjuh“. Ima ukupnu dužinu 25 680 metara i protiče kroz opštinu Banovići, naselje Oskova, a zatim kroz opštinu Živinice gdje se uliva u rijeku Spreču u naselju Strašanj. Prvih 8 kilometara svog toka Oskova protiče kroz sjeverni dio očuvane prirode Zaštićenog pejzaža Konjuh. U srednjem i donjem dijelu toka prihvata komunalne i industrijske otpadne vode sve do ušća u rijeku Spreču. Područje planine Konjuh se ističe očuvanom prirodom, geološkom raznolikošću, što je uslovilo i ekosistemsku raznolikost. Rijeka Oskova je izuzetno važna jer predstavlja glavni vodotok na području opštine Banovići, gdje je od izvorišnog dijela rijeke sproveden sistem koji se koristi za vodosnadbijevanje grada Banovići pitkom vodom. Nizvodno na rijeci Oskovi u području Konjuh planine se nalazi brana koja formira manju akumulaciju „Mačkovac“ u istoimenom naselju. Donji tok rijeke je opterećen sa prijemom otpadnih voda industrijskog i komunalnog porijekla.



Slika 1. Geografski položaj sliva rijeke Oskove

2. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

2.1 Terenska istaživanja

Na terenskom istraživanju su praćene eko-morfološke karakteristike lokacija (Spitale D., 2007) i

vidni antropogeni uticaj. Uzorci epilitona su prikupljeni prema standardu za Kvalitet vode - vodič za rutinsko uzorkovanje i pripremanje bentoskih diatoma iz rijeka i jezera (Institut za standardizaciju Bosane i Hercegovine, BAS EN 13946:2015, 2015) struganjem kamenja sa čvrstom četkicom ili nožem i konzervirani u 4% rastvoru formaldehida. Za mjerenje temperature vode, otopljenog kiseonika, konduktiviteta i pH vrijednosti je korišten multimetar 3410 (WTW Company, Germany).
Uzorkovanje epilitona je realizovano na 10 istaživanih lokacija u longitudinalnom profilu rijeke. U gornjem toku Oskove rijeke predviđene lokacije uzorkovanja na lokalitet rijeke Oskove na mjestu formiranja (T1, slika 2), odnosno nakon separacije potoka Krabanje, Zlaće i Studešnice. Sve naredne lokacije uzorkovanja na Oskovi su planirane u zavisnosti od ispusta industrijskih otpadnih voda, antropogenih uticaja ili ušća pritoka. Lokaliteti su Oskova kod hotela Zlaća (T2) u naselju Mačkovac, Oskova prije (T3) i poslije prijema voda (T4) sa obližnjeg jalovišta, Oskova poslije separacije rijeke Litve (T5). Dvije tačke uzprkovanja Oskova su prije (T6) i poslije (T7) prijema rudničkih voda u Višći, Oskova pred ušće rijeke Gostelje (T8), Oskova poslije ušća Gostelje (T9), Oskova prije prijema voda iz postojenja za prečišćavanje komunalnih voda grada Živinice i ušće Oskove u Spreču (T10, slika 3).



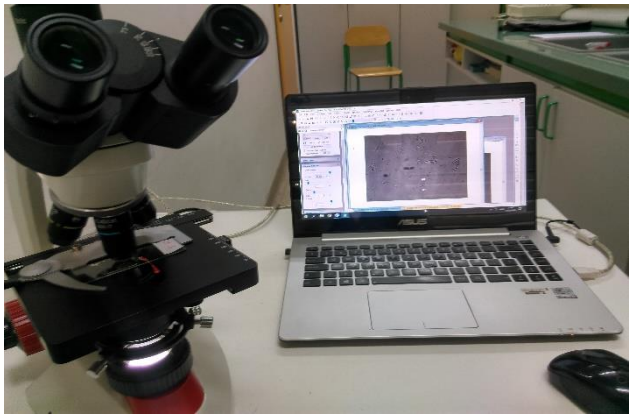
Slika 2. Oskova u svom gornjem toku, T1; Zaštićeni pejzaž Konjuh



Slika 3. Oskova u svom donjem doku (T10), neposredno prije prijema voda iz postojenja za prečišćavanje komunalnih voda grada Živinice

2.2 Laboratorijska istraživanja

Laboratorijskom analizom rađena je hemijska obrada uzoraka epilitona u cilju oslobađanja organske materije i prevođenja u trajne preparate, te tako pripremljeni preparati svakog uzorka su mogli biti dalje analizirani identifikovanjem i prebrojavanjem frustula na svjetlosnom mikroskopu (BA310 Motic, Speed Fair Co. Ltd., Kina, slika 4, i Carl Zeiss Axio Lab1, Germany). Svaki uzorak je tretiran standardnim laboratorijskim postupkom čišćenja primjenom hladne oksidacije sa koncentrovanom sumpornom kiselinom (96%nom) (Krammer i Lange-Bertalot 1986). Na taj način dobijen je materijal bez organske supstance pogodan za izradu trajnih preparata dijatomeja kalupljenjem u sintetičku smolu Naphrax. Identifikacija taksona dijatomeja urađena je korištenjem odgovarajuće literature (Hofmann i sar., 2011, Krammer i Lange-Bertalot 1985, 1986,1988, 1991, Krammer, 1997, 1997a, 2000, 2002, 2003). Nomenklatura identifikovanih taksona je dalje usklađena sa Guiry i Guiry, 2019. Relativna brojnost taksona u ispitivanim uzorcima je izražena procentualnom zastupljenošću frustula svakog pojedinačnog taksona u odnosu na 400 izbrojanih frustula na trajnom preparatu (Round 1991, 1993). Za identifikaciju i fotografisanje frustula taksona korištena je digitalna mikro-kamera Optica Pro 3LT i kompjuterski softver Optika Vision Pro (Optika mikroskopi, Italija), kao i Zeiss, Axiocam Erc 5s i ZEN softver.



Slika 4. Svjetlosni mikroskop i izrada mikrofotografija dijatomeja

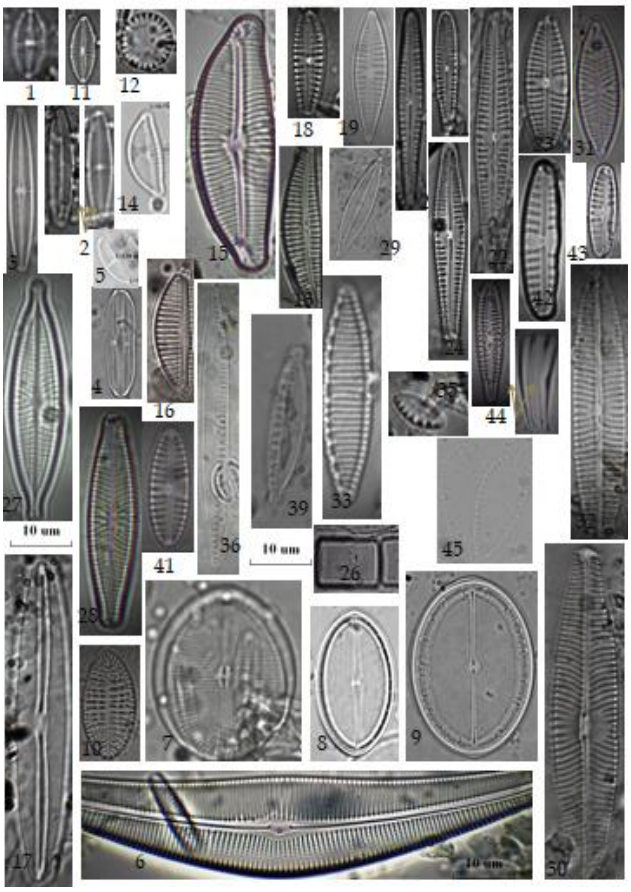
3. REZULTATI I DISKUSIJA

Ekološko istraživanje zajednica dijatomeja kao biondikatora ekološkog statusa riječnih ekosistema, ključna je skupina bioindikatora koja reaguje na antropogeni uticaj i nutrijentni status. Bitan korak u procesu uspostave monitoringa baziranog na smjernicama Evropske Direktive o vodama (European directive 2000/60/EC) je identifikacija liste ekoloških indikatora. U ovom istraživanju ukupno je

identifikovano 106 taksona dijatomeja. Najučestaliji rodovi bili su: Amphora (21,2%), Achnanthidium (20,6%), Cocconeis (14,7%), Navicula (9,5%), Nitzschia (9,1%) i Gomphonema (5,3%). Posmatrajući obje sezone zajedno najveći broj rodova zabilježen je na istraživanim tačkama T1-T4 ukupno 17, a najmanje T8 sa ukupno 9 rodova (slika 5). Najučestalije vrste epilitona su bile Amphora pediculus (Kützing) Grunow (20%), Achnanthidium minutissimum (Kützing) Czarnecki (11,6 %), Achnanthidium pyrenaicum (Hustedt) H.Kobayasi (8,1%), Cocconeis euglypta (Ehrenberg) Grunow (9,4%), Rhoicosphenia abbreviata (C.Agardh) Lange-Bertalot (5,3%), Nitzschia dissipata (Kützing) Rabenhorst (4%), Navicula cryptotenella Lange-Bertalot (3,1%), Reimeria sinuata (W.Gregory) Kociolek & Stoermer (3,3%), Cocconeis lineata Ehrenberg (2,7%).



Slika 5. Učestalost rodova u longitudinalnom profilu rijeke Oskove (T1-T10)



Slika 6. Mikrofotografije identifikovanih vrsta dijatomeja na rijeci Oskovi (brojevi su dati uz odgovarajuće vrste u tabeli I)

Tabela I. Identifikovani taksoni dijatomeja pojedinih taksona na istraživanim lokalitetima (T1-T10)

Br.	Takson	Tačke uzorkovanja
1.	*Achnanthidium eutrophilum* (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot	1,3,10
2.	*Achnanthidium pyrenaicum* (Hustedt) H.Kobayasi	1,2,3,4
3.	*Achnanthidium minutissimum* (Kützing) Czarnecki	1,2,3,4,5,6,7,9
4.	*Amphora inariensis* Krammer	1,3
5.	*Amphora pediculus* (Kützing) Grunow	2,3,4,5,6,7,8,9,10
6.	*Brebissonia lanceolata* (C.Agardh) R.K.Mahoney & Reimer	1,2,3,4,10
7.	*Cocconeis pediculus* Ehrenberg	1,2,3,4,5,9,10
8.	*Cocconeis placentula var. euglypta* (Ehrenberg) Grunow	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10
9.	*Cocconeis lineata* Ehrenberg	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10
10.	*Cocconeis pseudolineata* (Geitler) Lange-Bertalot	1,2,3,9
11.	*Craticula subminuscula* (Manguin) Wetzel & Ector	5,6,7,8,9
12.	*Cyclotella meneghiniana* Kützing	5,6
13.	*Cymbella excisa* Kützing	3,4
14.	*Encyonema minutum* (Hilse) D.G.Mann	3,4

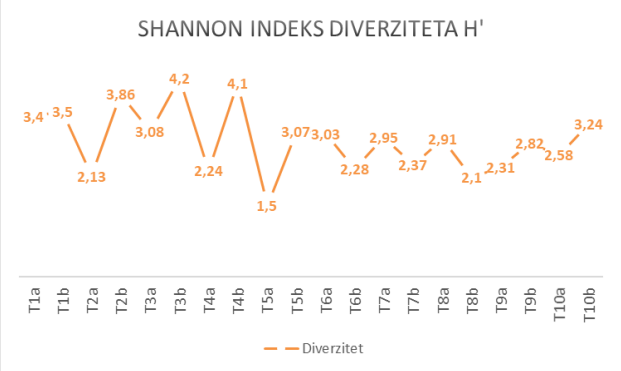
15.	*Encyonema prostratum* (Berkeley) Kützing	1,2,4,7
16.	*Encyonema silesiacum* (Bleisch) D.G.Mann	1,2,3,4,5
17.	*Frustulia vulgaris* (Thwaites) De Toni	2,6
18.	*Gomphonema minutum* (C.Agardh) C.Agardh	1,2,3,4,6,7
19.	*Gomphonema parvulum* (Kützing) Kützing	3,4,10
20.	*Gomphonema pumilum* var. *elegans* E.Reichardt & Lange-Bertalot	1,2,3
21	*Gomphonema pumilum* var. *rigidum* E.Reichardt & Lange-Bertalot	3,4
22.	*Gomphonema subclavatum* (Grunow) Grunow	1,2,3,4
23.	*Gomphonema tergestinum* (Grunow) Fricke	1,2,3,4,6,10
24.	*Gomphonema pumilum* (Grunow) E.Reichardt & Lange-Bertalot	1,2,3,4,9,10
25.	*Gyrosigma attenuatum* (Kützing) Rabenhorst	1,4,9,10
26.	*Melosira varians* C.Agardh	1,2,3,4,9,10
27.	*Navicula capitatoradiata* H.Germain ex Gasse	1, 10
28.	*Navicula cryptocephala* Kützing	2,4,5,6,8
29.	*Navicula hofmanniae* Lange-Bertalot	5,6,7,9
30.	*Navicula lanceolata* Ehrenberg	5,6,7,8,9
31.	*Navicula cryptotenella* Lange-Bertalot	1,2,3,4,5,7,8,9,10
32.	*Navicula tripunctata* (O.F.Müller) Bory	1,2,3,4,5,7,8,9,10
33.	*Nitzschia amphibia* Grunow	5,6,7
34.	*Nitzschia frustulum* (Kützing) Grunow	5,6,8
35.	*Nitzschia inconspicua* Grunow	5,6,7,8,9,10
36.	*Nitzschia palea* (Kützing) W.Smith	1,4,5,6,7,8
37.	*Nitzschia sigmoidea* (Nitzsch) W.Smith	4,7,10
38.	*Nitzschia dissipata* (Kützing) Rabenhorst	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10
39.	*Nitzschia fonticola* (Grunow) Grunow	5,7,8,10
40.	*Nitzschia recta* Hantzsch ex Rabenhorst	1,2,3,4,9,10
41.	*Planothidium lanceolatum* (Brébisson ex Kützing) Lange-Bertalot	1,3,4,5,6,7,8,9
42.	*Reimeria uniseriata* S.E.Sala, J.M.Guerrero & M.E.Ferrario	1,2,3,4,5,7,9,10
43.	*Reimeria sinuata* (W.Gregory) Kociolek & Stoermer	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10
44.	*Rhoicosphenia abbreviata* (C.Agardh) Lange-Bertalot	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10
45.	*Surirella brebissonii* var. *kuetzingii* Krammer & Lange-Bertalot	9, 10
46.	*Tryblionella angustata* W.Smith	1,4
47.	*Ulnaria ulna* (Nitzsch) Compère	1,2,3,4,7,9,10

Shannon indeks diverziteta (H') je varirao u prosjeku oko 3,3. Najniža vrijednost diverziteta po Shannon-u ('H) bila je 1,5 (slika 6), u proljećnoj sezoni uzorkovanja na lokalitetu T5a (Oskova poslije ušća rijeke Litve koja nosi značajno organsko opterećenje za vodeni ekosistem). Litva je u prethodnim istraživanjima nizvodno od Separacije RMU Banovići, svrstana u četvrtu klasu kvaliteta voda (Muratović i sar, 2009).

U istraživanju epilitona rijeke Oskove na području Zaštićenog pjezaža Konjuh utvrđen je visok specijski diverzitet (H' – 4, 2) na lokalitetu „T3" u ljetnoj sezoni, Oskova u svom gornjem toku prije jalovišta. Visoka vrijednost (H' – 4, 1) dobijena je na lokalitetu T4 takođe ljetna sezona, neposredno prije ulivanja u Litvu, i poslije toga slijedi jako veliki pad u diverzitetu vrsta, ali i u kvalitativnom sastavu vrsta.

Donji tok rijeke rezultirao je znatno nižim diverzitetom i drugačijim sastavom vrsta, u odnosu na gornji tok rijeke u području očuvane prirode.

Zapažene su pravilnosti u sezonskoj dinamici dijatomeja, gdje su vrijednosti diverziteta u ljetnim uzorcima uvijek bile više u gornjem toku rijeke, a u donjem toku rijeke su vrijednosti diverziteta bile nešto malo više u proljenoj sezoni.



Slika 5.Shannon-ov diverzitet (H') u dvije sezone (a-proljećna sezona), kroz longitudinalniprofil rijeke Oskove (T1-T10)

U procesu identifikacije analizirani su osnovni morfološki i ekološki parametri najučestalijih vrsta. Za Cocconeis placentula var. euglypta, dužina valvi su bile između 10 i 46 µm. Strukture na hipovalvi kao kod var. placentula. Na epivalvi areole su raspoređene u 3-5 širokih nizova. Poprečne pruge 19-22/10 µm. Vrste Cocconeis placentula var. euglypta i Cocconeis lineata su identifikovane u svim lokalitetima duž rijeke Oskove (tabela I) i prisutne u značajnom broju. Zatim, Reimeria sinuata (W.Gregory) Kociolek & Stoermer i Rhoicosphenia abbreviata (C.Agardh) Lange-Bertalot su također bile prisutne u svim istraživanim lokalitetima. Radi se o vrstama koje tolerišu umjereno organsko zagađenje (β-mezosaprobna voda) i kosmopolitskog su rasprostanjenja. Vrste čija je ekologija vezana za oligotrofne vode sa niskom do umjerenom količinom elektrolita su npr. Amphora inariensis Krammer (prisutna samo u gornjem toku rijeke T1 i T3), Cymbella excisa Kützing (T5 i T6), Encyonema minutum (Hilse) D.G.Mann (T3,T4), Achnanthidium pyrenaicum (Hustedt) H.Kobayasi (T1-T4) i dr.
Vrste prilično široke ekološke valence, koje mogu da se nađu u slatkoj vodi sa neznatnim sadržajem soli, ali i u vodi sa veoma povišenim sadržajem elektrolita, kao i na vlažnim mjestima van vode su npr.: Nitzschia amphibia Grunow (T5-T7), kosmopoliti Surirella brebissonii var. kuetzingii Krammer & Lange-Bertalo, (T9-T10) i Nitzschia frustulum (Kützing) Grunow (T5,T6, T8).

4. ZAKLJUČAK

Ukupno 106 taksona dijatomeja je identifikovano u rijeci Oskovi. Rijeka Oskova je obiluje diverzitetom dijatomeja u svom gornjem toku, na prostoru prirode Zaštićenog pjezaža Konjuh. U longitudinanom profilu trpi mnogo antropogenih uticaja, na što ukazuje pad diverziteta dijatomeja. Od antropogenih faktora može se izdvojiti nekoliko većih: blizina jalovišta, organsko opterećenje iz rijeke Litve (IV klasa), slivanje rudničkih potoka, komunalne vode pojedinačnih domaćistava i obližnjih gradova i sl. Zbog tih razloga je vidna promjena u kvantitativnom i kvalitativnom sastavu dijatomeja gornjeg i donjeg toka. U gornjem toku rijeke su prisutne vrste indikatori čistih voda i vrlo visok diverzitet. Vrijednosti Shannonovog indeksa diverziteta u gornem toku su bile relativno visoke, sa izraženim oscilacijama po sezoni uzorkovanja. U donjem toku rijeke Oskove, naručito od ušća rijeke Litve, primjetna je znatna promjena u sastavu vrsta, gdje uglavnom dolaze kosmopolitske vrste, tolerantne na zagađenje.
Ovo istraživanje sa popisom vrsta dopunjava prethodna istraživanja o diverzitetu algi i sa njima čini značajan temelj za izradu baze podataka o algama indikatorima površinskih voda Bosne i Hercegovine, što treba da čini prvi korak u uspostavi monitoringa koje uzima u obzir fitobentos kao biološki element kvaliteta.

5. LITERATURA

1. Ruggiero, M.A., Gordon, D.P., Orrell, T.M., Bailly, N., Bourgoin, T., Brusca, R.C., et al.: A Higher Level Classification of All Living Organisms. PLoS ONE 10(4): e0119248, 2015. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0119248 .
2. Round, F.E., Crawford, R.M., and Mann, D.G.: The Diatoms. Biology and Morphology of the Genera, 1990.
3. Mayer, MS., Likens, GE.: The importance of algae in a shaded headwater stream as food for an abundant caddisfly (Trichoptera). Journal of the North American Benthological Society, 6/4, 262-269, 1987.
4. De La Rey, P., Taylor, J., Laas, A., Van Rensburg, L,. Vosloo, A.: Determining the possible application value of diatoms as indicators of general water quality. A comparison with SASS 5. Water SA 30 325–332, 2004.
5. Smol, JP., Stoermer, EF.: The diatoms: applications for the environmental and earth sciences. Cambridge University Press, drugo izdanje, 2010.
6. Rott E, Pipp E, Pfister P, van Dam H, Ortler K, Binder N: Indikationslisten für Aufwuchsalgen in österreichischen Fliessgewässern. Teil 2: Trophieindikation.

Bundesministerium für Land-und Forstwirtschaft, Wien, 1999.

7. van Dam, H., Mertens, A., Sinkeldam, J.: A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands. Netherlands Journal of Aquatic Ecology 28: 117-133, 1994.
8. Kelly, M.G., Whitton, B.A., : Biological monitoring of eutrophication in rivers. Hydrobiologia, 384 (1-3), 55-67, 1998.
9. Van Heurck, H.. Synopsis des Diatomées de Belgique. Atlas. Ducaju and Cie., Anvers. 132 Pl. (Planche 1-30, 1880; Planche 31-33, 1881; Planche 34-77, 1881; Planch, 1880-1883.
10. Protić, G.: Prilazi k poznavanju flore resina (alge) Bosne i Hercegovine, s osobitim obzirom na floru resina Sarajeva, Vareša i Mostarskog blata (isključivši dijatomacije). Glasnik Zemaljskog Muzeja Bosne i Hercegovine, 539-559, Sarajevo, 1897.
11. Protić, G.: Prilazi k poznavanju kremenjašica (diatomacea) Bosne i Hercegovine. Glasnik Zemaljskog Muzeja Bosne i Hercegovine 313-325, Sarajevo, 1897.
12. Protić, Đ.: Treći prilog k poznavanju flore resina (alge) Bosne i Hercegovine. Glasnik Zemaljskog Muzeja Bosne i Hercegovine 13, 201-226, 1901.
13. Matoničkin, I., Pavletić, Z.: Sedrene naslage, u rijeci Uni i njihova biološka uvjetovanost. Geografski glsanik br. 25, 105-114, 1963.
14. Kapetanović, T., R. Jahn, S. Redžić & M. Carić: Diatoms in a poor fen of Bijambare protected landscape, Bosnia & Herzegovina. – Nova Hedwigia 93: 125–151, 2011.
15. Dedić, A., Plenković-Moraj, A., Kralj Borojević, K., Hafner D.: The fi rst report on periphytic diatoms on artifi cial and natural substrate in the karstic spring Bunica, Bosnia and Herzegovina. Acta Bot. Croat. 74 (2), 393–406, 2015.
16. Kamberović, J., Kišić, A., Hafner, D., Plenković Moraj, A.: Komparativna analiza epilitskih dijatomejskih zajednica u izvorima i potocima planine Konjuh (Bosna i Hercegovina). Works of the Faculty of Forestry University of Sarajevo No. 2, 2016 (51-64), 2016.
17. Kamberović, J., Plenković-Moraj, A., Kralj Borojević, K., Gligora Udovič, M., Žutinić, P., Hafner, D., Cantonati, M.: Algal assemblages in springs of different lithologies (ophiolites vs. limestone) of the Konjuh Mountain (Bosnia and Herzegovina). Acta Bot. Croat. 78 (1), 76-91, 2019.
18. Redžić, A.: Uticaj onečišćenja na distribuciju fitobentosa na rijeci Uni. Bilten društva ekologa Bosne i Hercegovine, ser. B, br. 6: 187-199, 1991.
19. Hafner, D., Mirković, G.: Dijatomeje sedrenih barijera rijeke Une. Zbornik radova Međunarodna konfenerncija Zaštićena područja u funkciji održivog razvoja, 533-544.
20. Hafner, D., Jasprica, N., (2013): Taksonomski sastav epifitskih dijatomeja (Bacillariophyta) na svojtama Charophyceae u dinarskim krškim ekosustavima. Nat. Croat., Vol. 22, No. 1, 199–204, Zagreb, 2008.
21. Kamberović, J., Kralj Borojević, K., Razić, A. & Barudanović, S.: Epipelic diatom communities in the Šerićka Bara marsh (northeast Bosnia and Herzegovina). Nat. Croat., Vol. 26, No. 1., 17–32, Zagreb, 2017.
22. Blagojević, S., Hafner, D.: Ekološka istraživanja na Cijanofitama i algama rijeke Krivaje. Biološki institut Univerziteta u Sarajevu, 13-31, 1979.
23. Trožić-Borovac, S., Hafner, D., Antunović, M.: Kvalitativno-kvantitativni sastav bentosa sliva rijeke Neretve i cetine u federaciji BiH. „Voda i mi“ časopis agenicije za vodno područke rijeke Save Sarajevo, broj 71, godina XIV, 8-24, 2010.
24. Kapetanović, T., Hafner, D.: Diatoms of wet habitats in the subalpine belt of Mt. Vranica (Bosnia and Herzegovina). Botanic Garden and Botanical Museum Berlin-Dahlem, Freie Universität Berlin, ISBN 978-3-921800-63-8, 2007.
25. Ivanković, A., Hafner, D.: Water quality assessment of the Blidinje shallow high mountain lake in Bosnia and Herzegovina,

based on its biological properties. Ekológia (Bratislava) Vol. 31, No. 3, p. 295–308, 2012.

26. Kamberović, J., Barudanović, S.: Alge i makrofiti kopovskih jezera šireg područja Tuzle, Bosna i Hercegovina, Nat. Croat. Vol. 21 No. 1., 101-118 Zagreb, 2012.
27. Kamberović, J., Stuhli, V., Lukić, Z., Habibović, M., Mešikić, E.: Epiphytic diatoms as bioindicators of trophic status of Lake Modrac (Bosnia and Herzegovina). Turkish Journal of Botany, Turk J Bot (2019) 43: 420-430, februar 2019.
28. Mašić, E., Žero, S., Barudanović, S., Memić, M.: Effect of heavy metals on phytobenthos assemblages in mine pit lakes of Bosnia and Herzegovina. Biologica Nyssana, 9 (2), 103-118, 2018.
29. Banović O, Kasumović H, Zoletić N, Džaferović N, Nakičević S.: Prethodna procjena utjecaja na okoliš turističke pruge Banovići- Zobik. INZIO; Tuzla; 2011.
30. Spitale, D.: Assessing the ecomorphology of mountain springs: Suggestions from a survey in the South-eastern Alps. In “The spring habitat: biota and sampling methods”. Cantonati M., Bertuzzi E. & Spitale D., 2008 (Eds). Monografie del Museo Tridentino Scienze Naturali IV: 31-44, 2007.
31. Institut za standardizaciju Bosna i Hercegovina (godina?): Kvalitet vode - vodič za rutinsko uzorkovanje i pripremanje bentoških diatomeja iz rijeka i jezera (BAS EN 13946).
32. Krammer, K., Lange-Bertalot, H.: Bacillariophyceae 1. Teil: Naviculaceae. In: Ettl H, Gerloff J, Heynig H, Mollenhauer D, editors. Süsswasserflora von Mitteleuropa, 2/1. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York, 1-876, 1986.
33. Guiry, M.D., & Guiry, G.M.: AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. http://www.algaebase.org, 2019.
34. Round FE: Diatoms in River Water-Monitoring Studies, J. Appl. Phycol. 3: 129-145, 1991.
35. Round, F.E.: A review and methods for the use of epilithic diatoms for detecting and monitoring changes in river water quality: Methods for the Examination of Waters and Associated Materials. Her Majesty’s Stationary Office HMSO), London, 65 pp, 1993.
36. Hofmann, G., Werum, M., Lange-Bertalot, H.: Diatomeen im Süßwasser-Benthos von Mitteleuropa. Ganter Verlag K. G., Germany, 908 pp, 2011 .
37. Krammer, K., Lange-Bertalot, H.: Naviculaceae. Neue und wenig bekannte Taxa, neue Kombinationen und. Synonyme sowie Bemerkungen zu einigen Gattungen.- U: Bibliotheca Diatomologia, Band 9 (CRAMER, J., ed.). J. Cramer, Berlin-Stuttgart, 230 pp, 1985.
38. Krammer, K., Lange-Bertalot, H.: Bacillariophyceae. 2. Teil: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. In Ettl H, Gerloff J, Heynig H, Mollenhauer D, editors. Süsswasserflora von Mitteleuropa. Vol. 2/2. Gustav Fischer Verlag, Jena, 1-596, 1988.
39. Krammer, K., Lange-Bertalot, H.: Bacillariophyceae. 4. Teil: Achnanthaceae. Kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolate) und Gomphonema. In: Ettl, H., Gerloff, J., Heynig, H. & Mollenhauer, D. (eds.). Süsswasser flora von Mitteleuropa, Band 2/4. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart & New York. 437 pp, 1991.
40. Kelly, MG., Whitton, B. A.: The trophic diatom index: a new index for monitoing eutrophication in rivers. Journal of Applied Phycology 7: 433-444, 1995.
41. Krammer, K.: Die cymbelloiden Diatomeen. Eine Monographie der weltweit bekannten Taxa. Teil 1. Allgemeines und Encyonema Part. Bibl. Diatomol. 36: 1-382, 1997.
42. European Union: Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy. Official Journal of the European Communities L327: 1-73, 2000.
43. Krammer, K.: Die cymbelloiden Diatomeen. Eine Monographie der weltweit bekannten Taxa. Teil 2. Encyonema part., Encyonopsis and Cymellopsis. Bibl. Diatomol. 37: 1-469, 1997a.

44. Krammer, K.: The genus Pinnularia. In: Lange-Bertalot H, editor. Diatoms of Europe, Volume 1. A.R.G. Gantner Verlag K.G. 1-703, 2000.

45. Krammer, K.: Cymbella. In: Lange-Bertalot H, editor. Diatoms of Europe, Volume 3. A.R.G. Gantner Verlag K.G. 1-584, 2002.

46. Krammer, K.: Cymbopleura, Delicata, Navicymbula, Gomphocymbellopsis, Afrocymbela. Vol. 4. In: Diatoms of Europe: Diatoms of European Inland Waters and comparable habirarts. Lange-Bertalot, H. (ed.). Ganter Verlag, Rugegell, 530 pp, 2003.

PRIMJENA FITOBENTOSA U OCJENI EKOLOŠKOGA STATUSA POVRŠINSKIH VODA EVROPE I BOSNE I HERCEGOVINE

APPLICATION OF PHYTOBENTHOS IN THE EVALUATION OF ECOLOGICAL STATUS OF WATER BODIES IN EUROPE AND BOSNIA AND HERZEGOVINA

Dr. sc. Jasmina Kamberović, doc.
Faculty of Natural Sciences and Mathematics,
University of Tuzla, Univerzitetska 4,
e-mail: jasmina.kamberovic@untz.ba

BSc. Zorana Lukić, ass.
Faculty of Natural Sciences and Mathematics,
University of Tuzla, Univerzitetska 4,
e-mail: zoranalukic8@gmail.com

BSc. Marija Vučićević, student
Faculty of Natural Sciences and Mathematics,
University of Tuzla,
e-mail: marijavucicevic2609@gmail.com

Almina Dedić, student
Faculty of Natural Sciences and Mathematics,
University of Tuzla,
e-mail: dedic.almina@gmail.com

Sažetak: Prema Okvirnoj direktivi o vodama Evropske unije, makrofite i bentos čine jedan biološki element kvaliteta, čije stanje doprinosi evaluaciji ekološkog statusa rijeka i jezera. Fitobentos čine sve fototrofne alge i cijanobakterije koje naseljavaju substrat ili druge organizme u vodi. Veliki broj različitih metoda baziranih na fitobentosu su razvijeni i interkalibrisani u zemljama Evropske unije. U Bosni i Hercegovini, ovaj biološki element kvaliteta je predviđen u entitetskim pravilnicima, ali sistem još uvijek nije kalibrisan i prilagođen geografskom području. U radu je dat pregled metoda za ocjenu ekološkog statusa koje koriste fitobentos u zemljama Evropske unije, sa paralelom korištenja istih u Bosni i Hercegovini.

Ključne riječi: fitobentos, Okvirna direktiva o vodama, Evropa, ekološki status

Abstract: According to the the Water Framework Directive, macrophytes and phytobenthos are one of the biological quality elements, whose condition contributes to evaluations of “ecological status” in rivers and lakes. Phytobenthos are all phototrophic algae and cyanobacteria that live on or attached to substrata or other organisms. A large number of different phytobenthos assessment systems have been developed in the European countries. The phytobenthos assessment method has been proposed in the entity legislation in Bosnia and Herzegovina, but still not adapted to the geographical region and intercalibrated. The paper presents an overview of phytobenthos methods in Europe parallel to the applications in Bosnia and Herzegovina so far.

Key words: phytobenthos, Water Framework Directive, Europe, ecological status

1. UVOD

Biološke zajednice u vodenim ekosistemima prve reagiraju na promjene fizičkih i hemijskih parametara u rijekama, što ih čini dobrim indikatorima promjena u vodenoj sredini. Biološke zajednice su u stanju da indiciraju dugoročne promjene u ekosistemu za razliku od fizičko-hemijskih parametara koji pokazuju trenutno stanje ekosistema. Korištenjem različitih vodenih organizama, integrirajući pri tome varijacije u strukturi njihovih zajednica kroz različit vremenski period, može se dobiti informacija o stanju i očuvanosti ekosistema. Zbog toga su u evropskim zemljama u zadnjem stoljeću razvijeni i koriste se različiti koncepti i alati za ocjenu ekološkog stanja vodenih ekosistema bazirani na biološkim indikatorima. Najčešće korišteni organizmi u bioindikaciji su bentoske alge - dijatomeje, makroinvertebrate, makrofite i ribe. Sa ciljem da se poboljša i integrira način na koji se upravlja vodnim tijelima širom Evrope, 23. oktobra 2000. godine je usvojena Okvirna Evropska Direktiva o vodama (European directive 2000/60/EC) za zemlje članice Evropske unije. Cilj rada je dati uporedni prikaz metoda za fitobentos koje koriste zemlje članice Evropske unije i povezati ih sa dosadašnjom primjenom fitobentosa u monitoringu Bosne i Hercegovine.

2. OKVIRNA DIREKTIVA O VODAMA EVROPSKE UNIJE

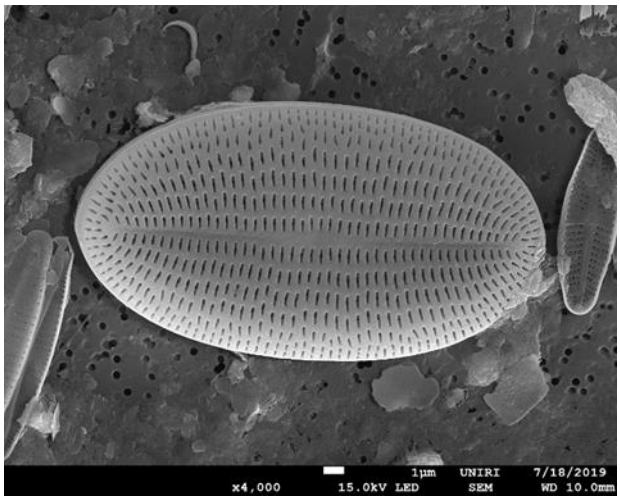
Okvirna direktiva o vodama (ODV) je najznačajniji dio legislative Evropske unije o površinskim vodama i pruža opsežan pregled preporuka za upravljanje vodenim tijelima s krajnjim ciljem da se postigne dobar status svih vodnih tijela do 2027. godine. Direktivom su precizirani zahtjevi kako bi se postigao homogeni pristup ocjeni kvaliteta vodenih tijela unutar država Evropske unije (European Union, 2000). Status vodenih tijela se procjenjuje po osnovu hemijskog i ekološkog stanja. Ekološki status se procjenjuje kao devijacija mjerenja između karakterističnih struktura u zajednicama akvatične flore, makrozoobentosa i starosne strukture riba naspram referentnog stanja istog parametra. Referentno stanje odgovara vodenom tijelu sa malo ili nimalo antropogenih uticaja unutra definisanih ekoregija i tipova rijeka. Tako se za svaki tip rijeke iz svake ekoregije definišu referentna stanja (European Comission, 2012).
Makrofite i fitobentos su jedan od bioloških elemenata kvaliteta čije stanje indicira ekološki status rijeka i jezera. Prema definiciji CEN-a (Evropski komitet za standardizaciju) fitobentos čine sve alge i cijanobakterije koje žive na supstratima ili drugim organizmima, rjeđe nego suspendovane u vodi (Kelly i sar. 2018). Okvirna Direktiva o vodama Evropske unije (Evropski Parlament, 2000, Directive 2000/60/EC) dijatomeje preporučuje kao ključnu grupu organizama u procjeni kvaliteta vode.

3. FITOBENTOS U BIOMONITORINGU VODE

Najčešće korištena grupa algi u fitobentosu za ocjenu kvaliteta vode su silikatne alge. Silikatne alge ili dijatomeje su jednoćelijske eukariotske mikroalge široko rasprostranjene u kopnenim, slatkovodnim i morskim ekosistemima (Round i sar. 1990). Prema klasifikaciji Ruggiero i sar. (2015) svrstavaju se u carstvo Chromista, tip Ochrophyta i klasu Bacillariophyceae ili Diatomeae (Slika 1 i 2).
Specifičnost ćelija silikatnih algi se ogleda u posjedovanju ljušturice (frustula, ljušturica ili theca), koja predstavlja modifikaciju periplasta i građena je od amorfnog silicija. S obzirom da se karakterišu kratkim generacijskim vremenom i da su jako osjetljive na fizičko-hemijske promjene u vodenim ekosistemima, reaguju brzo na promjene u okolišu što ih čini dobrim biološkim indikatorima (de la Rey i sar., 2004). Kako naseljavaju različite vodene ekosisteme, koriste se u svrhu monitoringa kvaliteta vode rijeka, jezera, močvara, okeana i estuarija (Smol i Stoermer, 2010), posebno kada se prate promjene uzrokovane prilivom nutrijenata ili djelovanja antropogenog uticaja (Kelly i Whitton, 1998).



Slika 1. Fitobentos u procesu uzorkovanja (foto Kamberović, 2019)



Slika 2. Dijatomeje – Cocconeis lineata, SEM mikrofotografija (originalna fotografija na uzorcima rijeke Une)

3.1. Historijski prikaz primjene algi u biomonitoringu vode

Prve studije u uticaju zagađenja na zajednice slatkovodnih bentoskih dijatomeja poznate su od 50-tih godina prošlog stoljeća (Butcher, 1947; Fjerdingstad, 1964; Zelinka i Marvan, 1961). Nakon toga, bentoske dijatomeje postaju obavezni element biomonitoringa vode u nekoliko evropskih i američkih zemalja u kasnim devedesetim. Dijatomni indeksi su prvo razvijeni za riječne ekosisteme (Coste, 1982; Kelly i Whitton, 1995; Rott i sar., 1999), a kasnije sa primjenom Evropske Direktive o vodama, dijatomeje se počinju koristiti i u ocjeni kvaliteta vode jezera (Kelly i sar., 2014). Trenutno su 23 zemlje u Evropi razvile sistem monitoringa ekološkog statusa rijeka baziranom na fitobentosu.

Prvi korak u razvoju monitoringa za rijeke baziranom na fitobentosu je definisanje ekologije vrsta.

Kako navode Ector i Rimet (2005), analiza odnosa pH i dijatomeja je jedan od glavnih fokusa u ekološkim studijama na fitobentosu. pH preference dijatomeja su prvo izučavane u jezerima od strane Lowe (1974), Arzeta i sar. (1986), Round (1990), Smith (1990), Dixit i sar. (1990), Eloranta (1990), Coring (1993), Battarbee i sar. (1997), van Dam (1997). Po osnovu tih studija formirani su dijatomni indeksi koji koreliraju sa pH vrijednostima (Renberg i Hellberg (1982), ter Braak i van Dam (1989), Birks i sar. (1990a,b), van Dam i sar. (1993) i Håkansson (1993). Na sličan način su razvijani halobiontni indeksi za ocjenu količine soli u rijekama (Campeau i sar. 1999, Cumming i Smol 1993, Gell 1997, Roberts i McMinn 1998, Snoeijs 1994, Underwood i sar. 1998, Wilson i sar. 1994, 1997) (Ector i Rimet, 2005).

Među prvim studijama o ekologiji dijatomeja ističe se studija Lange-Bertalot (1979) koji određuje ekologiju za otprilike 100 široko rasprostranjenih slatkovodnih vrsta dovodeći ih u vezu sa hemijskim, fizičkim, saprobiološkim parametrima Rajna-Majna riječnog sistema. Navedeni autor koristi zahtjeve za kisikom dijatomeja da definiše četiri klase saprobnosti. Lange-Bertalov difencijacijski sistem klasificira slatkovodne dijatomeje u tri klase (rezistentne, senzitivne i široko rasprostranjene). Po osnovu relativne zastupljenosti vrsta određuje se stanje ekosistema.

Uporedo sa istraživanjem ekologije dijatomeja, razvijani su različiti dijatomni indeksi za ocjenu kvaliteta vode.

Van Dam (1994) određuje preference za 948 vrste dijatomeja prema pH, količini azota, kisika, salinitetu, vlažnosti, saprobnosti i trofičkom statusu za slatka i slabo alkalna staništa u Holandiji. Hofmann (1994) sprovodi slična istraživanja na nekoliko jezera u bavarskim Alpama u Njemačkoj, pri tome određujući trofički i saprobni status i preference za provodljivost i pH vode za oko 200 vrsta. Rott i sar. (1999) daju indikatorske vrijednosti i formiraju trofički indeks baziran na 650 dijatomnih vrsta.

SHE indeks (Steinberg i Schiefele 1988, Schiefele i Schreiner 1991) je sličan diferencijacijskom sistemu Lange-Bertalota, ali je modificiran za primjenu na srednji tok rijeka – ritron i uključuje 386 vrsta grupisanih u 7 klasa trofičkog statusa i rezistencije na polutante.

Watanabe i sar. (1988) kreiraju dijatomni indeks za organsko zagađenje (DAIpo indeks - Diatom Assemblage Index to organic pollution) koji klasificira taksone prema toleranciji na zagađenje i biološke zahtjeve za kisikom. Indeks broji 226 taksona.

Najčešće primjenjivana jednačina za izračun indeksa za ocjenu kvaliteta vode je od Zelinka i Marvan (1961) koja u sebi integriše zastupljenost vrsta, osjetljivost vrste/taksona na zagađenje i indikativnu težinu taksona/vrste. Zelinka - Marvan Indeks je poslužio kao osnova za razvoj nekoliko dijatomnih indeksa. Descy (1979) kreira indeks koji uključuje 106 vrsta i definiše 5 klasa senzitivnosti. IPS - specifični indeks zagađenja (Specific Pollution Index - Coste in Cemagref 1982) koristi sve slatkovodne vrste dijatomeja i definira 5 klasa senzitivnosti. SLA (Sládeček 1986) koristi 323 vrste i definiše pet klasa senzitivnosti, od 4 do 0). GDI, generički dijatomni indeks (Generic Diatom Index - Rumeau i Coste 1988) se primjenjuje koristeći nivo roda u identifikaciji i osmišljen je radi pojednostavljivanja procesa monitoringa. Ovaj indeks daje 5 klasa senzitivnosti. CEE index (Descy and Coste 1990) koristi 208 taksona u primjenjuje se kao dvoulazna tabela, gdje se lošiji indikatori horizontalno rangirani prema rastućoj toleranci, a bolji indikatori vertikalno rangirani po rastućoj toleranciji. EPI-D – eutrofikacijski dijatomni indeks zagađenja (Eutrophication Pollution Index Diatoms - Dell'Uomo 1996) se zasniva na osjetljivosti vrsta koje su integrirane od 0 do 4 i vjerodostojnosti podataka koji su rangirani od 1 do 5.

IBD biotički dijatomni indeks (Biological Diatom Index, Lenoir i Coste 1996) razvijen je za aplikativnu upotrebu u monitoringu za francusku vodnu agenciju i broji 209 taksona. TDI – trofički dijatomni indeks (Trophic Diatom Index, Kelly i Whitton, 1995) definiše 5 klasa senzitivnosti trofičkog statusa sa tri klase vjerodostojnosti. Ovaj indeks se široko primjenuje u Velikoj Britaniji i posebno je prilagođen za detekciju eutrofikacije u rijekama uzrokovane prilivom komunalnih voda.

3.2. Upotreba fitobentosa u evaluaciji ekološkog statusa vodenih tijela u zemljama Evropske unije

Ekološko stanje evropskih površinskih voda procjenjuje se korištenjem bioloških zajednica u skladu sa zahtjevima Okvirne Direktive o vodama koje između ostalih uključuju „makrofite i fitobentos“ kao jedan od elemenata biološke kvalitete (BQE) čije stanje doprinosi ocjeni „ekološkog stanja“ u rijekama i jezerima. Sve biološke procjene se izražavaju kao ekološki omjeri kvalitete (EQRs) - definisani kao odnos promatranog i očekivanog stanja. EQR skala se pri tome dijeli u pet statusnih klasa (visoko, dobro, umjereno, slabo i loše) na temelju odstupanja od netaknutog stanja ili referentnih uslova. Pri tome se sistem ocjene ekološkog statusa i granice klasa trebaju uskladiti (interkalibrirati) među državama članicama.

Do sada je ukupno razvijeno i interkalibrirano 66 sistema za ocjenu makrofita i fitobentosa (32 za makrofite, 30 za fitobentos i 4 kombinirana) koji pokrivaju većinu zemalja Evrope (Poikane i sar., 2016). Većina zemalja Evropske unije je razvila zasebne sisteme ocjenjivanja ekološkog statusa po osnovu makrofita i fitobentosa. Gotovo sve zemlje odredile su dijatomeje kao predstavničku grupu za fitobentos. Izuzeci su Austrija, Bugarska, Hrvatska, Češka i Njemačka, koje su u svoje sisteme ocjene ekološkog statusa uključile ne-dijatomske alge u fitobentosu i Norveška, koja u ocjeni ekološkog statusa po osnovu fitobentosa isključivo koristi nedijatomejske vrste (Schneider i Lindstrøm, 2011). S druge strane, sistemi procjene ekološkog statusa jezera koristeći fitobentos uključuju samo dijatomeje. Trenutno većina država Evropske unije (sve osim 5 država), imaju razvijen fitobentosni metod ocjene ekološkog statusa za rijeke koji je validiran kroz interkalibracijsku vježbu, a devet država ima i metode za jezera (Poikane i sar. 2016).

Više od polovine država Evropske unije koje koriste fitobentos u biomonitoringu (58%) je odabralo korištenje ponderiranih indeksa razvijenih prije Okvirne direktive o vodama, pri čemu se Indeks osjetljivosti na polutante (IPS) najčešće koristi (9 država, 35%). IPS je nacionalno prilagođen geografskim spefičnostima i u ovom slučaju čini grupu sličnih indeksa.

U tabeli I je dat pregled indeksa koje se koriste u zemljama Evropske unije za primjenu fitobentosa u valorizaciji ekološkog statusa.

Tabela I. Pregled dijatomnih indeksa koje koriste zemlje Evropske unije u biomonitoringu (prema Kelly, 2013)

Država	Indeks	Referenca
Belgija Bugarska Kipar Estonija Finska Luxemburg Nizozemska Portugal Španija (jug) Švedska	IPS	Coste iz CEMAGREF-a (1982)
Austrija Njemačka Poljska Slovenija	TI/SI	Trofički indeks (Rott i sar., 1999) Saprobni indeks (Rott i sar., 1997)
Mađarska	TI/SI/IPS	Varbiro i sar. (2012)
Hrvatska	TIDRH	Plenković-Moraj
Francuska	IBD	Coste i sar. (2009)
Velika Britanija Irska	TDI	Kelly et al. (2008)
Italija	pICM	Kelly i sar, 2009, prosjek TI i IPS
Slovačka	IPS, CEE, EPI-D	Najniža vrijednost od tri indeksa određuje konačnu statusnu klasu.

Za olakšani izračun vrijednosti dijatomnih indeksa najčešće se koristi softverski paket OMNIDIA. Verzija 6.0.4 daje izračun za 18 različitih dijatomnih indeksa, tako što se u program unosi popis i zastupljenost silikatnih algi u svakom uzorku izražena kroz broj frustula. Softver raspolaže bazama podataka o autekološkim karakteristikama taksona silikatnih algi po osnovu kojih računa numeričku vrijednost dijatomnih indeksa. Prvi softverski paket OMNIDIA izrađen je u Francuskoj (Lecointe, 1993) i omogućavao je dobijanje numeričkih vrijednosti za 6

dijatomnih indeksa (CEE, DESCY, GENRE, IDSE/5, SLA i IPS). Sistem je kasnije nodagrađivan. Tako se indeksi TDI, TID i SHE koriste za procjenu uticaja koncentracije nutrijenata (fosfata i nitrata) na kvalitet vode, a SID, SLA i WAT za procjenu organskog opterećenja vode.
Vrijednost svih ovih indeksa u paketu softverskog paketa OMNIDIA 6.0.4 aproksimovane su u rasponu 0-20, kako bi granice klasa kvaliteta vode bile iste za sve indekse.

3.3. Pregled korištenja fitobentosa u ocjeni kvaliteta vode u BiH

Istraživanja fitobentosa u Bosni i Hercegovini sežu iz 19. vijeka (Gutwinski, 1897; Protić, 1897a;1897b; Protić, 1901), a sredinom 20. i početkom 21. vijeka postaju nešto učestalija (Matoničkin i Pavletić, 1963; Pavletić i Matoničkin, 1965; Blagojević 1979; Blagojević i Hafner, 1979; Redžić, 1991; Kapetanović i Hafner, 2007; Hafner i Mirković, 2008; Trožić-Borovac i sar., 2010; Kapetanović i sar., 2011; Ivanković i Hafner, 2012; Kamberović i Barudanović, 2012; Hafner i Jasprica, 2013; Dedić i sar., 2015; Kamberović i sar., 2016; Kamberović i sar., 2017; Mašić i sar., 2018; Kamberović, 2019a; Kamberović, 2019b).
Zakonodavstvo u oblasti zaštite okoliša u Bosni i Hercegovini još uvijek ne daje detaljna uputstva o korištenju fitobentosa u ocjeni ekološkog statusa vodenih tijela, tako da studije u ovoj oblasti mogu biti važne za razvoj alata u biomonitoringu vodenih ekosistema u Bosni i Hercegovini. Formiranje baze vrsta indikatora treba da bude prvi korak u izradi alata, odabiru, testiranju i prilagođavanju postojećih indeksa ili izradi novog za geografsko područje Bosne i Hercegovine. Nekoliko studija o fitobentosu ili obraštaju je u proteklom periodu bilo fokusirano na testiranje upotrebe postojećih evropskih dijatomnih indeksa na ocjenu kvaliteta vodenih tijela u BiH. Tako je indeks saprobnosti po Pantle –Buck-u (1995) i Zelinka and Marvan (1961) najčešće korišten u radovima prije i nešto poslije 90-tih godina. Primjeri korištenja ovog indeksa mogu se naći u radovima Redžić (1991) za fitobentos rijeke Une, Ivanković i Hafner (2012) za ocjenu kvaliteta vode jezera Blidinje, Hafner i Mirković (2008) za ocjenu statusa u sedrotvornim barijerama rijeke Une, Hafner (2009) u ocjeni kvaliteta vode krških izvora Hercegovine, Kamberović i Barudanović (2012) u ocjeni kvaliteta vode kopovskih jezera okoline Tuzle. Trofički indeks po Rottu i sar. (1999) i novorazvijeni hrvatski trofički indeks koriste Kamberović i sar. (2019) u ocjeni kvaliteta vode izvorskih ekosistema planine Konjuh. Testiranje različitih trofičkih indeksa u biomonitoringu na primjeru epifita akumulacije Modrac prezentirano je u radu Kamberović i sar. (2019). U tim rezultatima autori prezentiraju da su najbolju korelaciju sa hemijskim parametrima pokazali IPS indeks i trofički indeks po Rottu i saradnicima, iako niti za jedan korišteni indeks nije dokazana statistički značajna korelacija sa vrijednostima parametara hemije. Ovo ukazuje na činjenicu da se trenutno korišteni indeksi u Evropi moraju modificirati za geografsko područje Bosne i Hercegovine kako bi releventno bili korišteni. Do sličnih zaključaka dolazi i Dedić i sar. (u procesu obljavljivanja) u istraživanju upotrebe različitih dijatomnih indeksa u evaluaciji ekološkog statusa rijeke Bunice.

4. ZAKLJUČAK

Upotrebnu vrijednost fitobentosa kao obaveznog biološkog elementa kakovoće u ocjeni ekološkog statusa prepoznale su 23 zemlje Evropske unije. Većina zemalja je završila proces intekalibracije, a najčešće korišteni dijatomni indeksi za ocjenu ekološkog statusa su Indeks osjetljivosti na polutante (IPS), trofički indeks po Rottu, ili njihova kombinacija. Iako je primjena fitobentosa u minitoringu površinskih voda predviđena u podzakonskim aktima u Bosni i Hercegovini, metodologija za njegovu primjenu je još uvijek u procesu razvijanja i harmonizacije. Dosadašnje studije o testiranju postojećih indeksa ukazuju na potrebu izrade polazne baze indikatorskih vrsta algi i modifikacije autekoloških indikatorkih vrijednosti taksona indikatora geografskom području Bosne i Hercegovine.

5. LITERATURA

1. European Union: Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy. Official Journal of the European Communities L327: 1–73, 2000.
2. European Commission: Commission Staff Working Document, European Overview (1/2) Accompanying the Document: “Report From the Commission to the European Parliament and the Council on the Implementation of the Water Framework Directive (2000/60/EC) River Basin Management Plans”. COM (2012) 670 Final, 2012
3. Kelly, M.G., Juggins, S., Bennion, H., Burgess, A., Yallop, M., Hirst, H., King, L., Jamieson, B.J., Guthrie,
4. R., Rippey, B.: Use of diatoms for evaluating ecological status in UK freshwaters.

Science Report: SC030103/SR4. Environment Agency, Bristol, 2018.

5. Round, F.E., Crawford, R.M., and Mann, D.G.: The Diatoms. Biology and Morphology of the Genera, 1990.
6. Ruggiero, M.A., Gordon, D.P., Orrell, T.M., Bailly, N., Bourgoin, T., Brusca, R.C., et al.: A Higher Level Classification of All Living Organisms. PLoS ONE 10(4): e0119248, 2015. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0119248
7. De La Rey, P., Taylor, J., Laas, A., Van Rensburg, L,. Vosloo, A.: Determining the possible application value of diatoms as indicators of general water quality. A comparison with SASS 5. Water SA 30 325–332, 2004.
8. Smol, JP., Stoermer, EF.: The diatoms: applications for the environmental and earth sciences. Cambridge University Press, drugo izdanje, 2010.
9. Kelly, M.G., Whitton, B.A.: Biological monitoring of eutrophication in rivers. Hydrobiologia, 384 (1-3), 55-67, 1998.
10. Butcher, R.W.: Studies in the ecology of rivers: VII. The algae of organically enriched waters. J Ecol 35:186–191, 1947.
11. Fjerdingstad, E.: Pollution of stream estimated by benthal phytomicro-organisms. I. A saprobic system based on communities of organisms and ecological factors. Int Rev Gesamten Hydrobiol 49:63–131, 1964.
12. Zelinka, M., Marvan, P.: Zur Präzisierung der biologischen Klassifi kation der Reinheit fl iessender Gewässer. Arch Hydrobiol 57:389–407, 1961.
13. Coste, M.: Étude des méthodes biologiques d'appréciation quantitative de la qualité des eaux. Rapport d'étude CEMAGREF. Lyon, Agence de l'Eau, Rhône–Méditérannée, Corse, France, 1982.
14. Kelly, M.G., Whitton, B.A.: The trophic diatom index: a new index for monitoring eutrophication in rivers. J. Appl. Phycol. 7 (4), 433–444, 1995.
15. Rott, E., Pipp, E., Pfister, P., van Dam, H., Ortler, K., Binder, N., et al.: Indikationslisten für Aufwuchsalgen in österreichischen Fliessgewässern. Teil 2: Trophieindikation. Bundesministerium für Land-und Forstwirtschaft, Wien, 1999.
16. Kelly, M., Urbanic, G., Acs, E., Bertrin, V., Burgess, A., Denys, L., et al.: Comparing aspirations: intercalibration of ecological status concepts across European lakes using littoral diatoms. Hydrobiologia 734, 125 - 141, 2014.
17. Poikane, S., Kelly, M., Cantonati, M.: Benthic algal assessment of ecological status in European lakes and rivers: Challenges and opportunities. Science of the Total Environment 568 (2016) 603–613, 2016.
18. Ector, L., Rimet., F.: Using bioindicators to assess rivers in Europe: an overview. In: Lek S, Scardi M, Verdonschot PFM, Descy JP, Park YS (eds) Modelling community structure in freshwater ecosystems. Springer Verlag, Heidelberg, pp 7–19, 2005.
19. Lange-Bertalot, H.: Pollution tolerance of diatoms as a criterion for water quality estimation. Nova Hedwigia 64:285–304, 1979.
20. Van Dam, H., Mertens, A., Sinkeldam, J.: A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from The Netherlands. Neth J Aquatic Ecol 28:117–133, 1994.
21. Hofmann, G.: Aufwuchs-Diatomeen in Seen und ihre Eignung als Indikatoren der Trophie. Bibliotheca Diatomologica. Schweizerbart Science Publishers, Stuttgart, 1994.
22. Steinberg, C. Schiefele, S.: Biological indication and pollution of running waters. Abwasser und Abowasser-Forschung 21: 227-234, 1988.
23. Watanabe, T., Asai, K., Houki, A.: Numerical water quality monitoring of organic pollution using diatom assemblages. In: Round FE (ed) Proceedings of the Ninth International Diatom Symposium 1986. Koeltz Scientific Books, Koenigstein, 1988.

24. Zelinka, M., Marvan, P.: Zur Präzisierung der biologischen Klassifikation der Reinheitfliessender Gewässer. Arch Hydrobiol 57:389–407, 1961.
25. Descy, J.P.: A new approach to water quality estimation using diatoms. Nova Hedwig. 64 305-323, 1979.
26. Cemagref: Etude des méthodes biologiques d'appréciation quantitative de la qualité des eaux. Rapport Q.E. Lyon A.F., Bassin Rhône-Méditerranée-Corse, Lyon, 1982.
27. Rumeau, A., Coste, M.: Initiation à la systématique des diatomées d'eau douce pour l'utilisation pratique d'un indice diatomique générique. Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture. Conseil supérieur de la pêche, Paris, 1988.
28. Descy J.P., Coste, M.: Utilisation des diatomées benthiques pour l'évaluation de la qualité des eaux courantes. Rapport Final Contract CEE B 71-23, CEMAGREF, Bordeaux, 1990.
29. Dell'Uomo, A.: Assessment of water quality of an Apennine river as a pilot study for diatombased monitoring of Italian watercourses. In: Whitton BA, Rott E (eds) Use of algae for monitoring rivers (II). Universtät Innsbruck, Innsbruck, Institut fur Botanik, pp 65–72, 1996.
30. Lenoir, A., Coste, M.: Development of a practical diatom index of overall water quality applicable to the French National Water Board Network. In: Whitton BA, Rott E (eds) Use of Algae for Monitoring River II. Universität Innsbruck, Innsbruck, Institut für Botanik, pp 29–43, 1996.
31. Kelly, M.G., Whitton, B.A. The trophic diatom index: a new index for monitoring eutrophication in rivers. J Appl Phycol 7:433–444, 1995.
32. Schneider, S.C., Lindstrøm, E.A.: The periphyton index of trophic status PIT: a new eutrophication metric based on non-diatomaceous benthic algae in Nordic rivers. Hydrobiologia 665 (1), 143–155, 2011.
33. Kelly, M. G.: Data rich, information poor? Phytobenthos assessment and the Water Framework Directive. European Journal of Phycology 48:437–450, 2013.
34. Lecointe, C., Coste, M., Prygiel, J.: "Omnidia": software for taxonomy, calculation of diatom indices and inventories management. Twelfth International Diatom Symposium, 269/270 : 509-513, Belgium, 1993.
35. Gutwinski, R.: Ein Beitrag zur Kenntniss der fossilen Diatomaeeen Bosniens. (Diatomaceenlager bei Petrovo-seljo), 1897.
36. Protić, G.: Prilazi k poznavanju flore resina (alge) Bosne i Hercegovine, s osobitim obzirom na floru resina Sarajeva, Vareša i Mostarskog blata (isključivši dijatomacije). Glasnik Zemaljskog Muzeja Bosne i Hercegovine, 539-559, Sarajevo, 1897a.
37. Protić, G.: Prilazi k poznavanju kremenjašica (diatomacea) Bosne i Hercegovine. Glasnik Zemaljskog Muzeja Bosne i Hercegovine 313-325, Sarajevo, 1897b.
38. Protić, Đ.: Treći prilog k poznavanju flore resina (alge) Bosne i Hercegovine. Glasnik Zemaljskog Muzeja Bosne i Hercegovine 13, 201-226, 1901.
39. Matoničkin, I., Pavletić, Z.: Sedrene naslage, u rijeci Uni i njihova biološka uvjetovanost. Geografski glasnik br. 25, 105-114, 1963.
40. Pavletić, Z., Matoničkin, I.: Biološka klasifikacija gornjih tijekova krških rijeka. Acta Botanica Croatica XXIV, 1965.
41. Blagojević, S., Hafner, D.: Ekološka istraživanja na Cijanofitama i algama rijeke Krivaje. Biološki institut Univerziteta u Sarajevu, 13-31, 1979.
42. Redžić, A.: Uticaj onečišćenja na distribuciju fitobentosa na rijeci Uni. Bilten društva ekologa Bosne i Hercegovine, ser. B, br. 6: 187-199, 1991.
43. Kapetanović, T., Hafner, D.: Diatoms of wet habitats in the subalpine belt of Mt. Vranica (Bosnia and Herzegovina). Botanic Garden and Botanical Museum Berlin-Dahlem, Freie Universität Berlin, ISBN 978-3-921800-63-8, 2007.

44. Hafner, D., Mirković, G.: Dijatomeje sedrenih barijera rijeke Une. Zbornik radova Međunarodna konfenerncija Zaštićena područja u funkciji održivog razvoja, 533-544, 2008.

45. Trožić-Borovac, S., Hafner, D., Antunović, M.: Kvalitativno-kvantitativni sastav bentosa sliva rijeke Neretve i cetine u federaciji BiH. „Voda i mi“ časopis agenicije za vodno područke rijeke Save Sarajevo, broj 71, godina XIV, 8-24, 2010.

46. Kapetanović, T., Jahn, R., Redžić, S., Carić, M.: Diatoms in a poor fen of Bijambare protected landscape, Bosnia & Herzegovina. – Nova Hedwigia 93: 125–151, 2011.

47. Ivanković, A., Hafner, D.: Water quality assessment of the Blidinje shallow high mountain lake in Bosnia and Herzegovina, based on its biological properties. Ekológia (Bratislava) Vol. 31, No. 3, p. 295–308, 2012.

48. Kamberović, J., Barudanović, S.: Alge i makrofiti kopovskih jezera šireg područja Tuzle, Bosna i Hercegovina, Nat. Croat. Vol. 21 No. 1., 101-118 Zagreb, 2012.

49. Hafner, D., Jasprica, N.: Taksonomski sastav epifitskih dijatomeja (Bacillariophyta) na svojtama Charophyceae u dinarskim krškim ekosustavima. Nat. Croat., Vol. 22, No. 1, 199–204, Zagreb, 2013.

50. Dedić, A., Plenković-Moraj, A., Kralj Borojević, K., Hafner D.: The first report on periphytic diatoms on artifi cial and natural substrate in the karstic spring Bunica, Bosnia and Herzegovina. Acta Bot. Croat. 74 (2), 393–406, 2015.

51. Kamberović, J., Kišić, A., Hafner, D., Plenković Moraj, A.: Komparativna analiza epilitskih dijatomejskih zajednica u izvorima i potocima planine Konjuh (Bosna i Hercegovina). Works of the Faculty of Forestry University of Sarajevo No. 2, 2016 (51-64), 2016.

52. Kamberović, J., Kralj Borojević, K., Razić, A., Barudanović, S.: Epipelic diatom communities in the Šerićka Bara marsh (northeast Bosnia and Herzegovina). Nat. Croat., Vol. 26, No. 1., 17–32, Zagreb, 2017.

53. Ivanković, A., Ćosić, N., Knežović, Z., Vasilj, V.: Trophic status of Blidinje lake (Bosnia and Herzegovina) based on the determination of the trophic state index (TSI). Ekologia (Bratislava) Vol. 37, no.1, p. 1-10, 2018.

54. Mašić, E., Žero, S., Barudanović, S., Memić, M.: Effect of heavy metals on phytobenthos assemblages in mine pit lakes of Bosnia and Herzegovina. Biologica Nyssana, 9 (2), 103-118, 2018.

55. Kamberović, J., Plenković-Moraj, A., Kralj Borojević, K., Gligora Udovič, M., Žutinić, P., Hafner, D., Cantonati, M.: Algal assemblages in springs of different lithologies (ophiolites vs. limestone) of the Konjuh Mountain (Bosnia and Herzegovina). Acta Bot. Croat. 78 (1), 76-91, 2019a.

56. Kamberović, J., Stuhli, V., Lukić, Z., Habibović, M., Mešikić, E.: Epiphytic diatoms as bioindicators of trophic status of Lake Modrac (Bosnia and Herzegovina). Turkish Journal of Botany, Turk J Bot (2019) 43: 420-430, 2019b.

VODNA TIJELA ZAŠTIĆENOG PEJZAŽA KONJUH

GROUNDWATER BODY A PROTECTED LANDSCAPE KONJUH

Dinka Pašić-Škripić, Prof. dr. sci. dipl.inž.geol.
Rudarsko-geološko-građevinski fakultet
Univerziteta u Tuzli
dinka.pasic@untz.ba

Izet Žigić, Prof. dr. sci. dipl.inž.geol.
Rudarsko-geološko-građevinski fakultet
Univerziteta u Tuzli
izet.zigic@untz.ba

Sažetak: Kvalitetna i uspješna zaštita površinskih i podzemnih voda moguća je samo u provođenju dobro osmišljene ukupne i cjelovite politike zaštite okoliša u svim njegovim segmentima. Jedan od značajnih i pozitvnih primjera zaštite okoliša, pa time i voda predstavlja proglašenje dijela planine Konjuh Zaštićenim pejzažom Konjuha. Zaštićeni pejzaž Konjuh prostire se na teritoriji općina Kladanj, Banovići i Živinice, Za planinu Konjuh vezana su značajna vodna tijela površinslih i podzemnih voda, a koja imaju i direktni uticaj na prihranjivanje vodnih tijela podzemnih voda Sprečkog polja. U ovom radu su analizirana vodna tijela podzemnih i površinskih voda koja su sada, a i u budućnosti zaštićena zahvaljujući uspostavljanju zaštićenog pejzaža Konjuh. Osim bistrih izvora, potoka i rječica, prvenstveno Banovići i Kladanj, a potom Živinice, Tuzla i Lukavac koji se u potpunosti ili djelimično vodosnabdijevaju sa izvorišta Konjuha i Sprečkog polja, imati će veću sigurnost u obezbijeđivanju kvalitetne pitke vode.

Ključne riječi: vodna tijela, zaštićeni pejzaž, zaštita voda, sliv, izvorište

Abstract: Quality and successful protection of surface and groundwater is only possible in the implementation of a well-designed overall and comprehensive environmental policy in all its segments. One of the significant and positive examples of environmental protection, and therefore water, is the designation of the Konjuh Mountain as a protected landscape Konjuh. Protected Landscape The Konjuh extends on the territory of the municipalities of Kladanj, Banovići and Živinice. The Konjuh Mountain is connected to significant surface and groundwater bodies, which have a direct impact on the groundwater bodies of Sprečko polje. This paper analyzes the groundwater and surface water bodies that are now and in the future protected thanks to the establishment of the Konjuh protected landscape. In addition to clear springs, streams and rivers, primarily Banovići and Kladanj, and then Živinice, Tuzla and Lukavac, which are wholly or partly supplied with water from the Konjuh and Spreško polje springs, will have greater security in providing quality drinking water.

Key words: water bodies, protected landscape, water protection, basin, spring

UVOD

Analize uticaja ljudskih aktivnosti na površinske i podzemne vode, provode se radi procjena koja su vodna tijela pod rizikom, odnosno koja vodna tijela neće zadržati ili postići dobar kvalitet bez provođenja adekvatnih mjera. U tom smislu, utvrđuju se i analiziraju svi pritisci kojima su izložene površinske i podzemne vode, a što omogućava definisanje potrebnih aktivnosti i mjera na očuvanju ili poboljšanju kvaliteta tih voda, kao i uspostavu monitoringa od nadležnih institucija za praćenje navedenih aktivnosti i efekata poduzetih mjera. Ovo predstavlja stalnu obavezu koja proističe iz Evropske Okvirne direktive o vodama, Zakona o vodama, kao i drugih domaćih zakonskih i podzakonskih akata. Kvalitetna i uspješna zaštita površinskih i podzemnih voda moguća je samo u provođenju dobro osmišljene ukupne i cjelovite politike zaštite okoliša u svim njegovim segmentima. U stvarnosti često se javlja paradoksalna situacija: svi žele čistu zemlju,vodu i zrak, a da se pri tome ne odriču nekontrolisane sječe šume, puštanja zagađene vode u vodotoke i tlo, plinova i gasova u atmosferu, jer bi zaustavljanje tih procesa koštalo pojedince ili interesne skupine. Jedan od značajnih i pozitvnih primjera zaštite okoliša, pa time i vodnih tijela podzemnih i površinskih voda, predstavlja proglašenje dijela planine Konjuh „Zaštićenim pejzažom Konjuha“. Zaštićeni pejzaž Konjuh prostire se na teritoriji općina Kladanj, Banovići i Živinice, na površini od 8.016 hektara i na nadmorskoj visini od 300 do 1.328 metara. Za planinu Konjuh vezana su značajna vodna tijela površinslih i podzemnih voda, a koja imaju direktni uticaj na prihranji-vanje vodnih tijela podzemnih voda Sprečkog polja.
U ovom radu su analizirana vodna tijela podzemnih i površinskih voda koja su sada zaštićena zahvaljujući postojanja zakona o Zaštićenom pejzažu Konjuh. Osim bistrih potoka i rječica, prvenstveno Banovići i Kladanj, a potom Živinice, Tuzla i Lukavac koji se u potpunosti ili djelimično vodosna-bdijevaju sa izvorišta Konjuha, ima će veću sigurnost u obezbijeđivanju kvalitetne pitke vode.

1. OSNOVNE GEOLOŠKE, HIDRO-GEOLOŠKE I HIDROLOŠKE KARAKTERISTIKE PODRUČJA KONJUHA

1.1. Geološke karakteristike

Područje vodnih tijela površinskih i podzemnih voda analiziranih u ovom radu pripadaju Krivajsko-konjuškom ofiolitnom kompleksu koji je uključen u Ofiolitnu zonu Dinarida. Komkpleks sa okolnim sedimentnim stijenama pokri-va površinu od oko 650 km^2, pa pred-stavljaju veliki ofiolitnii kompleks Dina-rida. Ofioliti područja Konjuha i Krivaje, koji su uključeni u ofiolitni melanž Dinarske ofiolitne zone, dominantno su predstavljeni ultramafitima i podredjeno gabrova i dijabaz-bazalta.
Na ovom području izdvojene su slijedeće stratigrafske jedinice:
1.Vulkanogeno-sedimentna formacija (J_{2-3})

Serpentiniti (Se) pripadaju velikom kompleksu ultramafitskog masiva centralne Bosne. Leže ispod sprudnih krečnjaka titona i donje krede, prema kojima imaju kontakt tektonskog karaktera. Kontaktni dijelovi uočeni su na bezimenim grebenima gdje je širina tektonskih zona 1-3 metra. Serpentiniti sadrže amfibol i talk, te se zavisno od njihovog procentualnog učešća može govoriti o amfibolskim i talknim varijetetima. Proces serpentinizacije nije obuhvatio istim intenzitetom cijelu masu, tako da ima i pojava serpen-tinskih peridotita. Na sjevernom i zapadnom dijelu istraživanog terena mogu se uočiti izražene površine škriljavosti, koja je rezultat katakli-ziranosti i milonitizacije serpentinita (J.Pamić,O.Sunarić Pamić,I.Kapeler, J.Olujić, 1966.).

2.Sprudni krečnjaci srednjeg i gornjeg trijasa

Krečnjaci srednjeg i gornjeg trijasa predstavljaju najznačajniji litološki član na istražnom prostoru. Kontakt sa serpentinitima je tektonski, morfološki jasno izdiferenciran. Prema geološkoj karti ležišta zauzimaju centralne i južne dijelove. Krečnjačka masa javlja se kao masiv oblika kupe koji u tektonskom pogledu predstavlja horst spuštenog istočnog i zapadnog krila. Južna granica masiva obilježena je nizom vrtača u smjeru istok-zapad.
Slojevitost nije jasno izražena, a elementi zalijeganja često se ne mogu izdvojiti zbog različite ispucalosti krečnjaka. Slojevitost je vidljiva samo djelimično, te se debljina slojeva kreće od 1,5 do 10 metara.
Značajna osobina ovih krečnjaka je izražena karstifikacija i pukotinsko-prslinska ispucalost koja je rezultat egzogenih faktora i višefaznih tektonskih procesa. Brojne kaverne, pukotine i prsline raskomadale su krečnjake i na taj način uglavnom uništile prvobitnu slojevitost. Često su zapunjene crvenicom i raspadnutim krečnjačkim materijalom što se može vidjeti na profilima kopa.

1.2. Hidrogeološke karakteristike

Posmatrano sa hidrogeološkog aspekta, javljaju se dvije osnovne grupe stijena:

1.Hidrogeološki kolektori: sa pukotin-skom poroznošću (manji značaj i rasprostranjenje imaju sedimenti kvartara sa inergranularnom poroznošću).Ovdje trijaski krečnjaci (T_2), jurski krečnjaci ($J_{2,3}$), pliocensko-kvartarni i kvartarni sedimenti (Pl, Q) i (Q) i miocenski sedimenti ($M_{1,2}$) i

stijene oboda (pukotinska izdan formirana u miocenskim sedimentima stijenama oboda),

2.Hidrogeološki izolatori – kompaktne stijene oboda (kompaktni i prekrista-lisani krečnjaci, peridotiti, gabri, serpentiniti, rožnaci i sl.)

Hidrogeološki kolektori
Kao najznačajniji hidrogeološki kolek-tori javljaju se krečnjaci trijaske i jurske starosti. Tektonskom aktivnošću na području slivova Studešnice i Krabanje, krečnjačke mase su duž dva rasjeda dovedene u isti nivo sa masivom peridotita prema zapadu i dijabaz rožnoj formaciji ka istoku, koje se pravcem sjever-jug i preko vrhova Konjuha, prebacuje u sliv rijeke Drinjače. Oblici karstne deformacije u vidu vrtača, najizrazitije su zastupljeni u zoni vododjelnice Oskove i Drinjače na vrhu Konjuha između Konjuščića i Prijeke vode. Brojnije pojave vrtača i ponora su na južnim padinama i u slivu Drinjače, gdje su gusto poredane jedna do druge.
Područje Studešnice i Krabašnice pripada jednom velikom olistolitu, pružanja sjeverozapad-jugoistok, ukupne dužine oko 18 km, a maksimalne širine 8 km. Ovaj olistolit izgrađuje pretežno krečnjačka visoka brda koja dominiraju u reljefu izgrađenom od tvorevina vulkanogeno-sedimentne formacije ($J_{2,3}$). U ovom olistolitu, tektonskom aktivnošću formirano je više odvojenih vodnih tijela od koji su najznačajnija vrela Krabašnica i Studešnica, a na istočnom dijelu vrela Tarevčice i Zatoče koje su pritoke Gostelje.
Na lokalitetu Grab-potoka, krečnjaci su jednorodnog sastava, jedrog izgleda, bjeličasti-sive boje sa izraženim pukotinama u kojima je naknadno prekristalisala kalcitska masa. Uzvodno rijekom Oskovom, duž potoka Suhodol, nalazi se široko razviće krečnjaka u čijem sklopu se nalaze pločasti laporoviti krečnjaci, krečnjaci s rožnacima i crveni bankoviti krečnjaci.
Jurski krečnjaci ($J_{2,3}$) se protežu od rijeke Seone na površini oko 8 km^2, u zoni pružanja zapad-istok. Ova masa titonskih krečnjaka je na zapadu ograničena pravcem sjever-jug dolinom rijeke Seone.
Pliocensko-kvartarni i kvartarni sedi-menti (Pl,Q) i (Q) su situirani na sjeveroistočnom i istočnom obodu Banovićkog ugljenog bazena, a manji ostaci u dijelovima ugljenog bazena Đurđevik.Sedimenti kvartara su pre-težno izgrađeni od riječnog šljunka koji se interkalisao sa proslojcima pijeska, rjeđe gline.

2. VODNA TIJELA PODZEMNIH VODA U PODRUČJU „ZAŠTIĆENOG PEJZAŽA KONJUH“

2.1. Vodno tijelo Krabašnica

Vodno tijelo Krabašnica nalazi se na prostoru koji je vezan za gornji tok rijeke Spreče, oko 12 km jugoistočno od Banovića i zauzima dio sjevernog oboda masiva Konjuh, koji u strukturno-geološkom smislu pripada centralnoj ofiolitskoj zoni. Uže područje formiranja izvorišta i zona prihranjivanja i dreniranja, sastoji se uglavnom od mezozojskih tvorevina trijaske i jurske starosti i to: sprudnih krečnjaka srednjeg i gornjeg trijasa ($T_{2,3}$) i vulkanogeno–sedimentna formacija, jurski melanž ($J_{2,3}$).
Kaptažna građevina Krabašnica se nalazi na koti 527,30 metara, na samom kontaktu prostornog komp-leksa krečnjačkih stjenskih masa sa stijenama dijabaz rožne formacije jurske starosti. Krečnjačka masa obiluje brojnim prslinama i pukotinama što omogućava intezivno poniranje atmosferskih voda.



Slika 1: Vodno tijelo Krabašnica

Uzvodno od vrela, sa desne strane obale potoka, na rastojanju od 50 metara, nalazi se karstna pukotina veličine 1,5 × 0,5 metra, koja je potopljena vodom sa konstantnim mirujućim nivom na koti 528,20 metara. U pukotini je primjećena oveća riba plemenite vrste, što znači da je voda u pukotini (jami) imala dovoljna kiseonika za njen opstanak, a to ukazuje i na dobar kvalitet vode. Uzvodno od ove pukotine (jame) na rastojanju od 30 metara, nalazi se slična jama sa istim nivoom vode kao i u prvoj.
Bojenjem vode potoka Krabašnica, mjese dana kasnije u decembru1987. godine, intezivno obojena voda pojavila se u baricama ispred ulaza u pukotinu (jamu), ali nije došlo do prodora obojene vode u karstne jame. Boja se također nije pojavila ni na izvoru Krabašnica.
Minimalna izdašnost ovog vrela procijenjena je na 15 l/s. Geofizička istraživanja su inicirala mogućnost postojanja kavernoznih, vodonosnih krečnjaka na dubini 150 - 200 metara, ne samo na užem području vrela, nego i na cijelom isptivanom prostoru, duž korita Krabašnice i Krabanje (na Krabanji je već urađen sistem horizontalnih drenova i pragova sa vodosabirnicima-Palučak). Voda se koristi za vodosnabdijevanje Banovića u vrijeme hidrološkog

minimum nakon kondicioniranja).Prostornim planom Tuzlanskog kantona predviđena je izgradnja jedne brane i stvaranja vještačkog jezera za potrebe obezbijeđenja vode za piće.
Izvorišta Krabašnice imaju problem zamućivanja uslijed obimnijih padavina i topljenja snijega. Također, postoji problem velikih oscilacija izdašnosti koje se kreću: za ljetni period od 10 do 35 l/s, a za zimski period od 100 do 150 l/s, pa i više.

Fizičko – hemijska svojstva voda izvorišta zadovoljavaju po svim propisanim parametrima kvaliteta. Voda je u većini ispitivanih uzoraka bila bistra, a u slučaju većih padavina javljaju se veće mutnoće koje se kod ovakvih kraških izvorišta pojave poslije dugotrajnih padavina.
Povremeno, vode izvorišta Krabašnice su umjereno zagađene Eschericiom coli i drugim koliformnim bakterijama, bez prisustva streptokoka, pratensa i indikatora truhljenja, ali se mogu dezinfekcijom osposobiti za piće. Rezerve podzemne vode vodnog tijela podzemne vode Krabašnica su od Q_{min}=10 l/s do Q_{max}=90 l/s.

2.2.Vodno tijelo Studešnica

Izvor Studešnica je nastao na kontaktu krečnjaka srednjeg-gornjeg trijasa sa tvorevinama dijabaz-rožnjačke forma-cije. Pojava izvora je pored kontakta propusnih i nepropusnih stijena, najvjerovatnije predisponirana rasje-dom koji se pruža duž potoka Studešnica.
Izvor Studešnica je uzlaznog mehanizma isticanja. Izbija iz kaverne promjera oko jednog metra, formirane duž međuslojnih pukotina u krečnjacima gornjeg trijasa. Krečnjaci su masivni, mjestimično bankoviti, bijele boje, podređeno sivi. Pad krečnjaka je pod uglom 65° u pravcu jugoistoka. Na mjestu isticanja je nekada bila manja pećina na čijim zidovima je taložena sedra, što govori da je tu nekada bilo primarno isticanje.
Pećinski kanal iz kojeg izbija voda je prema dostupnom osmatranju, promjera oko 50-60 cm, inversan je i zaliježe u pravcu jugoistoka pod uglom oko 70°, koliki je približno i pad slojeva krečnjaka.
Na zidovima pećinskog kanala su tragovi, odnosno smeđe i žute skrame hidroksida gvožđa, moguće i mangana. Na mjestu primarnog isticanja, voda iznosi manje valutice i šljunak koji potiče od stijena dijabaz-rožne formacije. Prema zaobljenosti valutice može se zaključiti da je transport valutica bio dug i nekoliko kilometara.
Iz kaptaže voda preko prelivnog praga dotiče u sabirnu komoru, odakle ulazi u glavni cjevovod prečnika 250 mm. Peliv vode u sabirnu komoru se vrši preko nepropusnog praga.


Slika 2: Izvorište „Studešnica"

Izdašnost vrela na mjestu primarnog isticanja iznosi oko Q = 15 l/s, ali je registrirano još jedno mjesto isticanja u sabirnoj komori gdje nije moguće procijeniti izdašnost, ali se pretpo-stavlja da ističe minimalno 8 – 10 l/s vode. Procjena ukupne minimalne izdašnosti izvora Studešnica iznosi
Q = 20-25 l/s.
Uzvodno, oko 70 metara od izvora Studešnica, nalazi se zatrpani pećinski
kanal koji u hidrološkom periodu visokih voda, ima hidrauličku vezu sa izvorom Studešnica. Posredno je moguće doći do podataka izdašnosti preko mjerača u hlornoj stanici ili da se isti diretnim mjerenjem na izvoru utvrdi u hidrološkom periodu malih voda, opitnim crpljenjem.
U trijaskim krečnjacima izvorišnog dijela potoka Studešnica, locirano je nekoliko jakih izvora pitke vode koji su kaptirani. Na oko 800 metara nadmor-ske visine, postoji jedna izdan koja „hrani" manje izvorišne krakove Studešnice. Količina vode je promjenjiva i ovisi od padavina, dok usušnom periodu, većina ovih izvora presuši.
Na ovom terenu postoji nekoliko nivoa pojavljivanja izvora, što znači da postoji nekoliko nivoa izdani. Ukupna količina vode uzvodno od kaptaže, a na račun pritoka Studešnice, iznosi 15-20 l/min. Glavna količina vode (oko 65 l/s) ove kaptaže, daju tri izvora pukotinskog tipa, lociranih na desnoj obali potoka, izgrađenog od bankovito-pločastih krečnjaka. Ovi krečnjaci imaju pružanje sjever-jug sa padom prema istoku i pod uglom od 30° do 80°, a njihovo pružanje siječe pravac toka Studešnice. Voda se kreće pukotinama u krečnjacima, koje mogu biti poprečne na slojevitost i paralelne sa slojevitošću.Iznad ovog nivoa oko 20 metara, povremeno se pojavljuje jedan izvor koji je „aktivan" u vrijeme i nakon većih padavina. Predstavlja karakterističan primjer prelivnog izvora koji je uslovljen geološko-tektonskom karakteristikom terena. Pri većim i obilnijim padavinama, voda na izvoru se pojavljuje u vidu vrela, dok se u hidrološkom minimumu, nivo vode spušta u šljunkoviti materijal korita potoka.

Potencijalni zagađivači izvorišta bili su šumski putevi za izvlačenje drvne građe (rasipanje ulja, maziva i benzina) i nekoliko objekata privremenog karaktera za samještaj radnika, te krupna grla stoke koja je služla kao zaprega u eksploataciji šumske građe.
Utvrđivanje zona zaštite izvorišta "Studešnica" izvršeno je uzimajući u obzir geološke, strukturno-tektonske, hidrogeološke, pedološke i vegetativne karakteristika terena, vododijelničke zone, granice slivnog područja ograničenog površinskom (orografskom) vododijelnicom, uvjete i način prihranjivanja izvorišta i pravce toka podzemnih voda. Pri tom se imalo u vidu da je preko 100 % slivnog području izvorišta "Studešnica" nenaseljeno, pošumljeno i u prostoru u kojem se ne provode velike antropogene aktivnosti, a da će i u buduće biti zaštićeno od ovih aktvnosti, zbog primjene Zakona o zaštićenom pejzažu Konjuh.

2.3.Vodno tijelo Stupari

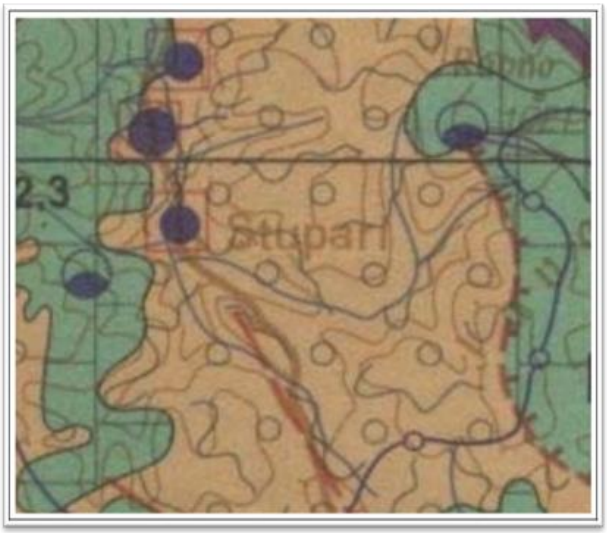
U gornjem toku sliva rijeke Gostelje, na potezu do južnog oboda Sprečkog polja egzistiraju odvojene akumulacije podzemnih voda u karbonatnim akviferima. Izvori se izlivaju u kontaktu sa donjotrijaskim klastitima i stijenama vulkanogeno-sedimentne formacije. Najznačajniji izvori su vrela Tarevčice Q_{min}= 20 l/s, Zatoče Q_{min}= 60 l/s, Sedam vrela Q_{min}= 70 l/s. Vrela su kaptirana za vodosnabdijevanje Tuzle i Živinica. Površina ovog vodnog tijela podzemnih voda iznosi 91,2 km^2.
Šire područje „Stuparskih izvorišta“ je izgrađeno od karbonatnih stijena (krečnjaka), trijaske starosti ($T_{2,3}$) i vulkanogeno-sedimentnih stijena (dijabaz-rožnjačka formacija) jurske starosti (J?). Sa hidrogeološkog aspekta krečnjaci su u funkciji hidrogeoloških kolektora (akvifera), pukotinsko-karstne poroznosti, a vulkanogeno-sedimentna serija pred-stavlja hidrogeološki kompleks sa pretežno izolatorskom funkcijom.
Međusobni odnos kolektorskih i izolatorskih stijena je veoma složen, a prema novijim tumačenjima krečnjaci se u formi olistolita nalaze kao izolovana ostrva na vulkanogeno - sedimentnoj osnovi, kontinuiranog rasprostiranja. To je uslovilo formiranje krečnjačkih masa kao izdvojenih vodnih tijela, pukotinsko-karstne poroznosti sa prihranjivanjem od oborina i dreniranjem na nižim kotama po obodu. Uopćeno gledajući, drenažnu osnovu predstavlja dolina rijeke Gostelje sa svojim pritokama. Nepropusna osnova vulkanogeno-sedimentne serije onemogućava komunikaciju podzemnih voda sa dubljim horizontima.



Slika 3: Situacioni položaj vodnog tijela podzemnih voda Stupari

U zavisnosti od prostornih odnosa svih prisutnih faktora, kao i od strukture i stepena karstifikovanosti krečnjaka u slivu rijeke Gostelje formirane su izdani sa slobodnim nivoom. Prihranjivanje izdani zavisi od infiltracije oborina na površini izdanjivanja, a dreniranje se vrši na izvorima i potocima. Visok stepen kolebanja nivoa i proticaja, zavisno od klimatskih uslova, je rezultat geomorfoloških karakteristika, jer se radi o veoma strmim terenima. Hidrogeološki sklop karakterišu dva izražena kompleksa, i to:
-stariji kolektorski kompleks, izgrađen od vrlo karstifikovanih srednjetrijaskih krečnjaka (oko 60% površine sliva), od kojih su izgrađene padine planinskih vrhova, i mlađi izolatorski, slabo-vodopropustan kompleks, izgrađen od glinovitih i rastresitih tvorevina "dijabaz-rožne formacije" ($J_{2,3}$), koji čini oko 40% površine sliva.

Hidrogeološki sklop karakterišu dva izražena kompleksa, i to:
-stariji kolektorski kompleks, izgrađen od vrlo karstifikovanih srednjetrijaskih krečnjaka (oko 60% površine sliva), od kojih su izgrađene padine planinskih vrhova, i -mlađi izolatorski, slabovodo-propustan kompleks, izgrađen od glinovitih i rastresitih tvorevina "dijabaz -rožne formacije" ($J_{2,3}$), koji čini oko 40% površine sliva.



Slika 4:Hidrogeološka karta vodnog tijela podzemnih voda Stupara

2.3.1 Sliv Gostelje

Najznačajnije akumulacije podzemnih voda su formirane u jako karstifi-kovanim srednjetrijskim krečnjacima. U slivu Tarevčice i Zatoče i korita rijeke Gostelje, locirana su izvorišta ovog akvifera pod nazivom „stuparska izvorišta“ koja se izlivaju na granici krečnjaka i donjotrijaskih klastita, sa ciljem vodosnabdijevanja Tuzle.
Vodonosnik se drenira preko izvorišta: “Sedam Vrela”,”Zatoča” i ”Tarevčica”.
Osnovna karakteristika ovih akumu- lacija podzemnih voda, je brza vodozamjena i ovisnost infitracije od hidrološkog maksimuma. Kapacitet ovih izvorišta se kreće u granicama Q=250-300 l/s, i voda zadovoljava standarde o kvalitetu vode za piće, pa se direktno uvodi u vodovodni sistem uz hlorisanje. Ove vode zbog tvrdoće koja iznosi 7-8 ^{o} dH, svrstava- ju se u red mekih do srednje tvrdih voda.
Međutim, zbog nemara ljudskog faktora koja se manifestuje u nekontroliranoj sječi šume i eksploataciji kamena, ova izvorišta sve više gubila na kvaliteti, pa su se javljala stalna zamućenja vode, a ponekad i bakteriološka neispravnost.
Uz navdena izvorišta, javlja se i izvorište Toplice, čija je temperatura u prosjeku 23°C (uslijed izražene tektonike i hipsometrije njegovog pojavljivanja i isticanja), ali se može smatrati da po genezi pripada izvorištu koje drenira rijeka Gostelja i isto nije obuhvaćeno Zaštićenim pejzažom Konjuh.
-Akumulacija podzemnih voda u slivu Tarevčice
Vrelo Tarevčica drenira slivno područje od oko 15 km^2 i prelivno-gravitacionog je tipa sa malim retenzionim mogućnostima. Prihranjuje se poniranjem duž toka Dubokog Potoka i infiltracijom sa površine. Ponorne zone se nalaze u dolini Dubokog Potoka, gdje je evidentirana i speleološki ispitana jama Godijelj. Geofizičke analize ovog terena su pokazale složene tektonske odnose i stalni tok Dubokog potoka nizvodno od jame se gubi. Vodonepropusnom barijerom u dubljim dijelovima ovog prostora onemogućeno je kretanje podzemnih voda iz Godijelja prema izvoru Tarevčica (velike su oscilacije izdašnosti u granicama Q=20-600 l/s). Pri hidrološkom maksimumu slivu izvora Tarevčica pripadaju sve krečnjačke mase u području topo-grafskog sliva i vjerovatno i dio krečnjaka sa područja površinskog sliva Zatoča. Pri navedenim uslovima, krečnjaci sjeverno od Dubokog potoka i ponora Godijelj, najvjerovatnije pripadaju slivu izvora Tarevčice, a za potvrdu ovih navoda potrebna su detaljnija hidrogeološka istraživanja.

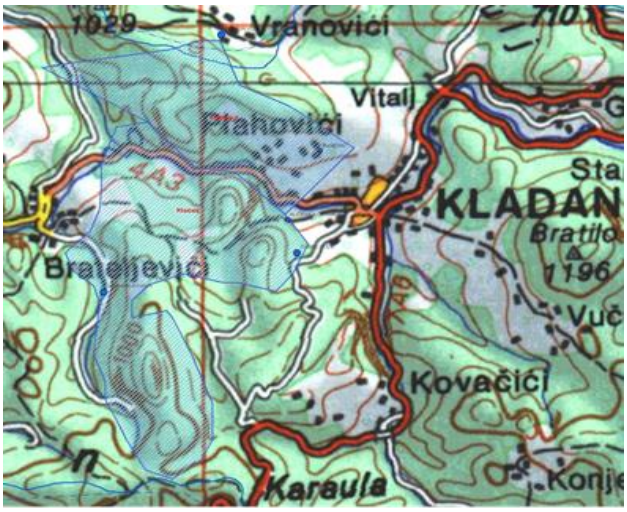
-Akumulacija podzemnih voda u slivu Zatoče

Akumulacija podzemnih voda u slivu Zatoče obuhvata slivno područje od oko 45 km^2, formirana u srednjetrijaskim do gornjotrijaskim masama, koja se izliva na većem broju izvora u donjem toku Zatoče. Predmetno područje se karakteriše pukotinsko-karstnom poroznošću. Donjotrijaski pješčari i laporci su uslovili pojavu izvora, koji su u tektonskom kontaktu sa krečnjacima srednjeg i gornjeg trijasa nizvodno od vrela, i čine podinsku barijeru podzemnim vodama. Minimalna izdašnost grupe izvora Zatoča je oko Q=60 l/s.
Na osnovu hidrogeoloških istraživanja, ustanovljeno je da se izdan prihranjuje poniranjem i difuznim gubljenjem voda površinskih vodotokova u slivu Zatoče i njenih pritoka, te infiltracijom sa površine.
-Akumulacija podzemnih voda u slivu izvorišta Sedam Vrela
Grupa izvora Sedam Vrela, nalazi se u slivu rijeke Gostelje, tj. neposredno u koritu vodotoka, na lokaciji Luke. Ovo razbijeno izvorište drenira masivne krečnjake na kontaktu sa dijabaz-rožnom formacijom. Istraživanjem je utvrđeno da se svi izvori prihranjuju vodom iz rasjeda pružanja SZ- JI, koji sekundarno ističu duž pukotina, što ukazuje na mogućnost da na ovoj lokaciji ističe samo dio šire akumulacije podzemnih voda, na mjestu gdje je navedeni tok naišao na lokalnu barijeru uz povoljne hipsometrijske uslove.
Izdašnost vode izvorišta Sedam Vrela se kreće u granicama Q_{min}=70 l/s do Q_{max}=200 l/s. Neometanu cirkulaciju i brzu vodozamjenu, uslovila je relativno mala mineralizacija i visok sadržaj rastvorenog kiseonika.
Obzirom na malo površinsko rasprostranjenje krečnjaka, te male zone infiltracije i neposrednog prihranjivanja izdanskih voda, pretpostavka je da se površinski vodotoci koji pripadaju slivu rijeke Gostelje, gube dio voda na dijelovima toka gdje nedostaje ili je male debljine povlata. Bilansirana količina vode iznosi 200 l/s.

2.4. Vodno tijelo Kladanj

Ovaj hidrogeološki rejon pripada ofiolitskoj zoni u širem regionalnom smislu, a obuhvaća izvorišno područje Drinjače (jugoistočne padine Konjuha), te terene oko Kladnja, Turalića i planine Javornika. Najveće prostran-stvo u zapadnom dijelu imaju serpen-tiniti i peridotiti u kojima se javljaju proboji gabra, dijabaza, spilita i dolerita. Terene oko Kladnja, Brate-ljevića, Tuholja i zapadni dio Javornika planine izgrađuju pretežno stijene vulkanogeno-sedimentne formacije (pješčari,rožnjaci,dijabazi,lapori, glinci sa proslojcima i većim masama krečnjaka). Značajnu zastupljenost imaju srednjetrijaski krečnjaci i u području Turalića, Tupanara, na sjevernoj strani planine Javornik i u području Brateljevića i brda Pauč zapadno od Kladnja. Kontakt ovih stijena je različit, ali se uočava da krečnjaci mjestimično leže na serpenti-nitima bilo transgresivno-diskordantno, bilo u navlačno-rasjednom odnosu. Odnos vulkanogeno-sedimentne for-macije i krečnjaka srednjeg trijasa (T_2) je uglavnom rasjednog karaktera, te u eroziono-denudacionim zasjecima iz krečnjaka ističu podzemne vode. Bazu srednjetrijaskih krečnjaka čine donjotri-jaski bankoviti kvarcni i liskunoviti pješčari, konglomerati i crni lapori.

Vulkanogeno-sedimentna serija izgra-đuje oko 30% ovog rejona i prema osnovnoj geološkoj karti pripada srednjoj i gornjoj juri ($J_{2,3}$), a prema J. Papešu (1967) koji je istraživanja vršio u području Gostelje (sliv Spreče), pomenuta serija pripada gornjem dijelu srednjeg trijasa i gornjem trijasu, a leži konkordantno na anizičkim (T_2^1) krečnjacima. U oba slučaja vulkano-geno sedimentna serija je u krovini trijaskih krečnjaka. Cjelokupna serija je tektonski predisponirana, pa su granice prema trijaskim krečnjacima redovito tektonske. Duž ovih granica vodone-propusni sedimenti vulkanogeno-sedimentne serije su imali vertikalne pokrete. Oni čine vodonepropusnu krovinu anizičkim (T_2^1) krečnjacima, a infiltracija se vrši duž rasjednih zona i u izdanke ovih krečnjaka.



Slika 5: Situacioni položaj vodnog tijela podzemnih voda Kladanj

Gornjokredni sedimenti (K_2^2) izgrađuju krajnji sjeveroistočni dio ovog rejona - sjeverno od Šekovića (izvorište Lovnice), ali isti ne pripadaju Zaštiće-nom pejzažu Konjuh.

Karstifikacija je najizraženija kod sprudnih krečnjaka, ali su karstificirani i laporoviti krečnjaci, tako da serija u cjelini predstavlja vodopropusnu sredinu. Međutim, bazalni dio gornje krede je vodonepropustan, jer je pretežno laporovit.Manju zastupljenost ima fliš gornje krede (K_2^{1+2}) u području Gojsalića. Transgresivan je na jursku vulkanogeno-sedimentnu formaciju i zajedno sa njom čini vodonepropusni kompleks.

Vodonepropusne stijenske mase su predstavljene serpentinitskim masivom na zapadu, te verfenskim pješčarima, konglomeratima i laporcima na istoku šireg područja, koji čine potpunu podinsku i bočnu barijeru podzemnim vodama, koje se akumuliraju u srednjetrijaskim krečnjacima.

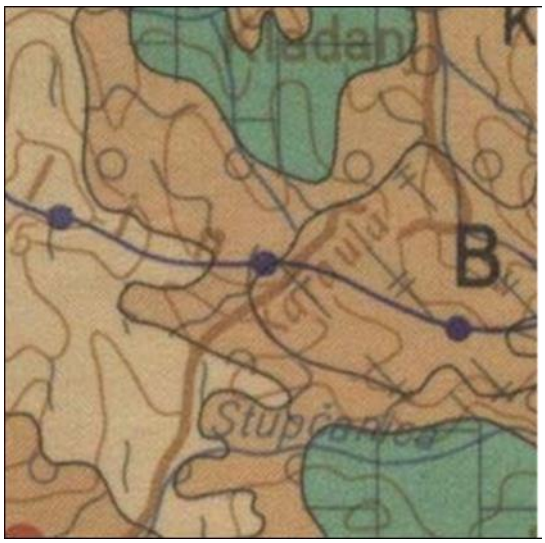
Serpentiniti i peridotiti su vodone-propusne stijenske mase sa nepra-vilnom pukotinskom poroznošću. Na osnovu terenskih zapažanja dubina pukotina je svega 3-5 m, a rjeđe i do 10 m, ispunjene su detritično-glinovitim produktima trošenja. Iz ovih pukotina i deluvijalne raspadine izlijevaju se ocjedni izvori minimalne izdašnosti Q= 0,1 l/s.

Kompleks vulkanogeno-sedimentne formacije zbog svog sastava i primar-nog položaja predstavlja krovinsku barijeru i usporava infiltraciju po-vršinskih voda u anizičke (T_2^1) krečnjake. U ovim terenima tektonika je odigrala važnu ulogu u stratifikaciji vulkanogeno-sedimentne formacije u odnosu na krečnjake u podini, tako da oni na mnogim mjestima predstavljaju bočnu barijeru podzemnim vodama akumuliranim u srednjetrijaskim krečnjacima (Brdijelji, Plahovići i Starići).

Pukotinska poroznost i kavernoznost je izraženija u masivnim krečnjacima. Rasjedi su raskomadali teren u brojne blokove, a krečnjaci iz debele mase

vulkanogeno- sedimentne formacije izbijaju kao rezistentni blokovi (Brdijelji, Zagrađe, Potpauč, Baševo, Veliko Bratilo itd.). Oni su karstificirani sa izrazitim morfološkim oblicima (zubovi, dimnjaci) kaverne i otvorene pukotine. U nižim dijelovima terena, kada su im u bazi vodonepropusne stijene, ovi krečnjaci predstavljaju zone povre-menog i stalnog izlijevanja podzemnih voda.
S druge strane u višim dijelovima terena javljaju se ponori na kontaktu krečnjaka i vulkanogeno-sedimentne formacije, koji imaju vezu sa susjednim silaznim izvorima (ponor Garež-izvor u Brateljevićima, ponor Draguša-izvor Bjelašnica). Na sjeveroistočnom dijelu ovog rejona u području izvorišnog dijela rijeke Lovnice otkrivene su naslage gornjokrednih sedimenata koje su transgresivne preko vulkanogeno-sedimentne formacije. Ovdje su formirane male krške površi Kaštelja, Dolova, Brainaca i Paprače preko kojih se pruža podzemna (hidrogeološka) vododjelnica izmedu sliva Drinjače i Spreče. U bazi gornje krede su slabo vodopropusni i vodonepropusni laporci i laporoviti krečnjaci.
Hipsometrijski položaj bazalnog dijela gornje krede uvjetuje da se podzemne vode iz ovih krških terena prazne uglavnom prema slivu rijeke Spreče na izvorima Paprača, Vacetinskog i Dubokog potoka.
Sveukupni prikaz hidrogeoloških odlika ogleda se u izlijevanju podzemnih voda, odnosno dreniranju formiranih akumulacija. Izdanci srednjetrijaskih krečnjaka su, tako reći, jedini akviferi iz kojih se izlijevaju izvori minimalne izdašnosti Q=1-10 l/s, a rjeđe i Q=10-20 l/s. Dakle, karbonatni kompleksi gornjeg toka Drinjače sadržavaju akumulacije podzemnih voda, među-sobno odvojene vodonepropusnim stijenskim masama vulkanogeno-sedimentne formacije. Podzemne vode se izlijevaju na vrelima u Brateljevi-ćima, Podpauču, Plahovićima, Stari-ćima, Plazačama, Bjelašnici i Lovnici.

-Akumulacija podzemnih voda u krečnjacima brda Pauč izlijeva se na izvoru u selu Potpauč iz pećine formirane u trijaskim krečnjacima na kontaktu sa stijenama vulkanogeno- sedimentne formacije. Izvor ima velike oscilacije izdašnosti $Q_{max:}$ Q_{min} = 100 : 5. Poslije srednje visokih oborina, u periodu rekognosciranja, izdašnost izvora je bila oko Q = 60 l/s. Prihranjivanje izdani vrši se difuzno atmosferilijama u krške mase brda Pauč. Izvor bi bilo neophodno detaljnije ispitati u svrhu vodosnabdijevanja Kladnja.
-Akumulacije slobodnih podzemnih voda u krečnjacima Gareža izlijevaju se ka izvoru Pećina. Minimalna izdašnost izvora je od 5 do 10 l/s. Izvor ima direktnu podzemnu vezu sa ponorom u zaleđu. Nakon oborina izdašnost mu naglo poraste preko 100 l/s. Minimalna izdašnost izvora je registrovana u septembru 1976. godine Q_{min}=5l/s. Površine otkrivenih karbo-natnih masa u ovom rejonu su male i kreću se od 0,3 do 5 km^2, što ukazuje na postojanje akumulacije i ispod vulkanogeno-sedimentne formacije obzirom na veličinu i broj izvora. Tako na primjer, akumulacija iz Velikog Bratnika ima površinu od oko 6 km^2, a iz nje se u minimumu izlijeva ukupno 36 l/s vode, što daje modul podzemnog oticaja M= 6 1/s/km^2.
-Na širem području Kladnja pored pomenutih važnijih izvora na više mjesta se izlijevaju i podzemne vode na izvorima od 0,1 do 1 l/s iz flišnih naslaga gornje krede, te iz pješčara i krečnjaka vulkanogeno-sedimentne formacije.
Iz rastresitog i glinovitog pokrivača na serpentinitima, vulkanogeno-sedimen-tnoj formaciji i krednom flišu izlijevaju se, takođe, mali ocjedni izvori, od kojih veći broj u minimumu presuši. Teren sjeveroistočno od navlake Majdan - Ravne ima u sebi formirano više odvojenih akumulacija podzemnih voda koje se prazne na izvorima: Kulješin, Bjelašnica te na izvorima u kanjonu Lovnice.
-Izvor Kulješin prihranjuje se iz srednjetrijaskih (T^{21}) krečnjaka podru-čja Tupanara, Pijevine i Debelog Brda. Sa sjevera i zapada granica slivnog područja je određena topografskim i rasjednim linijama, a sa istoka donjotrijaskim pješčarima. Izvor izbija na kontaktu sa gornjokrednim flišom na koti oko 520 metara. Površina sliva iznosi oko 3,51/km^2.



Slika 6: Hidrogeološka karta vodnog tijela Kladanj

Prema podacima jednogodišnjeg osmatranja minimalni proticaj je registrovan u oktobru i novembru 1976, te u avgustu 1977. godine Q_{min} = 25 l/s, dok je maksimalna izdašnost bila decembru 1976. godine Q_{max} = 241 l/s.

- Značajni izvori u okviru vodnog tijela Kladanj 1 i 2 su Buševac (11 l/s) i Begova voda (48 l/s), kao i Gluha Bukovica i Dobre vode (11 l/s).
- Slivno područje izvorišta Gluha Bukovica je karstnog tipa, gdje ponorna zona od mjesta Uvor do izvora

Gluha Bukovica, predstavlja mrežu kraških kanala i kaverni koje provode poniruću vodu do izvora. Krečnjački masiv Garež karakterišu raznovrsni kraški oblici, te osim što kroz njega poniru vode Gluhe Bukovice, u njegovoj unutrašnjosti se nalazi Djevojačka pećina. Vode unutar pećine imaju podzemnu komunikaciju sa vodama Gluhe Bukovice, što je dokazano bojenjem. Sliv Gluhe Bukovice ima oštru morfološku vodo-djelnicu prema slivovima rijeke Bukovice i izdani Dobra voda, što se ne poklapa sa podzemnim vododjelni-cama. Hidrogeološki sklop izdani Gluha Bukovica, čine dva geološka kompleksa: Vulkanogeno-sedimentna formacija ($J_{2,3}$), kao izolatori, vodone-propusni, oko 35% sliva i krečnjački masiv (T_2) kao stariji kompleks sa 65% površine sliva. Izradom detaljne hidrogeološke karte izdani Gluha Bukovica, koja je obuhvatila uvor Gluhe Bukovice, masiv Garež i izvor Gluhe Bukovice, utvrđene su naslage masivnih i ispucalih krečnjaka (T_2), naslage tankouslojenih, tektoniziranih krečnjaka – tektonske breče i sedi-menti vulkanogeno-sedimentne forma-cije ($J_{2,3}$), koji predstavlja ofiolitski melanž. U predjelu uvora i izvora Gluhe Bukovice, nalaze se izvori Uvor i Izvor. U krečnjačkom masivu Gareža nalaze se znatne rezerve podzemnih voda, jer se u podini trijaskih krečnjaka nalaze slabovodopropusni slojevi vulkanogeno-sedimentne formacije, te se podzemne vode javljaju kao kraški prelivni izvori.

Podzemne vode vodnog tijela Kladanj su infiltracione s plitkom zonom prodi-ranja u vodonepropusne naslage. Hemizam ovih voda, zbog brze vodo-zamjene, se odlikuje niskom minerali- zacijom. To su uglavnom vode HCO_3, Ca-Mg tipa, normalne pH vrijednosti i niske tvrdoće. Izdanske vode karbonatnih akvifera Brateljevića, Kladnja i Javornika, odlikuju se veoma sličnim jonskim sastavom kao izvorske vode iz krških terena Romanije.

Pripadaju HCO_3, Ca-Mg grupi sa mineralizacijom od 250 do 500 mg/l, i ukupnom tvrdoćom od 10 do 15 ^{o} dH. Kod većeg dijela analiziranih voda, koncentracija HCO_3 jona se kreće preko 90%, a koncentracija kationa se razlikuje od pojave do pojave, tako da su vode iz krečnjaka bogatije sa Ca jonom, a vode iz dolomita i dolomitičnih krečnjaka imaju ravnomjeran sadržaj Ca-Mg jona.

Bilansne rezerve vodnog tijela podzemnih voda Kladanj iznose oko 60 l/s.

-Izvorište Muška voda

U jugoistočnom dijelu planine Konjuh, ispod vrha Jastrebić (1098 m.nm) nalazi se izvorište “Muška voda” na koti 860 metara. Vodonosnik izvorišta Muška voda predstavljen je tektoni-ziranim trijaskim krečnjacima koji predstavljaju olistolite u ofiolitskom melanžu. Podinu vodonosnika predstavljaju neprpusni sedimenti i vulkaniti iz melanža. Izbijanje vode na površinu razbijeno je na prostoru dužine od oko 300 m sa jednim glavnim i pet sporednih vrela. Voda je svrstana u oligomineralne vode,a pH vode je 8,2. Sva vrela se mute u vrijeme velikih padavina, što znači da dolazi do razblaženja koncentracije mineralne Muške vode, pri čemu je najizrazitije poslije naglog otapanja snijega.

Izradom detaljne geološke karte izvorišta (Slika 7) koja je obuhvatila Glavni izvor, izvor 1a, 1b, 1c, 2 i 3, utvrdjene su slijedeće tvorevine:glinci, pješčari, rjedje rožnaci, spiliti i podredjeno konglomerati. Predstavnici sedimentnih stijena se obično naizmjenično smjenjuju. Glinci su u ovom dijelu dominantni. Po boji i mineraloškom sastavu postoji više varijeteta glinaca: gvoždjeviti, silicijski, pjeskoviti i karbonatni. Pješčari najčešće pripadaju grauvakama, rje-dje subgrauvakama. Boja im je svijetlosiva i rjedje tamnomrka. Po izgledu su slični dijabazima. Rožnaci su manje zastupljeni. Tankoploča sti su, gusti i raznobojni (crvenkasti, zeleni i sivi). U hidrogeološkom smislu serija ovih stijena ($J_{2,3}$) na izvorištu Muška voda predstavlja izolator.

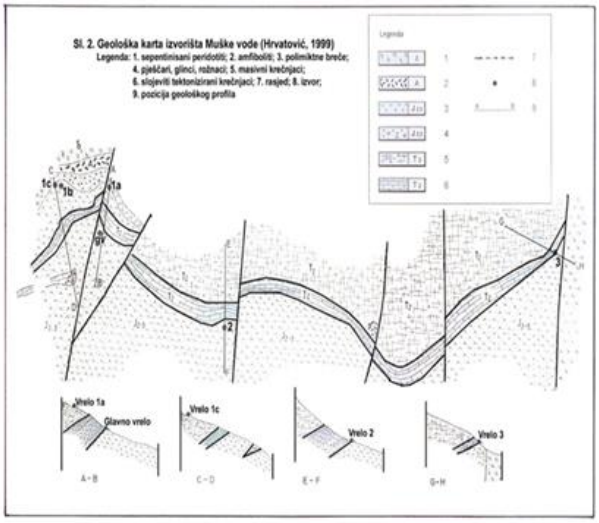
U zoni Glavnog vrela preko naprijed navedenog izolatora leže tankous-lojeni jako tektonizirani krečnjaci. Na samom kontaktu ovih tektoniziranih krečnjaka i serije sedimentnih stijena ($J_{2,3}$) nalazi se Glavni izvor (profil A-B). Debljina ovih krečnjaka je 10-11 metara. Preko njih slijedi serija pješčara, glinaca i rožnaca debljine oko sedam metara. U stubu dalje slijedi masivni krečnjak debljine 3-4 metra(na dijelu terena kod izvora 1a.). Na samom kontaktu je vrelo 1c. Dalje slijede polimiktne breče sa fragmen-tima krečnjaka veličine 1-6 cm i rožnaca. Vezivo je pjeskovito. U ovim brečama se zapaža procjedjivanje vode. Debljina ovih breča cijeni se da je 3-4 metra. Preko njih leži ponovo serija pješčara, glinaca, rožnaca sa većim blokovima masivnih krečnjaka. Debljina ove serije je 15-20 metara. Dalje slijedi kontakt sa ispucalim amfibolitima iz kojih se zapaža procjedjivanje vode. Ta voda se (vidljivo u potoku) gubi na tektonskom kontaktu sa sedimentima. Debljina amfibolita je oko 10 m, a onda slijede ispucali serpentinisani peridotiti.

Vrelo 1b. i 1c. nalazi se na kontaktu serije pješčara, glinaca i rožnaca, koja se ponaša kao izolator (isto i kod vrela 1a.), i polimiktnih breča preko kojih slijedi serija pješčara, glinaca i rožnaca sa blokovima krečnjaka (profil C-D).

Vrelo 2. nalazi se u zoni kontakta tektoniziranih krečnjaka i sedimenata $J_{2,3}$ (profil E-F). U profilu kod ovog vrela preko tektoniziranih krečnjaka direktno leže masivni krečnjaci, dakle nema serije pješčara glinaca i rožnaca. Ima odredjenih naznaka da je bilo kretanja ovih masivnih krečnjaka po tanko uslojenim krečnja-cima. Debljina tektoniziranih krečnjaka je 6-8 metara.

Geološki odnosi na vrelu 3. su isti kao na vrelu 2. Vrelo se nalazi na desnoj obali potoka. Nalazi se na

kontaktu kolektora-jako tektoniziranih tanko-uslojenih krečnjaka i izolatora-sedimenata $J_{2,3}$. Duž potoka je tekton-ski kontakt sa serpentinisanim peri-dotitima.



Slika 7. Geološka karta sa profilima izvorišta "Muška voda"

U periodu od januara 1998. do 30.6. 1999. vršena su redovna mjerenja proticaja vode. Prema dobijenim podacima izdašnost glavnog vrela je Q_{max}=0,131l/s,Q_{min}=0,092l/s, a Q_{sred}= 0,110 l/s. Svih šest izvora vode ima sličan hemijski sastav i način pojavljivanja. Za ostala vrela Q_{sred} je slijedeći: vrelo 1a.-0,018 l/s, 1b.-0,018 l/s, 1c.-0,035 l/s, 2.-0,043 l/s i vrelo 3.-0,098 l/s. Ukupni srednji proticaj na svim vrelima Muške vode iznosi 0,323 l/s.

ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Problematika održivog korištenja, upravljanja i zaštite površinskih i podzemnih vodnih resursa, aktuelna je manje-više u svim državama Evrope. U tom smislu je pokrenut niz aktivnosti kroz različite zakonske i podzakonske akte, kao i edukacije različitih strukovnih profila, kojima se želi uskladiti način upravljanja vodama, sa akcentom na kontinuirano praćenje korištenja (kvantitet) i stanja (kvalitet) voda. Prvi korak je primjena Okvirne direktive o vodi (ODV), ali i niz međunarodnih projekata i programa, koji čine okosnicu razmjene iskustava, kao i korištenje metoda i metodologija koje su dale pozitivne rezultate. Nedostatak kvalitetnih voda za piće, postaje problem na svjetskom nivou, te kada se govori o mikro-prostoru Bosne i Hercegovine, onda je svaka nova aktivnost održivog razvoja vodnih resursa, korak naprijed za buduće generacije. Sagledavajući stanje vodnih tijela u zaštićenom pejzažu Konjuha, neophodno je prije svega ispoštovati na terenu smisao zašićenog područja. To podrazu-mijeva da se Zakon mora implement-tirati, a stručna lica provesti karakteri-zaciju vodnih tijela, terenske, labora-torijske i kabinetske istražne radove, bilansiranje rezervi, te adekvatnu zaštitu, a sve uz grafičke podloge (karte) u GIS-u.

Neovisno od navedenih aktivnosti, neophodno je izvršiti niz radnji na izmjenama i dopunama Zakona o vodama, kao i svih drugih Zakona i Pravilnika koji su od krucijalnog značaja za segment površinskih i podzemnih voda.

LITERATURA

[1] Pamić, J., Sunarić-Pamić, O., Kapeler, I., Olujić, J., (1966).: Tumač za osnovnu geološku kartu, list Zavidovići 1:100 000. Institut za geološka istraživanja, Sarajevo

[2] Hrvatović.H., Žigić I.: Geologija izvorišta Muška voda kod Kladnja, Zbornik radova RGGF-a, Tuzla, 2009.

[3] Pašić-Škripić D., Žigić I., Srkalović D.: Ranjivost podzemnih voda područja sjeveroistočne Bosne, 38.konferencija o aktuelnim problemima korištenja i zaštite voda, VODA 2009, ISBN 978-86-904241-6-0, COBISS.SR-ID 16754124, str.243-249, Zlatibor-Srbija, 2009.

[4] Skopljak F.,Žigić I., Pašić-Škripić D.,Alić F.: Metodologija istraživanja u cilju povećanja eksploatacionih rezervi kraških vrela na primjeru „Studešnice" i „Krabašnice" na Konjuhu-Banovići,V Savjetovanje geologa BiH sa međunarodnim učešćem, Pale, 24.-25.10., Jahorina,2013.

[5] Žigić I., Pašić-Škripić D.: Karakteri-zacija vodnih tijela podzemnih voda, metodologija i ograničenja, 7th Research/Expert conference with International Participation, Quality 2011, ISSN 1512-9268, str.719-724, 2011.

[6] Žigić I., Pašić-Škripić D.: Hidrogeo-loške karakteristike vodonosnika vodnih tijela Studešnica i Krabašnica lociranih u zaštićenom pejzažu planine Konjuh, Kongres geologa, Banja Luka, 2019

[7] Žigić I., Pašić-Škripić D., Tokić M., Žigić M.,: Elaborat zaštite izvorišta "Kraba-šnica", općina Banovići, Javno preduzeće za vodoprivrednu djelatnost „Spreča", Tuzla, 2017.

[8] Žigić I., Pašić-Škripić D., Tokić M., Žigić M.,: Elaborat zaštite izvorišta: „Stude-šnica" općina Banovići, Javno preduzeće za vodoprivrednu djelatnost „Spreča", Tuzla, 2018.

SISTEM PROGNOZE I UPOZORENJA NA POPLAVE U SLIVU RIJEKE SAVE

FLOOD FORECASTING AND WARNING SYSTEM IN THE SAVA RIVER BASIN

Dragan Zeljko, dipl.ing.
Međunarodna komisija za sliv rijeke Save
e-mail: dzeljko@savacommission.org

Mirza Sarač, dipl.ing.
Međunarodna komisija za sliv rijeke Save
e-mail: msarac@savacommission.org

Sažetak: Sistem prognoze i upozorenja na poplave u slivu rijeke Save - Sava FFWS (Flood Forecasting and Warning System in the Sava River Basin) predstavlja poseban regionalni prognostički sistem koji je instaliran i koristi se od strane pet država u slivu rijeke Save: Bosna i Hercegovina, Crna Gora, Hrvatska, Srbija i Slovenija i koji uzima u obzir da svaka država ima sopstvene modele, sisteme za monitoring i prikupljanje osmotrenih podataka, sisteme prognoze, nadležne institucije i interese. Efikasan sistem za prognozu i upozorenja na poplave premošćuje razlike i podržava saradnju u oblasti upravljanja vodama u slivu rijeke Save. Sava FFWS je, pod koordinacijom Međunarodne komisije za sliv rijeke Save, uspostavljen u skladu sa odredbama Protokola o zaštiti od poplava uz Okvirni sporazum o slivu rijeke Save, kroz komponentu projekta „Unapređenje zajedničkih aktivnosti u oblasti upravljanja poplavama u slivu rijeke Save“ finansiran od strane Investicionog okvira za Zapadni Balkan. Sistem je službeno uspostavljen i predat državama na korištenje 25. oktobra 2018. godine.

Ključne riječi: okvirni sporazum, protokol, sistem, sava ffws

Abstract: Flood Forecasting and Warning System in the Sava River Basin - Sava FFWS represents a very special regional forecasting system installed and used by five countries in the Sava River basin: Bosnia and Herzegovina, Croatia, Montenegro, Serbia and Slovenia taking into account that each country has its own models, monitoring systems, forecasting systems, water authorities and interests. An effective flood forecasting and warning system has to bridge the differences and support collaboration in the field of water management in the Sava River basin. Under coordination of the International Sava River Basin Commission, Sava FFWS has been established in line with with the provisions of the Protocol on Flood Protection to the Framework Agreement on the Sava River Basin as a component of the project „Improvement of Joint Actions in Flood Management in the Sava River Basin“, funded by the Western Balkans Investment Framework. The System was formally put in place and handed over to the countries for use on October 25, 2018.

Key words: framework agreement, protocol, system, sava ffws

UVOD

Međunarodna komisija za sliv rijeke Save (Savska komisija) je uspostavljena za potrebe implementacije Okvirnog sporazuma o slivu rijeke Save koji je potpisan 3. decembra 2002. u Kranjskoj Gori, a stupio je na snagu 29. decembra 2004. godine. Okvirni sporazum predstavlja jedinstven međunarodni ugovor kojim se integrišu svi aspekti upravljanja vodnim resursima u svrhu održivog razvoja regije. Države strane Okvirnog sporazuma su Slovenija, Hrvatska, Bosna i Hercegovina i Srbija.
Ključni cilj Okvirnog sporazuma je saradnja država u svrhu ostvarenja:

- uspostave međunarodnog režima plovidbe na rijeci Savi i njenim plovnim pritokama,
- uspostave održivog upravljanja vodama u slivu rijeke Save, te
- poduzimanja mjera za sprječavanje ili ograničenje opasnosti, te smanjenje i uklanjanje štetnih posljedica, uključujući posljedice poplava, leda i suša te incidenata koji uključuju tvari opasne za vode.

Savska komisija zadužena je za niz zadataka i odgovornosti kako je to definisano Aneksom I uz Okvirni sporazum o slivu rijeke Save - Statutom Međunarodne komisije za sliv rijeke Save i ima najširi obim rada među sličnim međunarodnim tijelima, budući da je to jedina komisija koja se bavi upravljanjem riječnim slivom i plovidbom u sklopu jednog istog tijela. Stalni sekretarijat je izvršno tijelo Savske komisije. Vrijednu podršku Savskoj komisiji pruža šest stalnih i tri ad hoc stručne grupe koje su trenutno aktivne.
Iz perspektive provedbe Okvirnog sporazuma, aktivnosti u upravljanja poplavama uglavnom se zasnivaju na članu 2.(c) i članu 13.(1) Okvirnog sporazuma, te na Protokolu o zaštiti od poplava uz Okvirni sporazum. Protokolom koji je potpisan 1. juna 2010. a stupio na snagu 27. novembra 2015. godine formalizira se jasno opredjeljenje država strana u smjeru jačanja daljnje saradnje u provođenju aktivnosti usmjerenih na poboljšanje zaštite od poplava u slivu rijeke Save putem njihove zajedničke platforme - Savske komisije kroz:

- poduzimanje svih nužnih koraka u vezi s pripremom zajedničkog plana upravljanja rizicima od poplava;
- **uspostavu sistema prognoze i upozorenja na poplave**;
- razmjenu informacija relevantnih za održivu zaštitu od poplava;
- poduzimanje svih drugih aktivnosti koje se dogovore u cilju poboljšanja zaštite od poplava u slivu.

Protokol naglašava važnost koordiniranih mjera, radova i aktivnosti za smanjenje rizika od poplava u cijelom slivu, kao i provođenje tih aktivnosti u skladu s principom "nenanošenja štete". Stoga, kako bi se pridonijelo smanjenju štetnih posljedica poplava, posebno za život i zdravlje ljudi, životnu sredinu, kulturno nasljeđe, privrednu djelatnost i infrastrukturu, države strane su se sporazumjele o saradnji u provođenju gore navedenih aktivnosti.
Odredbama Protokola definisano je da će države strane Okvirnog sporazuma uspostaviti sistem prognoze i upozorenja na poplave, a da će Savska komisija koordinirati aktivnosti na uspostavljanju sistema. Također je definisano da će, nakon uspostavljanja, države strane osigurati redovno održavanje i provjeru funkcionisanja sistema, kao i redovno stručno usavršavanje lica angažovanih na funkcionisanju sistema, uz primjenu zajedničkih standarda.
Sistem kakav je predviđen Protokolom, a zatim i uspostavljen, predstavlja ne samo izuzetno složen i tehnički zahtjevan prognostički sistem, nego i jedinstven takve vrste u europskim, pa i svjetskim razmjerama kada se radi o prekograničnom slivu.

1. PRIPREMA KONCEPTA I PROJEKTNOG PRIJEDLOGA

Nacionalne hidrometeorološke službe država strana Okvirnog sporazuma, uz Crnu Goru i Albaniju, su još početkom 2003. godine inicirali aktivnosti koje vode prema uspostavi sistema za prognozu poplava u slivu Save. Savska komisija, je odmah nakon početka funkcionisanja podržala inicijativu hidrometeoroloških službi i aktivno se uključila u provođenje svih narednih zajedničkih aktivnosti. Tako je 2007. godine izrađena studija - Procjena stanja i potreba u nacionalnim institucijama i prijedlog implementacijskog programa aktivnosti, 2007. godine, finansirana od Svjetske banke. Studija je rezultirala procjenom stanja po zemljama i prijedlogom implementacijskog programa za uspostavu sistema prognoze. Imajući u vidu da je programom bilo ambiciozno predviđeno da bi troškovi uspostave sistema dosegli oko 16 miliona USD, za što je procijenjeno od strane Savske komisije da bi bilo nerealno aplicirati i dobiti sredstva za implementaciju iz međunarodnih izvora, predložena je fazna uspostava sistema, gdje bi se kroz razne komponente približilo glavnom cilju, a to je operativna prognoza pojave velikih voda u slivu i uspostava mehanizama upozoravanja i uzbunjivanja stanovništva na potencijalno pogođenim područjima.

2011. godine je bio izrađen projektni prijedlog kada je između država faktički usaglašen koncept prognostičkog sistema. Savske zemlje su se usaglasile da razviju zajedničku platformu za prognoziranje poplava, zadržavajući i samostalnost u oblasti monitoringa, modeliranja i prognoziranja, te

daljnje slobode razvoja vlastitih modela i dopunskih inicijativa za prognozu poplava. Sistem je ocjenjen kao dodatna vrijednost postojećim ili sistemima u razvoju, očekujući da će zajednička platforma sa dobro obučenim stručnim kadrovima doprinijeti boljoj pripremljenosti, te optimizaciji mjera ublažavanja, kao i značajnoj pomoći u reduciranju posljedica od poplava. Ovaj projektni prijedlog je trebao biti kandidiran za sredstva Programa transnacionalne saradnje jugoistočne Europe (SEE TCP), ali zbog određenih poteškoća tehničke prirode prijedlog nije podnesen.

Savska komisija je 2013. godine ponovno pokrenula inicijativu za izradu novog projektnog prijedloga koji je izrađen u koordinaciji sa svim zemljama stranama Okvirnog sporazuma i Crnom Gorom. Projekt je kandidiran za sredstva Investicionog okvira za Zapadni Balkan (WBIF) u martu, a odobren u junu 2014. godine pod nazivom „Unapređenje zajedničkih aktivnosti u oblasti upravljanja poplavama u slivu rijeke Save“ i uključio je dvije komponente:

1. priprema Plana upravljanja rizicima od poplava u slivu rijeke Save,
2. uspostava Sistema prognoze i upozorenja na poplave u slivu rijeke Save.

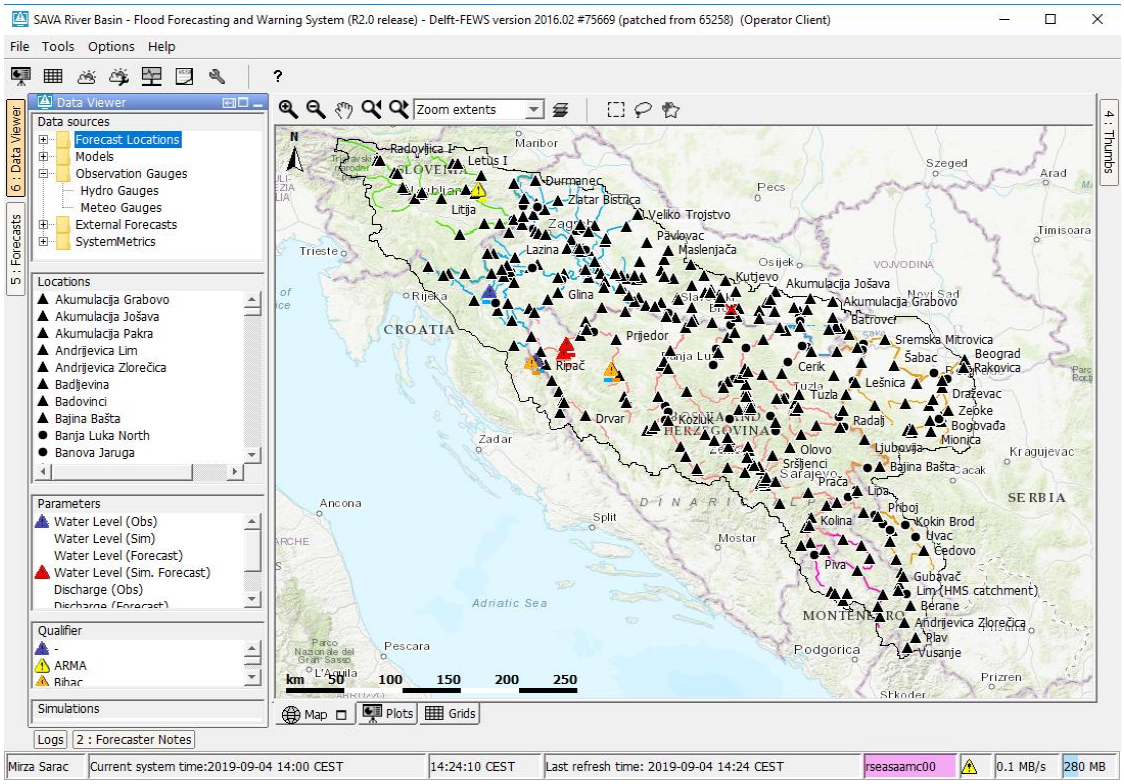
Direktni korisnici projekta bili su Bosna i Hercegovina, Crna Gora i Srbija, dok su Hrvatska i Slovenija, kroz rad u Savskoj komisiji, u potpunosti doprinijeli uspješnoj implementaciji projekta.

2. USPOSTAVA SISTEMA

Razvoj i uspostava Sistema za prognozu i upozoravanje na poplave na slivu rijeke Save (Sava FFWS) je započeo u junu 2016. godine, uz podršku projekta „Unapređenje zajedničkih aktivnosti u oblasti upravljanja poplavama u slivu rijeke Save“. Tehničku podršku za uspostavu sistema pružili su firma Deltares uz članove konzorcijuma: Royal HaskoningDHV, Eptisa, Institut za hidrotehniku Sarajevo i samostalni stručnjak Mihajlo Anđelić. Pod koordinacijom Savske komisije i uz udružene stručne snage nacionalnih institucija sistem je uspostavljen, za nešto više od dvije godine.

Sava FFWS je uspostavljen uz postizanje tri glavna cilja:

- operativni sistem prognoziranja i upozorenja na poplave za cijeli sliv Save instaliran je u svim savskim državama (Bosna i Hercegovina, Crna Gora, Hrvatska, Srbija i Slovenija),
- dobro su obučeni stručni kadrovi u svakoj od savskih država,
- izrađene su preporuke načina budućeg unapređenja sistema prognoziranja, uključujući i prijedlog organizacione strukture za održavanje, korištenje i unapređenja sistema u pogledu monitoringa, telemetrije, razvoja modela i njihovog poboljšanja, sa prioritetizacijom aktivnosti i procjenom potrebnih finansijskih sredstava.



Slika 1. Prikaz klijentske aplikacije Sava FFWS sistema

U uspješnom provođenju projekta u koordinaciji Savske komisije sudjelovali su predstavnici nadležnih institucija svih država iz sliva rijeke Save, koji su u ulozi korisnika projekta dali ključni doprinos kroz intenzivan rad u okviru organizacione strukture projekta i to:

- upravnog odbora projekta (predstavnici nadležnih ministarstava država),
- međunarodnu radnu grupu (predstavnici nacionalnih institucija nadležnih za prognozu),
- nacionalne radne grupe (predstavnici nadležnih ministarstava, institucija nadležnih za prognozu i institucija nadležnih za upravljanje poplavama).

Tokom cijelokupne implementacije projekta, organizovane su redovne radionice i obuke na različitim nivoima stručnog znanja. Organizovane su i obuke o upotrebi sistema, konfiguraciji softverskog rješenja i IT infrastrukture neophodne za nesmetan rad sistema. Obuke za korištenje Sava FFWS-a uključivale su i teme o opštim principima hidrološkog prognoziranja. Obuke su održavane u prostorijama raznih nacionalnih institucija za prognoziranje širom regiona.

Upravni odbor projekta je na svom završnom sastanku, neposredno prije primopredaje sistema, a na prijedlog Međunarodne radne grupe, prihvatio sve rezultate projekta i to:

- Završni izvještaj
- Dokument o post-projektnoj organizaciji
- Analizu raskoraka između očekivanja i sadašnjih mogućnosti i kapaciteta
- Uputstvo za korištenje sistema
- Tehnička uputstva
- Dokumentaciju sistema
- Sistem, operativnu verziju.

Upravni odbor projekta je ocijenio da je sistem kao svestrana i pouzdana prognostička platforma ispunio očekivanja prema tri glavna cilja projekta i da se može operativno koristiti za hidrološko prognoziranje na nacionalnom i međunarodnom nivou u slivu rijeke Save.
Predstavnicima država 25. oktobra 2018. godine predstavljena je i uručena operativna verzija sistema.

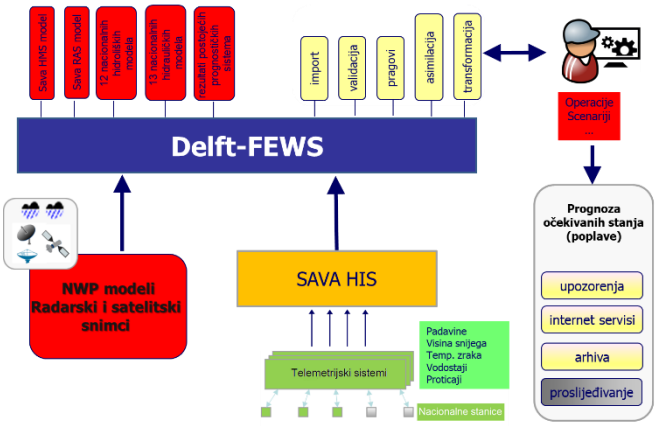
Na svojoj 50. sjednici (Zagreb, 4.-5.12.2018.) predstavnici država u Savskoj komisiji su izrazili zadovoljstvo uspješnim završetkom uspostave sistema i pozvali odgovorne institucije da u skladu sa odredbama Protokola pripreme i potpišu sporazum o saradnji na redovnom funkcionisanju i održavanju sistema.

3. KOMPONENTE SISTEMA

Sava FFWS je zasnovan na Delft-FEWS softverskoj platformi, koja je već primenjena na mnogobrojnim slivovima širom svijeta, ali uglavnom u okviru jedne države. Sava FFWS je implementiran kao otvorena struktura za upravljanje podacima i procesom prognoze, omogućavajući integrisanje širokog spektra podataka i modela. Ovaj koncept je bio posebno važan za pet savskih država, u kojima se koriste različiti modeli. Sava FFWS integriše sljedeće ulazne komponente koje su međusobno povezane na zajedničkoj prognostičkoj platformi:

- osmotrene hidrološki i meteorološke podatke u stvarnom vremenu - Hidrološki informacioni sistem sliva rijeke Save (Sava HIS),
- raznovrsne numeričke modele za prognozu vremena (NWP)[1],
- dostupne vremenske radarske i satelitske snimke,
- izlaze i rezultate postojećih nacionalnih prognostičkih sistema,
- različite meteorološke, hidrološke i hidrauličke modele.

Na slici 1. prikazana je struktura Sava FFWS sistema koji u najvećoj mogućoj mjeri koristi postojeću infrastrukturu i modele.



Slika 1. Šematski pregled strukture Sava FFWS sistema

Delft-FEWS je nekomercijalna aplikacija sa otvorenim kodom putem koje se u sistemu upravlja podacima, provodi simulacija modela i pripremaju rezultati prognoze.

Struktura Sava FFWS sistema je putem Delft-FEWS softverskog rješenja podijeljena u dvije grupe:

- serverske aplikacije i
- aplikacija na klijentskoj strani, računaru.

[1] Eng. Numerical Weather Prediction models (NWP)

Na serverskoj strani, gdje su instalirane sve komponente sistema (Sava HIS, NWP, modeli i dr.), putem više međusobno povezanih aplikacija se provode i distribuiraju zadaci kao što su importovanje podataka, pokretanja modela, pohrana podataka u centralnu bazu, arhiviranje podataka, proslijeđivanje podataka. Sava FFWS serveri su postavljeni na pet serverskih lokacija, i to putem jednog centralnog, tri pomoćna servera i jednog arhivskog servera.

Tabela 1. Lista Sava FFWS serverskih organizacija

Centralni server	Agencija za životnu sredinu Republike Slovenije
Pomoćni serveri	Republički hidrometeorološki zavod Srbije
	Agencija za vodno područje rijeke Save (BiH)
	Državni hidrometeorološki zavod Hrvatske
Arhivski i internet server	Sekretarijat Savske komisije

Centralni server se koristi za obavljanje operativnih zadataka u normalnim uslovima, kao što su pokretanje prognoze ili učitavanje promjena u konfiguraciji. Pomoćni serveri kontinuirano preuzimaju podatke od centralnog putem automatizirane sinhronizacije podataka, tako da u slučaju prestanka rada centralnog, prvi u nizu pomoćnih preuzima privremenu ulogu centralnog servera. Odvojeni set servera je konfigurisan da bi podržavao dodatne funkcije, kao što su arhiviranje i diseminacija rezultata putem internet aplikacija.

Svim prethodno navedenim i drugim zadacima se u okviru Sava FFWS sistema upravlja putem aplikacije koja je instalirana na klijentskoj strani (računaru na kojem korisnici koriste sistem). Ova aplikacija se korištenjem sigurnosne internet konekcije povezuje sa serverom i na taj način se podaci čitaju i pohranjuju u repozitorij lokalnih podataka, a alternativno i bez pohranjivanja u lokalnu bazu podataka.

Tabela 2. Lista Sava FFWS korisničkih organizacija

Bosna i Hercegovina	Agencija za vodno područje rijeke Save
	Javna ustanova “Vode Srpske”
	Federalni hidrometeorološki zavod
	Republički hidrometeorološki zavod Republike Srpske
Crna Gora	Zavod za hidrometeorologiju i seizmologiju
Hrvatska	Državni hidrometeorološki zavod
	Hrvatske vode
Slovenija	Agencija za životnu sredinu
Srbija	Republički hidrometeorološki zavod
Savska komisija	Sekretarijat Savske komisije

Sava FFWS takođe omogućuje pristup krajnjim rezultatima prognoze i putem web portala i internet servisa.

Uzimajući u obzir važnost svih pojedinačnih elemenata uspostavljenog prognostičkog sistema i organizacije, ipak treba imati u vidu da se postupak pripreme prognoze oslanja na pojedinačne komponente sistema koje su opisane u nastavku.

3.1. Hidrološki informacioni sistem – Sava HIS[2]

U saradnji s relevantnim nacionalnim institucijama država (ministarstva nadležna za zaštitu okoliša i/ili vodoprivredu, agencije za vode i nacionalne hidro-meteorološke službe), Savska komisija je uspostavila zajedničku platformu Hidrološki informacijski sistem za sliv rijeke Save (Sava HIS) za razmjenu i korištenje hidroloških i meteoroloških informacija i podataka. Sava HIS je uspostavljen uzimajući u obzir *Smjernice za razmjenu hidroloških i meteoroloških podataka i informacija u slivu rijeke Save*, dokument pripremiljen u koordinaciji Savske komisije i u uskoj suradnji s Svjetskom meteorološkom organizacijom. Smjernice su potpisale sve nacionalne hidrometeorološke službe i dvije agencije za vode u 2014. godini.
Sava HIS predstavlja alat za prikupljanje, pohranjivanje, arhiviranje, analiziranje i izvještavanje o hidrološkim i meteorološkim podacima: padavinama, temperaturi zraka, visini snijega, vodostaju, protoku, temperaturi vode, mutnoći, kao i o nekoliko statističkih parametara. Podaci i informacije iz Sava HIS-a se koriste u sistemu donošenja odluka u svim aspektima upravljanja vodnim resursima, u širokom rasponu operativnih aplikacija kao i u istraživanjima.
U Sava HIS-u je implementiran standardni format za razmjenu podataka Svjetske meteorološke organizacije - *Water ML 2.0*. S tim u vezi ovaj sistem omogućava harmonizaciju više različitih formata podataka koje države koriste, a zatim pohranu u standardiziranom formatu čime je omogućena daljnja razmjena i objavljivanje podataka putem internet servisa.
Upravo su funkcionalnosti Sava HIS-a kao efikasnog alata za razmjenu hidroloških i meteoroloških podataka u stvarnom vremenu, doprinjele odluci

[2] http://savahis.org

država da bude integrisan u Sava FFWS za potrebe dostave osmotrenih podataka. Nakon uspostavljanja i početka operativnog rada 2015. godine, Sava HIS je sadržavao podatke za svih pet država, ali samo za glavne hidrološke (93) i meteorološke stanice (53) koje su dogovorene u Smjernicama. Broj stanica nakon Sava HIS - Sava FFWS integracije je značajno povećan tako da sistem trenutno prikuplja osmotrene podatke u stvarnom vremenu za:

- 306 hidroloških stanica i
- 195 meteoroloških stanica.

Tokom uspostave Sava FFWS-a, Sava HIS je unaprijeđen i sada u okviru prognostičkog sistema predstavlja podatkovno čvorište za prikupljanje osmotrenih hidroloških i meteoroloških podataka u stvarnom vremenu.

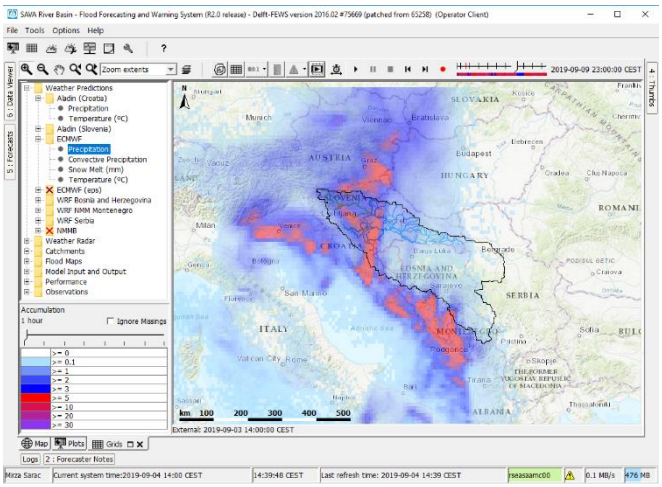
3.2. Numerički modeli za prognozu vremena

Još jedan izvor podataka, može se konstatovati osnovni za hidrološku prognozu, u okviru Sava FFWS-a predstavljaju numerički modeli za prognozu vremena (NWP). NWP modeli se koriste za obezbjeđivanje prognoza padavina i temperatura koje su potrebne za pokretanje hidrološkog prognoznog modela.

U okviru Sava FFWS-a, osam NWP modela se koriste kao meteorološki ulazni podaci (slika 2):

- model ALADIN[3] Hrvatska
- model ALADIN Slovenija
- model Europskog centra za srednjoročne prognoze - ECMWF[4]
- ECMWF model za skupnu (*ensemble*) prognozu
- model WRF[5] Bosna i Hercegovina
- model WRF Crna Gora
- model WRF Srbija
- model NMMB[6] Srbije.

Dostupni NWP modeli omogućuju korisnicima pregled i daljnje korištenje rezultata vremenske prognoze o padavinama i temperaturama zraka za 3,5,7, i 10 dana unaprijed kao ulaznog podatka za hidrološki model i potrebe transformacije padavina u oticanje.



Slika 2. Sava FFWS – NWP modeli

Relativno veliki broj NWP modela je rezultat činjenice da države u svom redovnom radu koriste različite modele za prognozu vremena. Iako je zbog toga konfiguracija procesa poveznosti NWP modela sa hidrološkim modelima u okviru sistema prilično usložnjena, dostupnost višestrukih vremenskih prognoza predstavlja izuzetnu korist za sve korisničke organizacije, obzirom da pored one koju produkuju imaju na raspolaganju i rezultate vremenskih prognoza drugih odgovornih institucija u slivu.

Uz NWP modele, Sava FFWS je kroz uspostavu pripremljen i za ekstrapolaciju radarskih ili satelitskih snimaka padavina u cilju obezbjeđenja vrlo precizne kratkoročne hidrološke prognoze (nowcasting) za nekoliko sati unaprijed na osnovu izmjerenih vrijednosti o padavinama. Trenutno ne postoje dostupni nowcasting proizvodi u slivu rijeke Save. Prvi korak prema ovoj metodi je posjedovanje radarskih kompozitnih snimaka padavina korigovanih sa osmotrenim podacima padavina sa kišomjernih stanica. Međutim, postojeći radari u slivu rijeke Save trenutno nisu u mogućnosti proizvesti precizne snimke padavina, a do sada su u Sava FFWS integrisani samo radarski podaci LISCA, u nadležnosti Agencije za životnu sredinu Republike Slovenije.
Uzimajući u obzir važnost obezjeđenja nowcasting hidrološke prognoze i podizanja svijesti stručnjaka i na ovaj ulazni podatak, u toku uspostave, u Sava FFWS su integrisani kompozitni radarski snimci OPERA[7], kao i satelitski snimci H-SAF[8].

[3] Fra. Aire Limitée Adaptation dynamique Développement InterNational, http://www.umr-cnrm.fr
[4] Eng. European Center for Medium range Weather Forecasting, https://www.ecmwf.int/
[5] Eng. The Weather Research and Forecasting model, https://www.mmm.ucar.edu/
[6] Eng. Nonhydrostatic Mesoscale Model on B-grid of NOAA, https://nomads.ncep.noaa.gov
[7] Eng. Radar Programme of EUMETNET, https://www.eumetnet.eu/
[8] Eng. Satellite Application Facility of EUMETSAT hsaf.meteoam.it

Ovi podaci se samo prikazuju unutar sistema, ali nisu povezani ni sa jednim hidrološkim ili hidrauličkim modelom, a što je planirano u budućem razvoja sistema obzirom da se primjena ovih podataka za relativno kratke prognozne periode pokazala daleko tačnijom od upotrebe regularnih NWP podataka.

3.3. Hidrološki modeli

U Sava FFWS-u je trenutno dostupno 13 hidroloških modela, od kojih su pojedini integrisani modeli i uključuju hidrauličku modelsku komponentu. Neki pokrivaju veliko područje, dok drugi samo male lokalne riječne slivove.

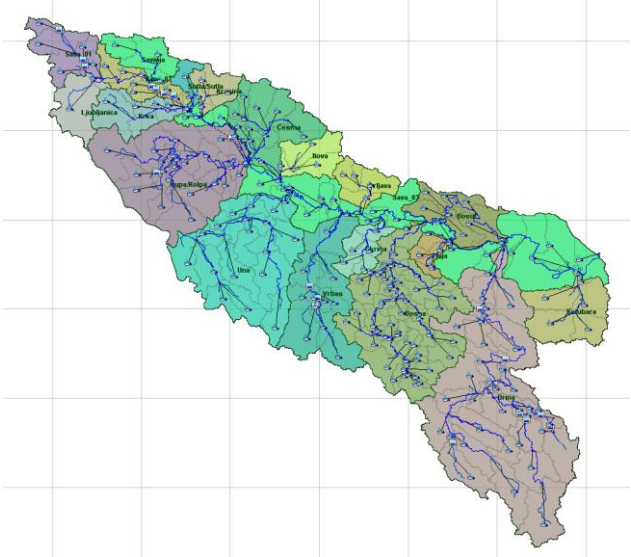
Tabela 3. Lista hidroloških modela dostupnih u Sava FFWS

Model	**Pokrivenost**
Sava HEC-HMS[9]	sliv Sava
Sava Wflow[10]	sliv Sava (BA, ME, RS)
Bosna i Hercegovina	
Una Mike-NAM[11]	sliv Una
Vrbas Mike-NAM	sliv Vrbas
Bosna HBV-Light[12]	sliv Bosna
Crna Gora	
Sava Wflow	sliv Sava (ME)
Hrvatska	
Sava Mike-NAM	sliv Sava (HR)
Srbija	
Jadar HBV[13]	sliv Jadar
Kolubara HBV	sliv Kolubara
Ljig HBV	sliv Ljig
Tamnava HBV	sliv Tamnava
Ub HBV	sliv Ub
Kolubara HEC-HMS	sliv Kolubara

Uzimajući u obzir da je Sava HEC-HMS jedini hidrološki model koji pokriva cjelokupno područje sliva rijeke Save, a izrađen kroz aktivnosti država u koordinaciji Savske komisije, ovaj model je u nastavku detaljnije opisan.

3.3.1. Sava HEC-HMS hidrološki model

Hidrološki model za simulaciju procesa padavine-oticanja za sliv rijeke Save (Sava HEC-HMS), izrađen je 2017. godine od strane Savske komisije, u saradnji sa stručnjacima Inženjerije Vojske SAD (USACE)[14], a u okviru projekta podrške Vlade SAD zemljama u slivu rijeke Save. Model je razvijen pomoću USACE standardnih nekomercijalnih softvera HEC-HMS, HEC-GeoHMS, i HEC-DSSVue.
Osnovna namjena modela, prilikom planiranja izrade, bila je priprema ulaznih podataka, hidrograma za hidraulički model HEC-RAS model rijeke Save.
Sava HEC-HMS model je razvijen kao skup 21 zasebnog podmodela, dakle sastoji se od modela slivova glavnih pritoka i modela za neposredni sliv glavnog toka rijeke Save koji su sastavljeni u jedan cjeloviti model (slika 3).



Slika 3. HEC-HMS model sliva rijeke Save

U okviru Sava HEC-HMS modela simuliraju se slijedeći procesi:

- efektivne padavine (zapremina oticanja),
- direktno oticanje i transformacija padavina u oticanje,
- bazno oticanje,
- propagacija i transformacija toka kroz korito rijeke i/ili akumulacije.

Sava HEC-HMS model simulira hidrološke procese kroz meteorološki model i model sliva koji zajedno definišu procese oticanja unutar sliva rijeke Save.

Meteorološki model unutar Sava HEC-HMS modela određuje način na koji se padavine (kiša i/ili snijeg) i temperatura zraka odražavaju na procese u slivu, a također diktira i procese evapotranspiracije unutar sliva. Iako meteorološki model ima mogućnost simulacije korištenjem dnevnih vrijednosti, zbog primarne svrhe korištenja (hidrološko prognoziranje),

[9] https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-hms/
[10] https://oss.deltares.nl/web/wflow/why-wflow
[11] https://www.mikepoweredbydhi.com/products/mike-hydro-river/hydrology
[12] https://www.geo.uzh.ch/en/units/h2k/Services/HBV-Model.html
[13] http://www.smhi.se/en/research/research-departments/hydrology/hbv-1.90007
[14] Eng. U.S. Army Corps of Engineers (USACE)

Sava HEC-HMS meteorološki model je formiran isključivo za korištenje satnih vrijednosti padavina i temperatura zraka. U okviru Sava HEC-HMS modela izračun meteoroloških parametara o se provodi putem metode inverzne udaljenosti za padavine, metodom temperaturnog indeksa za topljenje snijega, a za evapotranspiraciju metodom prosječne mjesečne stope potencijalne evapotranspiracije.

Model sliva koristi ulazne parametre za izračunavanje padavina izgubljenih u slivnom području, infltraciju padavina u tlo i naknadnu količinu prekomjernog oticanja padavine. Prekomjerna količina padavina se preusmjerava na izlaz iz podsliva kao površinski tok korištenjem jediničnog hidrograma. Dakle, padavine koje se infiltriraju u tlo preusmjeravaju se do izlaza iz podsliva koristeći metodu recesije baznog oticanja. Površinsko i bazno oticanje kombiniraju se na svakom izlazu iz podsliva prije ulaska u mrežu tečenja. Obzirom da se kombinirani oticaj usmjerava kroz riječnu mrežu sliva, oticaj se skuplja iz dodatnih podslivova i usmjerava tečenje u hidrološkom redoslijedu.
Iako model omogućava korisniku da upotrijebi različite modelske metode u svrhu definisanja procesa padavine-oticanje, za Sava HEC-HMS su odabrane metode u skladu sa primjenjivosti u odnosu na specifične karakteristike sliva (npr. vrsta terena i urbanizacija), ali i prema dostupnosti potrebnih podataka. Tako na primjer za model efektivnih padavina i zapreminu oticanja su primjenjene - metoda deficita i konstantnih gubitaka i pojednostavljena metoda intercepcije; za model direktnog oticanja - metoda Clark jediničnog hidrograma; za model baznog oticanja - metoda recesije; za model propagacije duž toka je primjenjena - metoda Muskingum-Cunge.

Za izračun pojedinih parametara u okviru razvoja modela sliva izrađen je model prostornih podataka Sava HEC-GeoHMS. Kompletan Sava HEC-GeoHMS model je razvijen na osnovu digitalnog modela visina 30 metarske rezolucije (Shuttle Range Topography Mission, SRTM DEM-30), koji je izrađen na osnovu snimaka NASA i NGA iz 2000. godine. Smjerovi tokova, akumulacija tokova i mreža veza tečenja su izrađeni iz spomenutog SRTM DEM-30 i korišteni su za delineaciju podslivova i generisanje mreže linija oticanja. Sava HEC-GeoHMS korišten je za definisanje fizičkih parametara sliva, po podslivovima, kao što su površina dreniranja, dužine riječnih dionica, padovi podslivova i dr. Korištenjem ovih fizičkih parametara za svaki podsliv inicijalno su izračunati parametri jediničnog hidrograma, vrijeme koncentracije, skladišni kapacitet podsliva. Parametri propagacije toka kroz riječne dionice, kao što su pad i dužina, su također generisani putem Sava HEC-GeoHMS.

Kalibracija Sava HEC-HMS modela je bila je zasnovana na poplavnim događajima u periodu 2009.-2015. godine; događaji su trajanja do šest mjeseci. Korišteni kalibracioni periodi su uglavnom zimske sezone i karakterišu ih uslovi prosječnih, do oticanja velikih voda. Epizode malih voda nisu uključene u korištene kalibracione periode. Za kalibraciju su korišteni i osmotreni podaci za 20 akumulacija brana i to dotok-oticanje i krive zapremine, što je omogućilo razumnu kalibraciju pripadajućih podmodela.

Obzirom da je u toku finalizacije Sava HEC-HMS modela započeo projekat uspostave Sava FFWS-a, predstavnici institucija korisnica projekta su donijeli odluku da i Sava HEC-HMS model bude integrisan u okvire prognostičke platforme i to kao jedini model koji pokriva cjelokupno područje sliva rijeke Save. Sava HEC-HMS model je u međuvremenu uspješno integrisan u okvire Sava FFWS čime je model dobio svoju dodatnu namjenu i vrlo važnu ulogu u operativnom korištenju u hidrološkom prognoziranju.

3.4. Hidraulički modeli

U Sava FFWS-u je trenutno dostupno 13 hidrauličkih modela, od kojih su pojedini integrisani modeli i uključuju hidrološku modelsku komponentu.

Tabela 4. Lista hidrauličkih modela dostupnih u Sava FFWS

Model	**Pokrivenost**
Sava HEC-RAS[15]	rijeka Sava
Bosna i Hercegovina	
Una Mike-11[16]	rijeka Una
Una HEC-RAS	rijeka Una (Bihać)
Una HEC-RAS	rijeka Una (Bos. Krupa)
Una HEC-RAS	rijeka Una (K. Vakuf)
Sana HEC-RAS	rijeka Sana (FBiH)
Vrbas Mike-11	rijeka Vrbas
Vrbas HEC-RAS	rijeka Vrbas (FBiH)
Bosna HEC-RAS	rijeka Bosna
Usora HEC-RAS	rijeka Usora (FBiH)
Drina HEC-RAS	rijeka Drina (FBiH)
Hrvatska	
Mike-11	rijeka Sava (HR)
Srbija	
Kolubara HEC-RAS	rijeka Kolubara

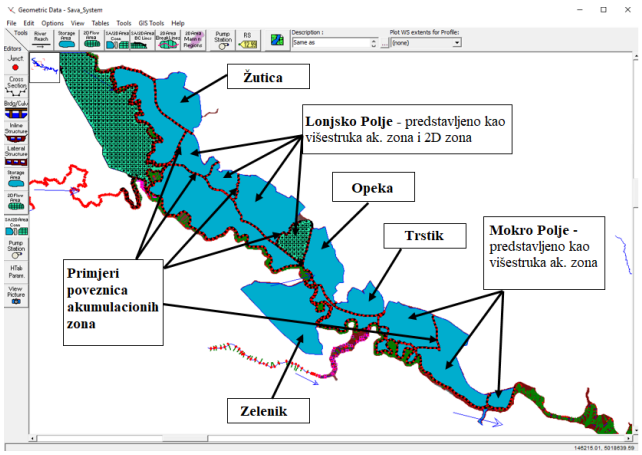
[15] https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/

[16] https://mikepoweredbydhi.com/products/mike-11

Pored razvoja Sava HEC-HMS hidrološkog modela, Savska komisija je u saradnji sa USACE razvila i Sava HEC-RAS hidraulički model nestacionarnog tečenja rijeke Save. Hidraulički model uključuje glavni tok rijeke Save, od granice Slovenije i Hrvatske do Beograda, kao i nizvodne dionice glavnih pritoka rijeke Save, te je zbog njegovog obuhvata i značaja za proces prekograničnog prognoziranja poplava u nastavku dat i detaljniji opis ovog hidrauličkog modela.

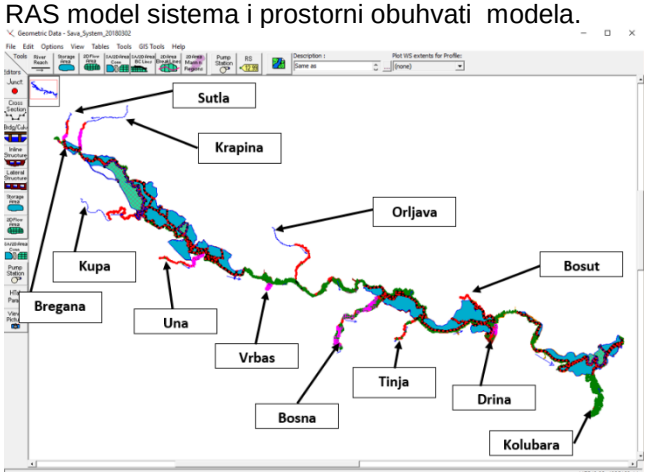
3.4.1. Sava HEC-RAS hidraulički model

U pogledu geometrije Sava HEC-RAS model se oslanja na kombinaciju postojećih modela prikupljenih iz država kao i dostupne informacije o postojećim građevinama, nasipima, ustavama i retenzijama. Geometrija modela inundacionih zona je uspostavljena korištenjem podataka digitalnog modela terena (DEM) visoke rezolucije baziranog na snimcima svjetlosne detekcije i klasifikacije (LiDAR)[17] iz 2017. godine. LiDAR snimanja su provedena u koordinaciji Savske komisije, a kao dio aktivnosti na razvoju modela. Ograničenje LiDAR-a bilo je snimanje podvodnih ili batimetrijskih podataka u poprečnom profilu. U cilju kompletiranja izrade geometrije poprečnog presjeka, podaci geometrije korita historijskih hidrauličkih modela su spojeni u poprečne profile dobijene iz LiDAR-a.
Za transformaciju protoka sa modela glavnog toka rijeke Save u retenzije uz rijeku Savu u kviru Sava HEC-RAS modela su korištene modelske bočne strukture koje su modelirane kao akumulacione zone ili, gdje je bilo neohodno, kao 2D područja.
Model koristi veliku količinu bočnih struktura da bi se predstavili nasipi duž rijeke Save. Sve u svemu, akumulacione zone korištene su kao efikasan i primjeren pristup u cilju razdvajanja procesa usmeravanja toka u modelu rijeke Save, tako da ide preko i/ili kroz bočne strukture do susjednih područja širom cijelog obuhvata modela. U područjima gde su detaljniji pristupi bili neophodni, korištena je metoda sa 2D područjima za predstavljanje ovih bočnih područja. U nekim slučajevima su retenzije morale biti predstavljene kao višestruka akumulaciona područja sa usmeravanjem toka između ovih višestrukih akumulacionih i/ili 2D područja. Najekstremniji primjer složenih veza između rijeke do akumulacionih područja kroz bočne strukture i veza između višestrukih akumulacionih i 2D područja je sistem zaštite od poplava Srednjeg Posavlja u srednjem dijelu toka rijeke Save (slika 4).



Slika 4. Sava HEC-RAS model - primjer višestrukih akumulacionih područja, 2D područja i veza akumulacionih područja

Pritoke su modelirane korištenjem podataka o poprečnim profilima dostavljenih od strane država. Za većinu ovih dionica, geometrija modela je postavljena izvan obuhvata LiDAR podataka koji su prikupljeni kao deo ovog poduhvata; prema tome, nikakve modifikacije geometrije modela nisu urađene sa izuzetkom u slučaju kada je geometrija izazivala probleme u stabilnosti modela. U područjima gde su informacije o LiDAR-u bile dostupne, izrađena geometrija modela je sjedinjena sa LiDAR-om na isti način kao što je to učinjeno za glavni tok reke Save.
Na slici 5 prikazani su modeli pritoka uključeni u HEC-RAS model sistema i prostorni obuhvati modela.



Slika 5.Obuhvat Sava HEC-RAS modela

Sava HEC-RAS model koristi podatke vremenskih serija protoka kao granične uslove. Podaci vremenskih serija protoka za ovaj hidraulički model potiču iz Sava HEC-HMS hidrološkog modela uzimajući u obzir da su modeli spojeni u jednu cjelinu. Pored podataka vremenskih serija protoka, kao nizvodni granični uslov su korištene vremenske serije osmotrenih vodostaja na najnizvodnijoj vodomjernoj

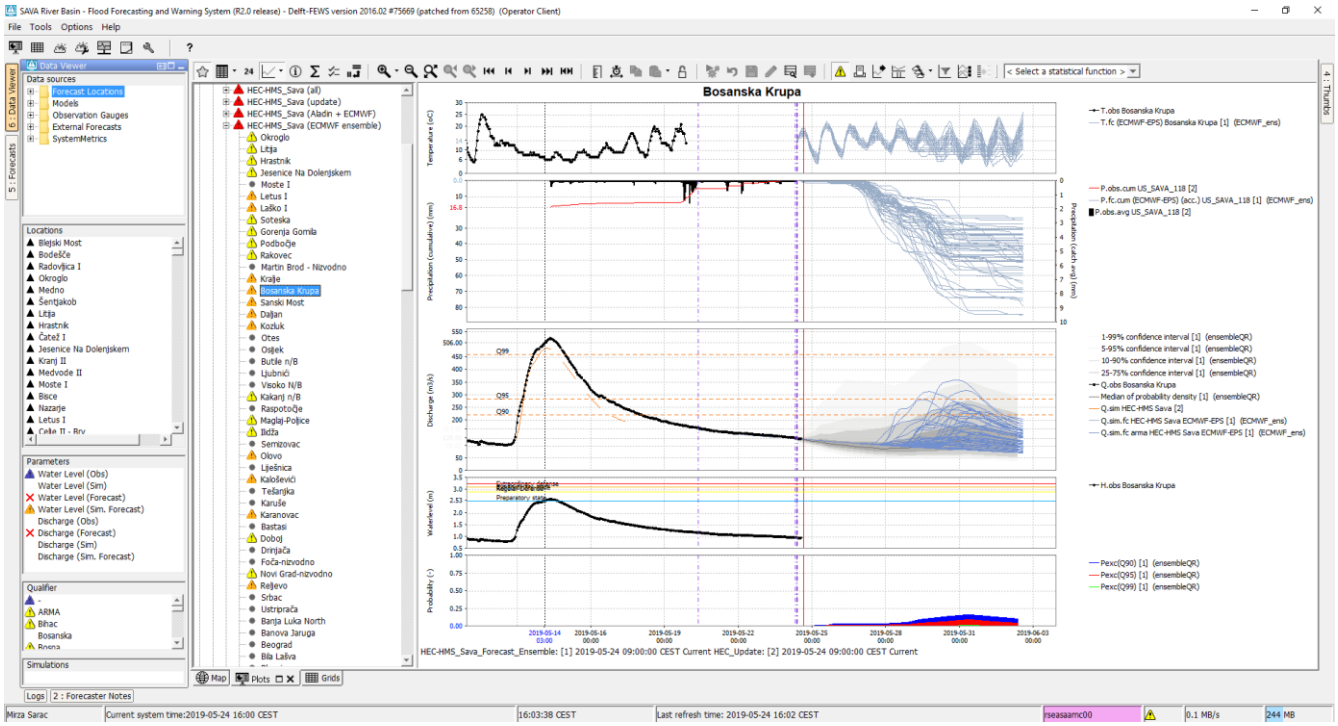
[17] Eng. Light Detection and Ranging (LiDAR)

stanici Beograd čime je uzet u obzir i uticaj uspora rijeke Dunav.

Model je kalibrisan za tri perioda koja su odabrana zbog značajne veličine, rasprostranjenosti uticaja na rijeku Savu i dostupnosti pouzdanih podataka. Kalibracioni događaji uključuju događaj iz decembra 2009., koji je bio široko rasprostranjen događaj i uticao na cjelokupnu rijeku Savu, događaj iz septembra 2010., koji je ugrozio sistem zaštite od poplava sa pregradama i retenzijama u Srednjem Posavlju i događaj iz maja 2014. godine, koji je bio veoma značajan događaj za donji tok rijeke Save. Generalno, rezultati pikova vodnog lica iz hidrauličkog modela se vrlo dobro podudaraju sa osmotrenim podacima.

4. KORIŠTENJE, PODRŠKA I ODRŽAVANJE SISTEMA

Modularna struktura Sava FFWS sistema korisnicima omogućava da kroz jedinstven prognostički proces samostalno postavljaju elemente i kombinuju osmotrene podataka o padavinama i temperaturama zraka sa različitim izvorima NWP vremenskih prognoza za 3,5,7 i 10 dana unaprijed kao ulaznog podatka za hidrološki model i potrebe transformacije padavina u oticanje, a zatim propagaciju oticanja kroz hidraulički model u cilju izračunavanja vodostaja. Zbog broja NWP, hidroloških i hidrauličkih modela koji su dostupni, Sava FFWS je konfigurisan za potrebe provođenja više radnih procesa prognoze i analize spektra rezultata o prognoziranim vodostajima ili proticajima, a što korisnici u svakom trenutnku imaju mogućnost prilagođavati shodno potrebama. Prognozirani vodostaj ili proticaj, kao krajnji rezultat se u okviru automatiziranog procesa sistema upoređuje sa službenim referentim vrijednostima za proglašenja različitih stanja i aktivnosti odbrane od poplava, te u slučaju prekoračenja referentnih vrijednosti, Sava FFWS generiše upozorenje prognostičaru.
Nadležna prognostička služba dalje koristi ovu informaciju u cilju pripreme izvještaja u skladu sa službenim procedurama. Za potrebe pripreme izvještaja i proslijeđivanja upozorenja službama za upravljanje situacijama aktivne odbrane od poplava i/ili vanrednim situacijama, u okviru Sava FFWS su dostupne funkcionalnosti koje omogućuju proslijeđivanje upozorenja putem zasebne internet stranice, internet servisa, SMS-a, i sl. a sve s ciljem poduzimanja odgovarajućih akcija slijeđenjem službenih procedura. Sava FFWS kroz funkcionalnosti klijentske aplikacije korisnicima omogućava i provođenje raznovrsnih analiza kao što su asimilacija ulaznih podataka, analiza pouzdanosti, provođenje scenarija „what if“ i mnoge druge.



Slika 6. Sava FFWS – primjer prikaza rezultata pozdanosti prognoze

Efikasna podrška i održavanje ključni su za pravilno funkcioniranje i dostupnost Sava FFWS platforme i pridruženih sistema. Organizacije koje predstavljaju serverske lokacije Sava FFWS su odgovorne za obezbjeđivanje nesmetanog rada sistema. To znači da organizacije trebaju imati adekvatna interna iskustva i vještine kako bi mogle da organizuju i upravljaju sistemom. Iz tog razloga je u toku uspostave sistema velika pažnja posvećena prijenosu znanja i obukama na radu i održavanju kako bi se pokrile ove potrebe.

Načini funkcionisanja i uloge pojedinih učesnika u Sava FFWS sistemu su predlagani i dogovarani paralelno sa uspostavom sistema, kao sastavni dio izrade dokumenta o post projektnoj organizaciji. Upravo ovaj tehnički dokument, koji je izrađen kroz nekoliko radnih verzija i više puta detaljno razmatran od strane stručnih lica korisničkih organizacija, je naknadno poslužio državama i kod izrade Memoranduma o razumijevanju o saradnji na redovnom funkcionisanju i održavanju sistema.
Memorandumom su dogovorene uloge i odgovornosti serverskih i korisničkih organizacija sistema kao i trećih strana, sa procjenom troškova za aktivnosti na međunarodnom nivou, zatim zadaci i odgovornosti koordinacionih radnih tijela i upravnog odbora, te pravila i ograničenja u pristupu sistemu. S međunarodno-pravnog stajališta, prijedlog Memoranduma predstavlja međunarodni akt kojim se provode obaveze preuzete Protokolom o zaštiti od poplava uz Okvirni sporazum.

5. ZAKLJUČCI

- Sava FFWS je poseban regionalni prognostički sistem, uzimajući u obzir da sliv rijeke Save (97.700 km2) dijeli pet država: Bosna i Hercegovina, Slovenija, Crna Gora, Srbija i Hrvatska, a svaka država ima svoje modele, monitoring sisteme, sisteme prognoze, organe vodoprivrede, kao i interese.
- Sava FFWS predstavlja stručan alat koji pruža priliku prognostičarima u slivu rijeke Save potpuni uvid u podatke, informacije i ono što se u stvarnosti dešava u drugim zemljama, omogućavajući im da generišu hidrološke prognoze zasnovane na osmotrenim hidrološkim i meteorološkm podacima i numeričkoj vremenskoj prognozi.
- Sava FFWS kao efikasan sistem prognoze i upozorenja na poplave treba da premosti razlike i podrži saradnju u oblasti upravljanja vodama, zadržavajući sopstvenu autonomiju država u monitoringu, modeliranju i prognoziranju, ostajući pri tome otvoren za razvoj sopstvenih modela i dodatnih prognostičkih inicijativa.
- Sava FFWS je već ocijenjen kao dodatna vrijednost postojećim ili sistemima u razvoju, očekujući da bi zajednička prekogranična platforma sa dobro obučenim kadrom trebalo da pruži bolju pripremljenost i optimizirane mjere ublažavanja, kako bi značajno pomogao smanjenju posljedica poplava.
- Sava FFWS omogućuje bolje informisanje, pa se s pravom očekuje da će sistem doprinjeti da pet savskih država donose ispravne upravljačke odluke i implementiraju operativne mjere za sprječavanje i ublažavanje jakih poplava na osnovu pouzdanih prognoza o vodostajima i proticajima.

LITERATURA

[1] Okvirni sporazum o slivu rijeke Save (Službeni glasnik BiH, broj 8/03).

[2] Protokol o zaštiti od poplava uz Okvirni sporazum o slivu rijeke Save (Službeni glasnik BiH, broj 7/11).

[3] SK, Izvještaj o provođenju Okvirnog sporazuma o slivu rijeke Save i radu Međunarodne komisije za sliv rijeke Save za period 1. aprila 2018. - 30. juna 2019., Sekretarijat Savske komisije, Zagreb, 2019.

[4] K-JvH, Sistem za prognozu i upozorenje na poplave u slivu rijeke Save - Finalni izvještaj, Deltares, Delft, 2018.

[5] KH, K-JvH, IH, MA, SA, Sistem za prognozu i upozorenje na poplave u slivu rijeke Save - Post projektna organizacija, Deltares, Delft, 2018.

[6] BT, DZ, MS, Studija o poplavama u slivu rijeke Save: HEC-HMS Izvještaj sa tehničkom dokumentacijom, USACE i Sekretarijat Savske komisije, 2017.

[7] BT, DZ, MS, Studija o poplavama u slivu rijeke Save: HEC-RAS Izvještaj sa tehničkom dokumentacijom, USACE i Sekretarijat Savske komisije, 2018.

PRVI OPERATIVNI EVROPSKI SISTEM UPOZORENJA NA POPLAVE

EFAS - EUROPEAN FLOOD AWARENESS SYSTEM

Nino Rimac,dipl.ing
FHMZ, Bardakčije 12
nino.rimac@fhmzbih.gov.ba

Almir Bijedić,dipl.ing
FHMZ, Bardakčije 12
almir.bijedic@fhmzbih.gov.ba

Azra Babić, hm.teh
FHMZ, Bardakčije 12
azra.babic@fhmzbih.gov.ba

Sažetak: Platforma EFAS (EUROPEAN FLOOD AWARENESS SYSTEM) je prvi operativni evropski sistem za praćenje i predviđanje poplava, kroz hidrološku prognozu, kao podrška relevantnim državnim institucijama u cijeloj Evropi. Mada je razvoj počeo 1999. godine, sistem je počeo sa radom 2003. godine, a platforma je u potpunosti operativna od 2012. godine kao dio Copernicus Servisa za upravljanje u kriznim situacijama (EMS). EFAS sistem čini konzorcij više centara od kojih svaki ima svoje obaveze, sakupljanja i obrade hidroloških i meteoroloških podataka, te diseminacije relevantnih informacija hidrološke prognoze. EFAS svoju prognozu, obavijesti o mogućim poplavnim vodama šalje samo svojim partnerima, isključivo kao podršku u njihovim aktivnostima na hidrološkoj prognozi.

U radu je dat pregled aktivnosti na uključivanju FHMZ-a u sistem, uključujući tehničke aspekte na unaprijeđenju efikasnosti za FBiH

Ključne riječi: EFAS, prognoza, obavijesti

Abstract: The EFAS (EUROPEAN FLOOD AWARENESS SYSTEM) platform is the first operational European flood monitoring and forecasting system, through hydrological forecasting, as support to relevant state institutions across Europe. Although the development began in 1999, the system began its work in 2003 and the platform has been fully operational since 2012 as part of Copernicus Crisis Management Services (EMS). The EFAS system consists of a consortium of several centers, each with its own responsibilities, collecting and processing hydrological and meteorological data, and disseminating relevant hydrological forecast information. EFAS only sends information about possible flood waters to its partners, solely to support their hydrological forecast activities.

The paper provides an overview of activities to integrate FHMZ into the system, including technical aspects on improving efficiency for the FBiH.

Key words: EFAS, forecast, notification

UVOD

Predsjedništvo Bosne i Hercegovine je 24. 11. 2016. godine donijelo odluku gdje se odobrava pristupanje Bosne i Hercegovine (BiH) EFAS-u.
Nakon što su direktori Federalnog hidrometeorološkog zavoda Bosne i Hercegovine i Republičkog hidrometeorološkog zavoda Republike Srpske, u januaru 2017. godine potpisali Uslove za pristupanje Evropskom sistemu za rano upozorenje na poplave (EFAS), okončana je procedura pristupanja istih EFAS sistemu kao dviju partnerskih institucija iz BiH. Članstvo BiH u EFAS sistemu dogovoreno je na način da Federalni hidrometeorološki zavod BiH i Republički hidrometeorološki zavod RS budu partnerske institucije u EFAS sistemu, a Agencija za vodno područje rijeke Save, Agencija za vodno područje Jadranskog mora i JU Vode Srpske budu treće strane u EFAS sistemu. Obzirom da BiH jedina u regionu nije bila članica EFAS-a, sad je, praktično, cijela Evropa zvanično pokrivena ovim sistemom.
EFAS se kontinuirano razvija i nadograđuje u Zajedničkom centru za istraživanje (JRC) u od 2003. godine u bliskoj saradnji sa evropskim nacionalnim hidrološkim i meteorološkim službama i centrima (ECMWF, ERCC, DG ECHO). EFAS se razvio od prototipa istraživanja do vrhunskog sistema predviđanja poplava sa nekoliko pionirskih proizvoda, kao što su probabilističko predviđanje poplava i nove analize i metode komunikacije koje se koriste za tumačenje višestrukih prognoza.
Hidrološki model za EFAS je postavljen na 5x5 km2 i daje dva puta dnevno rano upozorenje o poplavama na dnevnoj i satnoj bazi. EFAS rezultati se zasnivaju na višestrukim vremenskim prognozama sa različitim prostornim i vremenskim rezolucijama, uključujući podatke iz različitih meteo servisa, determinističke i ansamblne proizvode, proizvode kratkoročnog, srednjeročnog i dugoročnog dometa. Trenutno uključuje DWD , ECMWF i COSMO produkte.
Većina EFAS informacija se zasniva na prekoračenju kritičnog nivoa vode, a ne na kvantitativnim prognozama. Samo na onim stanicama / profilima rijeke za koje nacionalni hidrometeorološki servis / partner dostavlja odgovarajuće podatke u realnom vremenu, EFAS daje kvantitativne prognoze proticaja koje mogu biti preuzete od strane partnera na zahtjev.
U najkraćem, trenutni status Bosne i Herecegovine u odnosu na EFAS je takav da ona jeste u sistemu (kroz navedene institucije) i može pratiti upozorenja i hidrološku prognozu izdatu kroz raspoložive alate. Za slivove rijeka u Federaciji BiH, u toku su aktivnosti na uspostavljanju protoka podataka u realnom vremenu prema EFAS-u za odabrane stanice, uključujući i obezbjeđenje relevantnih historijskih hidroloških i meteoroloških podatake. Nakon dokalibracije osnovnog hidološkog prognoznog modela (LISFLOOD), očekujemo da će se značajno povećati efikasnost EFAS produkata, odnosno praktična vrijednost upozorenja za vodotoke u Federaciji BiH.

1. TEHNIČKI ASPEKTI EFASA

Drugi BiH Kongres o vodama je posvećen evropskom putu BiH u oblasti voda, što koincidira sa temom ovog rada a to je uključivanje Institucija iz BiH (oblast voda) u evropski sistem hidrološke prognoze, kroz platformu EFAS.
Platforma EFAS (**European Flood Awareness System**) je prvi operativni evropski sistem za praćenje i predviđanje poplava, kroz hidrološku prognozu, u cijeloj Evropi. To je jedna složena, polivalentna platforma koja radi kontinuirano u ¨real time¨ vremenu i bit će prezentirana kroz ovaj rad. Razlog je njena operativnost u Federalnom hidrometeorološkom zavodu (jedan od Partnera u sistemu iz BiH), koristi se u svakodnevnom radu i, posebno, što se pokazala uspješnom. Dodatna prednost je stalni razvoj i unaprijeđenje EFAS platforme.
Federalni hidrometeorološki zavod nema zakonske nadležnosti za izdavanje hidrološke prognoze bilo kome, ali kao Partneri u sistemu EFAS redovno pratimo hidrološku prognozu i u slučaju naznake ekstremnih hidrometeoroloških uvjeta, rezultate, kroz Obavijesti, dostavljamo institucijama koje su zakonski nadležne i za hidrološku prognozu i za odbranu od poplava. To radimo, bitno je naglasiti, kao podršku tim institucijama u njihovim aktivnostima (obje Agencije za vode i Federalna Civilna zaštita). Od 2018 godine, ta je podrška prihvatana od strane odgovornih institucija, vjerovatno zbog uspješnosti obavijesti FHMZ-a. To će se prikazati na kraju ovog rada.
Sistem EFAS je u potpunosti decentralizovan, svaki podcentar (u raznim EU državama) ima svoje obaveze i zadatke, što će se detaljno prikazati u nastavku teksta. Ovdje je jako bitno navesti da EFAS, bez obzira na detaljan i polivalentan prikaz hidrološke prognoze i slanje raznih Obavijesti ka Partnerima, nema nikakvu odgovornost za svoju prognozu – odgovornost za hidrološku prognozu pripada samo ¨prognozerima na dužnosti¨ u instituciji – Partneru sistema.
Dakle EFAS platforma služi samo i samo kao pomoć (podrška) institucijama koje su u matičnim državama nadležne za hidrološku prognozu, naravno, kada postanu Partner sistema.

1.1. Osnovna struktura efas sistema

Kako je već nevedeno **EFAS** (European Flood Awareness System) je aktivan stalno u realnom vremenu, u više evropskih zemalja, sastoji se od 4 konzorcija gdje svaki ima svoju jasnu nadležnost i obaveze, kako slijedi:

- Evropski Centar za srednjoročnu vremensku prognozu - ECMWF, (UK) : produkuje vremensku

prognozu i domaćin platforme EFAS – informacijskog sistema.

- EFAS Centar za ¨širenje¨ (dissemination) informacija: Švedski hidrometeorološki institut (SMHI), Nizozemsko Ministarstvo infrastrukture i upravljanja vodama (Rijkswaterstaat) i Slovački hidrometeorološki institut (SHMU): analiza EFAS na dnevnoj osnovi i širenje informacija prema partnerima.
- EFAS Centar za prikupljanje i arhiviranje hidroloških podataka - REDIAM (Espana) i ELIMCO (Espana): prikuplja historijske podatke i podatke u realnom vremenu (protok i nivo vode), širom Evrope.
- EFAS Centar za prikupljanje i arhiviranje meteoroloških podataka - KISTERS AG i Deutscher Wetterdienst: prikuplja meteorološke historijske podatke i podatke u realnom vremenu, širom Evrope.

I Partner u sistemu EFAS (u ovom slučaju FHMZ) ima svoje obaveze a to je:

- Prikupljanje hidroloških parametara i slanje u EFAS za unaprijeđenje hidrološke prognoze (stalna aktivnost jer se i EFAS stalno razvija i unaprijeđuje).
- Automatsko slanje hidroloških parametara, vodostaji i protoci, u realnom vremenu, na 22 lokaliteta u FBiH.
- Slanje povratne informacije (¨feedback¨) u EFAS, nakon obavijesti EFAS-a i nakon što ¨događaj¨ završi. Na temelju poslatih ¨feedback-a¨ EFAS vrši korekcije i popravke sistema.

1.2. Temeljni modeli koje koristi EFAS

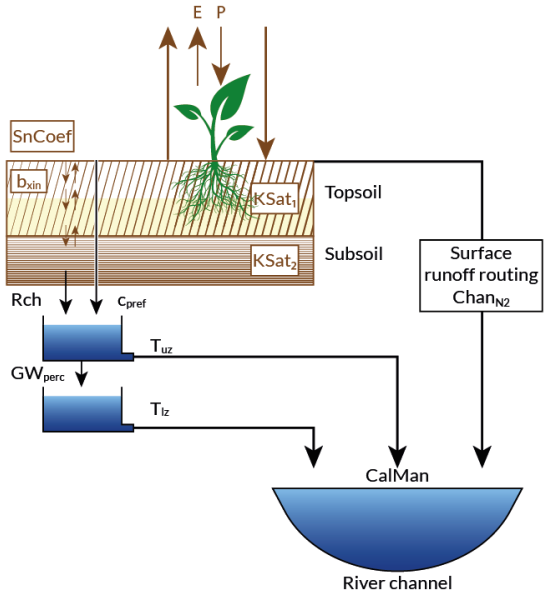
1.2.1 Metorološki modeli

Tabela 1: Meteorološki modeli koje se koriste u EFAS-u

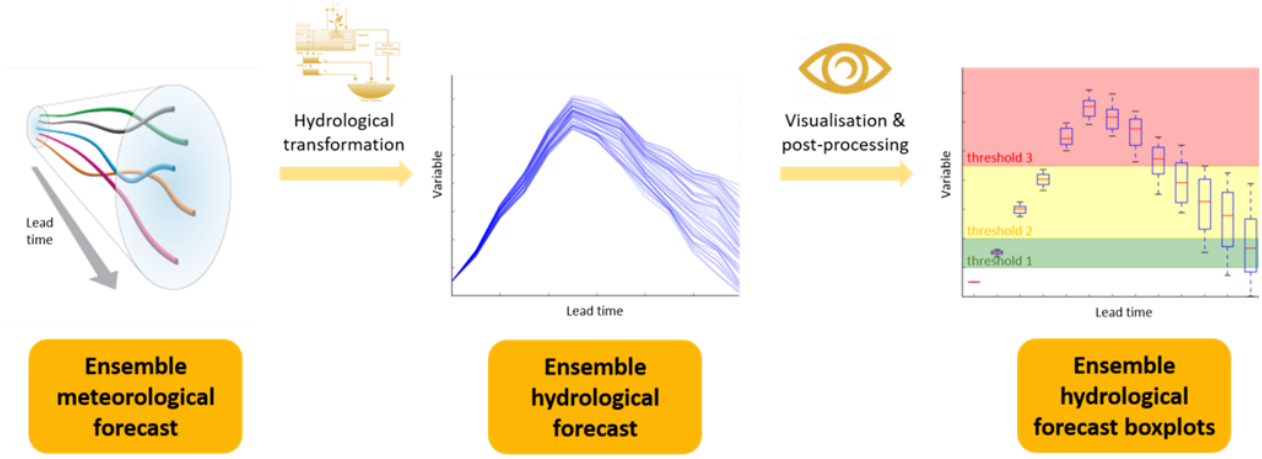
HIDROLOŠKA PROGNOZA	METEO PROGNOZA	Provajder	EFAS (naziv)	Maks. ¨lead time¨	Broj članova ansambla	Rezolucija modela
¨Flash flood¨ - ERIC	COSMO-LEPS		COSMO	5 dana	20	7 km
¨Flash flood¨ - ERICHA	OPERA - "nowcasting¨	UPC	OPERA	4 sata	1	2 km
MEDIUM RANGE (srednjoročna)	COSMO-EU	DWD	Det.DWD	3 dana	1	6,5 km
	ICON	DWD	Det.DWD	7 dana	1	13 km
	HRES	ECMWF	ECMWF - HRS	10 dana	1	9 km
	ENS	ECMWF	ECMWF - ENS	15 dana	51	18 km
Sezonska	SEAS5	ECMWF	SEAS5	5 sedmica	51	36 m

1.2.2 Hidrološki Model

Hidrološki model je samo pojednostavljena slika stvarnih dešavanja u slivu.
U EFAS-u se koristi distributivni LISFLOOD hidrološki model PADAVINE/OTJECAJ, ulaz u model je deterministička meteo prognoza ili ansambl prognoze.
LISFLOOD model je razvijen u Joint Research Center (JRC) Evropske komisije. Jedan od ciljeva je bio napraviti prostorno distribuiran model, koji će, barem u određenoj mjeri, biti fizički utemeljen, a koji će se moći koristiti u velikim riječnim bazenima koji se prostiru kroz više zemalja.
Bitan zahtjev koji je stavljen pred tvorce modela je i da se model može lako mijenjati i održavati.
U nastavku slijedi pojednostavljena shema LISFLOOD modela.



Slika 1: Pojednostavljena shema LISFLOOD modela



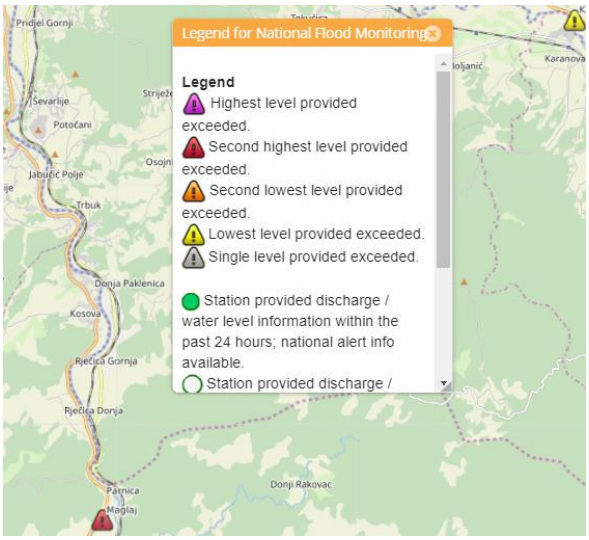
Slika 2: Shematski prikaz funkcije ,modela LISFLOOD u sistemu EFAS

1.3. Operativni rad sa EFAS – om

Cilj ovog rada je prezentovati i objasniti tehničke aspekte rada EFAS-a, i obzirom na složenost i obimnost sistema a kako bi to bilo što jasnije, odabran je slijedeći način prezentacije:
Pretpostavit ćemo da postoji naznaka ekstremnih hidrometeoroloških uvjeta u FBiH, i kroz rad ¨*prognozera na dužnosti*¨ pratiti rad sa EFAS-om i detaljno objasniti sve što je bitno, a što platforma nudi.
Dakle, kako je već navedeno, pri redovnom praćenju sistema, imamo naznaku pojave ekstremnih hidrometeoroloških uvjeta.

1.3.1. Prva naznaka mogućih dešavanja na slivu (u EFAS –u sa nazivom: ¨National flood monitoring¨)

U Federaciji BiH, ugrađena su u EFAS 22 lokaliteta, odnosno 22 hidrološke stanice koje rade u realnom vremenu. Hidrološke stanice su definirane sa 4 nivoa karakterističnih velikih voda, a ti nivoi su određeni u FHMZ u suradnji sa Agencijama za vode. Pojava ¨trokutića¨ (u raznim bojama) već sugeriše da se nešto dešava.

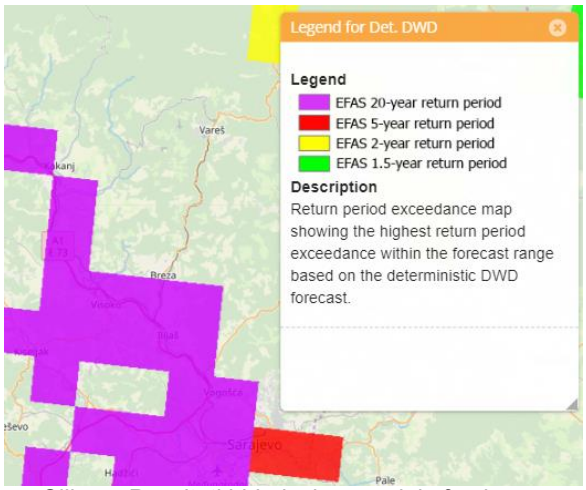


Slika 3: Prikaz legende za različite nivoe upozorenja

Na gornjoj slici se također može vidjeti da se na VS Maglaj, rijeka Bosna prevaziđen drugi najveći nivo VV, odnosno treći nivo VV, a na VS Karanovac, rijeka Spreča, žuti trokutic, prevaziđen najniži nivo vode što odgovara početku obaviještavanja, definiranom od strane Agencije za vodno područje sliva rijeke Save. Dalje, nakon ovih informacija, EFAS već, vjerovatno, produkuje hidrološku prognozu u slivu, na brojne načine.

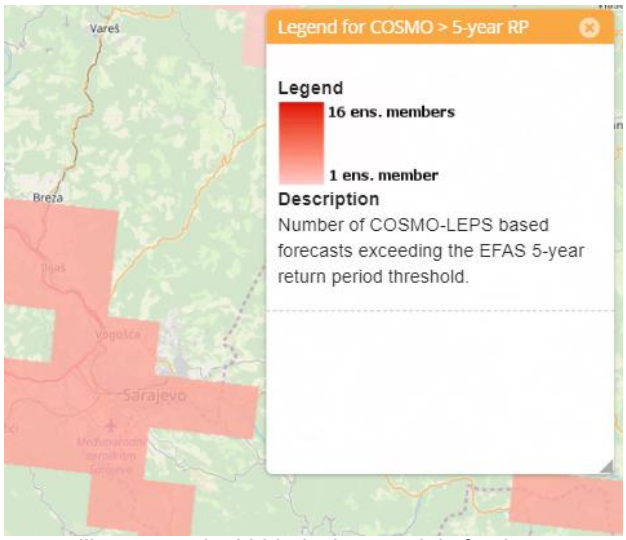
1.3.2. Hidrološka prognoza EFAS

Način prezentacije velikih voda: EFAS 1,5; 2; 5; 20 god. PP.



Slika 4: Rezultati hidrološkog modela forsiranog deterministčkim DWD meteorološkim modelom

Na gornjem prikazu je jedan od načina prezentacije rezultata hidrološke prognoze. Može se vidjeti šire područje Sarajeva gdje se prognozira prevazilaženje EFAS 20 god. PP, na temelju deterministčke DWD meteorološke prognoze.



Slika 5: Rezultati hidrološkog modela forsiranog probabilističkim COSMO-LEPS meteorološkim modelom

Na gornjem prikazu, također, šire područje Sarajeva za istu pojavu ali gdje se prognozira malo vjerovatno prevazilaženje EFAS 5 god. PP, na temelju ansambla COSMO-LEPS meteorološke prognoze.
Dakle, iz ovog primjera se može vidjeti sva složenost problematike rada sa hidrološkom prognozom. U ovom slučaju, kao i svakom drugom, odluku donosi ¨prognozer na dužnosti¨ u matičnoj instituciji (u ovom slučaju FHMZ).

Tabela 2: Prikaz EFAS-ovih povratnih perioda i njihovo značenje

EFAS POVRATNI PERIOD	OPISNO
1,5 godina PP	Ne očekuju se poplave
2 godina PP	Puna korita, moguća izljevanja
5 godina PP	Moguće značajnije poplave
20 godina PP	Moguće poplave sa teškim posljedicama

Tipovi hidrološke prognoze koju produkuje EFAS:

a) Srednjoročna prognoza (MEDIUM RANGE)
b) „Flash flood“ prognoza (ERIC i ERICHA „nowcasting“
c) Srednjoročna prognoza

Detaljnije:

a) Srednjoročna prognoza (MEDIUM RANGE)

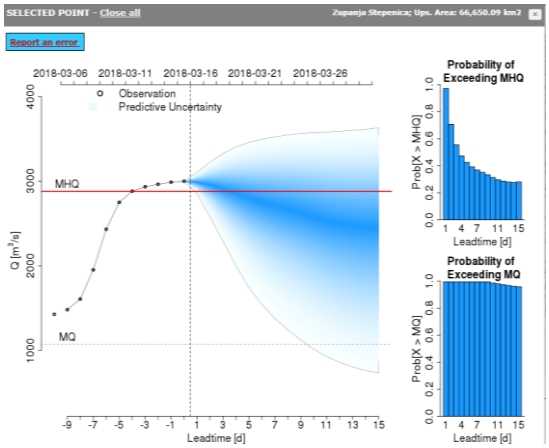
EFAS srednjoročne hidrološke prognoze (MEDIUM RANGE) daju pregled vjerovatnoće poplave u narednih 10 dana. Prognoze su urađene (kreirane)

usporedbom simulacija EFAS prognoze i razine praga poplave (EFAS pragovi). Razine praga poplave (1,5; 2; 5; 20 god.) se izračunavaju za svaku ćeliju rešetke, na temelju vremenskih serija protoka (Q), simuliranih operativnim hidrološkim modelom LISFLOOD iz osmotrenih meteoroloških podataka.

Dostupne su slijedeće kategorije (vrste) prognoze:

- Hidrogram u realnom vremenu (¨**Real time hydrograph**¨),

Ova vrsta hidrološke prognoze su u EFAS platformi predstavlja kao slijedeći dijagram:



Slika 6: Hidrogram na tačkama nacionalnog monitoringa

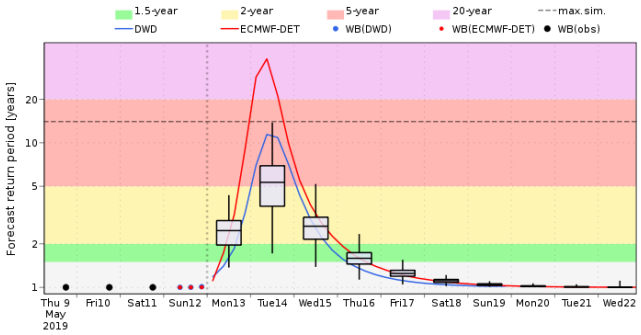
Gornji dijagram (hidrološka prognoza) je dostupan samo na lokalitetima hidroloških automatskih stanica (¨real time¨) i prikazuje vjerovatnoću prevazilaženja srednjeg maksimalnog protoka (MHQ), kao i vjerovatnoću prevazilaženja srednjeg godišnjeg protoka (MQ), unutar 15 dana. Vjerovanoća se izračunava na temelju naknadne obrade ESMWF-ENS EFAS prognoze i opaženog protoka.
Na žalost, ovaj dijagram (hidrološka prognoza) je za područje FBiH dostupan samo za rijeku Savu i to ¨preko¨ hidroloških stanica iz Republike Hrvatske. Obzirom na značaj ove hidrološke prognoze, da bi istu imali i na 22 lokaliteta (hidrološke stanice-real time) u FBiH, neophodno je pripremiti i dostaviti u EFAS na kalibraciju slijedeće: niz od minimalno 10 godina satnih vrijednosti protoka na VS (22 lokaliteta) i satne vrijednosti padavina i temperatura zraka za meteo stanice u slivu. Ta aktivnost se već jedno vrijeme provodi u FHMZ, po završetku će biti dostavljena u EFAS, a sve u cilju dobivanja vrlo značajne hidrološke prognoze - ¨Real time hydrograph¨.

- Izvještajne tačke (¨**Reporting points**¨)

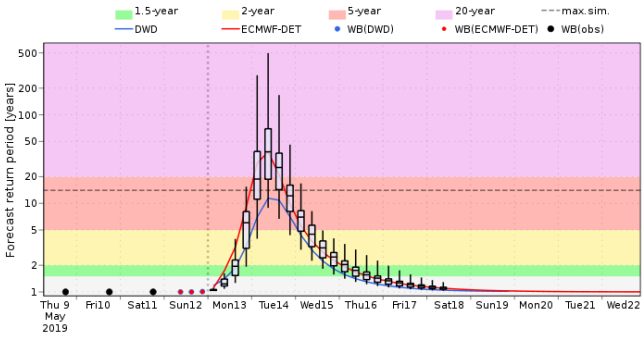
Ova vrsta hidrološke prognoze se u EFAS platformi predstavlja kao slijedeća slika:



Slika 7: Izvještajna tačka



Slika 8: ECMWF ens.

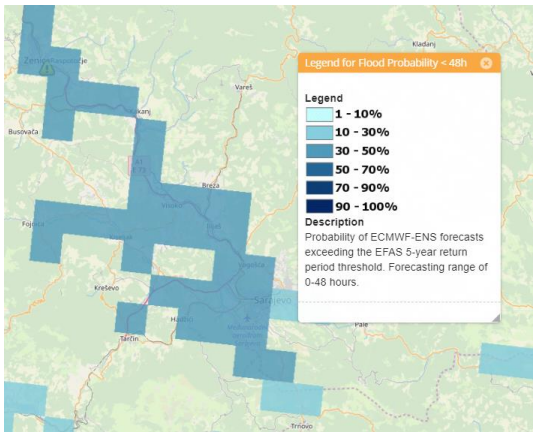


Slika 9: COSMO leps.

Istaknuta tačka na riječnoj mreži - ¨Reporting points¨, primjer je Slika 7, nizvodno od Sanskog Mosta na rijeci Sani), jer njihova vjerovatnoća prognoze poplava zadovoljava kriterijume izvještavanja (> 10%). Koriste se 2 praga (EFAS 2 god. PP i EFAS 5 god. PP).
Međutim, posmatrajući 2 gornja dijagrama, vidi se, ponovno, sva složenost problematike i odgovornost onog tko daje prognozu (¨prognozer na dužnosti¨) u ime instutucije. Dakle, meteo model ECMWF – ENS (51 član ansambla) daje vjerovatnoću prevazilaženja od 55% za EFAS 5 god. PP (Slika 8), dok meteo model COSMO-LEPS (20 članova ansambla) daje 100% vjerovatnoću prevazilaženja EFAS god. 5 god. PP (Slika 9).

Za EFAS 20 god. PP, razlike su još i veće (pretpostavljamo da je to jedan od razloga zašto EFAS sistem svu odgovornost za konačnu hidrološku prognozu ostavlja ¨prognozeru na dužnosti¨ u instituciji koja se u matičnoj državi bavi prognozom).

- Vjerovatnoća poplave (¨**Flood probability**¨)



Slika 10: Vjerovatnoća pojave poplave

Za ovaj tip hidrološke prognoze (treći) vrši se modeliranje ćelija riječne mreže gdje je vjerovatnoća prevazilaženja EFAS 5 god. PP unutar 48 sati (<48 sati), ili nakon 48 sati (> 48 sati). Vjerovatnoća se računa na temelju prognoze ECMWF – ENS. Na slici regija oko Sarajeva.

b) „Flash flood“ prognoza (ERIC i ERICHA¨nowcasting¨)

Za ¨flash flood¨ hidrološku prognozu EFAS pruža različite pokazatelje, a koji se temelje na 2, potpuno različita koncepta. To su koncepti nazvani ERIC i ERICHA.
ERIC ¨flash flood¨ hidrološka prognoza je stvorena od numeričke vremenske prognoze, visoke rezolucije, sa ¨lead time¨ do 120 sati (5 dana).
ERICHA ¨flash flood¨ hidrološka prognoza je temeljena na radarskom praćenju oborina a prognozira se naredna 4 sata (sistem radi kontinuirano, bez prekida). Praktično u slučaju ERICHA se radi o ¨nowcasting¨ prognozi na bazi evropskog OPERA radar sistema.

ERIC
U nastavku je prikazan shematski prikaz za ERIC prognozu.

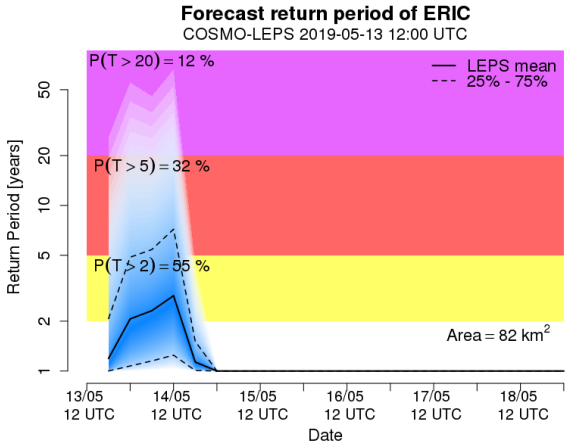


Slika 11: Shema

Analizira se otjecanje sa sliva do najnizvodnije tačke (najčešće ušće u veći vodotok), a temelji se na ansamblu od 20 članova COSMO-LEPS meteorološke prognoze, kao i vlažnosti tla iz hidrološkog modela LISFLOOD. Hidrološka prognoza se daje za narednih 5 dana a veličina sliva je manja od 2.000 km^2. Koriste se pragovi EFAS 2, 5 i 20 god. PP.



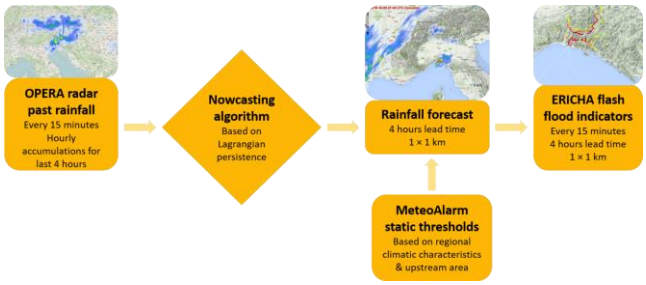
Slika 12: Izgled ERIC u platformi EFAS (Babina rijeka u Zenici)



Slika 13: Primjer dijagrama

Na gornja dva prikaza se vidi hidrološka prognoza ERIC za Babinu Rijeku u Zenici, i podatak da vjerovatnoća prevazilaženja praga EFAS 20 god. PP, iznosi 12% (broj članova ansambla COSMO-LEPS je 20). Vidi se i početak događaja kao i vrijeme pojave vrha mogućeg poplavnog vala.

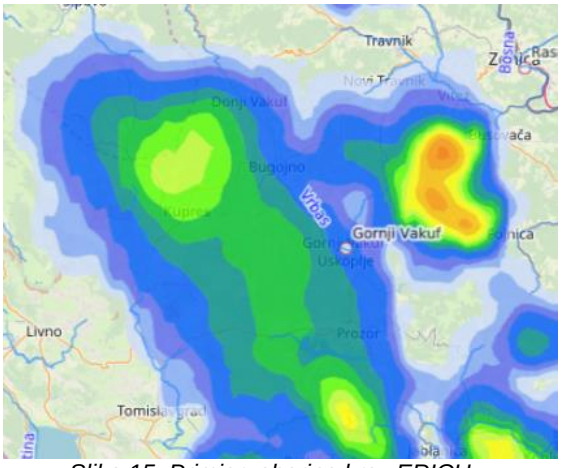
ERICHA (¨nowcasting¨)



Slika 14: Shema, ERICHA

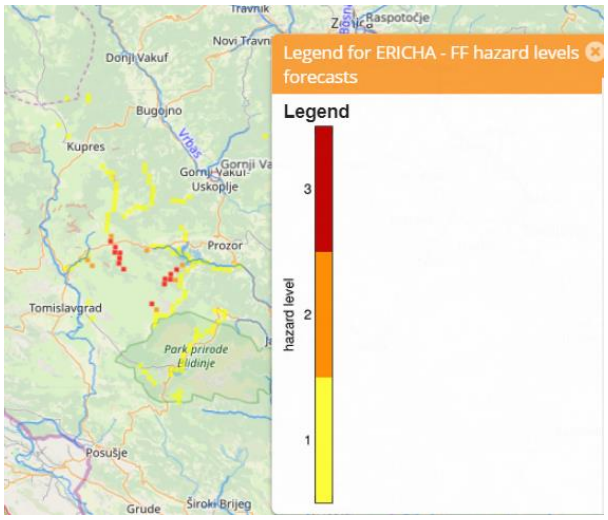
Cilj je registrirati vrlo lokalizirane događaje koji se ne mogu (ili je teško) predvidjeti iz numeričke vremenske prognoze. Najčešće se radi o konvektivnim oborinama jakog inteziteta na užem području, pa je i vrijeme prognoze padavina (kao i opasnosti) za naredna 4 sata.
Prognoza (ERICHA) se provodi i prikazuje kroz 2 nivoa:

- Pregled oborina iz radarskog sistema OPERA, stanje se ažurira svakih 15 minuta, a vidi se stanje 4 sata prije, ¨REAL TIME¨ i 4 sata unaprijed, primjer sliv Vrbasa i Cetine:



Slika 15: Primjer, oborine kroz ERICH-u

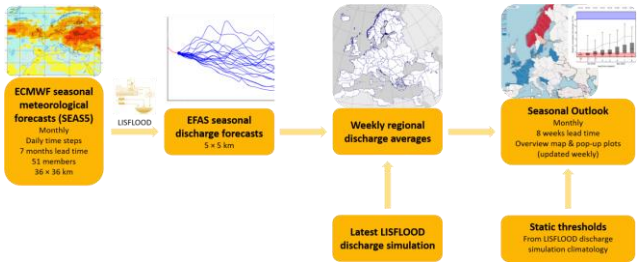
- Karte opasnosti na poplave (¨flash flood¨ hazard maps), prognoza 4 sata unaprijed, a pragovi se temelje na regionalnim klimatskim karakteristikama i uzvodnom području sliva (ažirira se svakih 15 minuta). Pragovi opasnosti su prezentirana kroz 3 nivoa (svaki nivo ima svoju boju – vidjeti shemu), primjer:



Slika 16: Primjer, hidrološka prognoza kroz ERICH-u

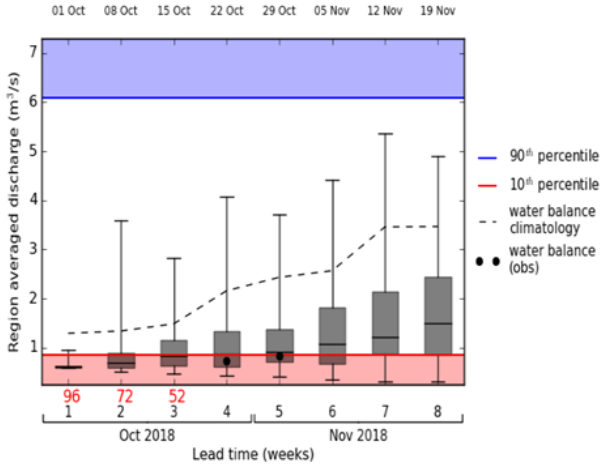
Dakle, ovdje se praktično radi o ¨nowcasting¨ hidrološkoj prognozi i, objektivno, trenutno nije moguće dati obavijest nadležnim institucijama koje bi to proslijedile na teren.

c) **Sezonska hidrološka prognoza**



Slika 17: Shema

Sezonska hidrološka prognoza se temelji na ECMWF meteo prognozi (51 član ansambla), ¨slabe¨ rezolucije, koja se nakon provlačenja kroz LISFLOOD pretvara u protoke i, u konačnici, dobijamo hidrološku prognozu za narednih 8 sedmica.



Slika 18: Grafička prezentacija sezonske prognoze

Ipak, u FHMZ-u nikada nije izvršena verifikacija ove prognoze, a na temelju saznanja sa redovnog godišnjeg skupa EFASA (2019 god.) – još niti jedna zemlja to nije uradila.

1.3.3. Tipovi „notifikacija“ koje EFAS šalje svojim partnerima

Nakon hidroloških prognoza, mogu se očekivati EFAS Obavijesti, kroz 3 različita nivoa. EFAS Obavijesti se šalju kroz platformu na lokaciju ugroženog područja i obavezno na e-mail osoba koje je odredila matična institucija.

Tipovi obavijesti:

EFAS Formal Flood Notification



Slika 19: Simbol formalne obavijesti

Formalna Obavijest EFAS-a daje vjerovatnoću prekoračenja kritičnih pragova (EFAS 5 i EFAS 20 god. PP) za poplavu, ako je prognozirano vrijeme događaja duže od 2 dana unaprijed (¨lead time¨ > 48 sati), a minimalna površina sliva uzvodno veća od 2.000 km^2. Također, da bi Obavijest bila poslana najmanje jedna deterministička hidrološka prognoza treba premašiti EFAS 5 god. PP.

Primjer:

EFAS Formal Flood Notification*

Country(ies): **BOSNIA AND HERZEGOVINA**
River(s): **Una (Danube)**
Predicted start of event: **Monday, 13th of May 2019 - 12:00**
Earliest predicted peak: **Tuesday, 14th of May 2019 - 12:00**
Probability to exceed a 5-year return period threshold: **63 %**
Probability to exceed a 20-year return period threshold: **33 %**
Forecast date: **2019-05-08 12 UTC**
Comment: -

This is the only notification you will receive for this event! Please follow the evolution of the event on EFAS.

EFAS FORECASTER ON DUTY

Katarína Matoková
Slovak Hydrometeorological Institute
tel: +421-2-59415110
email: katarina.matokova@shmu.sk

** Formal = previously known as EFAS Flood Alert, Informal = previously known as EFAS Flood Watch.*
The conditions for an EFAS Flood Notification of Type: Formal/Informal can be found here.

EFAS Informal Flood Notification



Slika 20: Simbol neformalne obavijesti

Neformalna Obavijest EFAS-a daje vjerovatnoću prekoračenja kritičnih pragova (EFAS 5 i EFAS 20 god. PP) za poplavu, ali nisu zadovoljeni formalni uvjeti, npr. ¨lead time¨ je < 48 sati, nije zadovoljena veličina sliva,.... .

Primjer:

EFAS Flood Notification - Type: Informal*

Country(ies): **Bosnia and Herzegovina**
River(s): **Trebisnica (Trebisnica basin)**
Predicted start of event: **Monday 13th of November 2017**
Earliest predicted peak: **Monday 13th of November 2017**
Probability to exceed a 5-year return period magnitude: **88%**
Probability to exceed a 20-year return period magnitude: **16%**
Forecast date: **2017-11-11 00 UTC**
Comment: This EFAS Flood Notification is only informal due to the large forecast uncertainty, the short forecast lead-time (< 48 hours) and the small affected drainage area.

This is the only notification you will receive for this event! Please follow the evolution of the event on EFAS.

EFAS forecaster on duty
Eva Kopáčiková, SHMÚ

EFAS Flash Flood Notification



Slika 20: Simbol flash flood obavijesti

EFAS Flash flood Obavijest se daje kada je vjerovatnoća prekoračenja za kritični prag EFAS 20

god. PP, iznosi više od 35%, a predviđeni početak događaja je < 72 sata.

Primjer:

EFAS Flash Flood Notification*

Country(ies): **BOSNIA AND HERZEGOVINA**
Region(s): **Federacija Bosna i Hercegovina, RepuplikaSrpska**
Earliest predicted peak: **Monday, 13th of May 2019 - 12:00**
Percent of affected area susceptible to landslides: **Very High: 3%, High: 48%, Moderate: 22%**
Forecast date: **2019-05-10 00 UTC**
Comment: -

This is the only notification you will receive for this event! Please follow the evolution of the event on EFAS.

EFAS FORECASTER ON DUTY

Michaela Mikuličková
Slovak Hydrometeorological Institute
tel: +421-2-59415106, +421-908-617372
email: michaela.mikulickova@shmu.sk

** indicating a high probability of extreme precipitation and potential flash flooding*

U praksi FHMZ-a, nakon primitka bilo koje od navedenih Obavijesti od strane EFAS-a, uz analizu drugih platformi i hidroloških modela kojima raspolaže FHMZ, i, naravno, nakon konsultancija se dežurnim sinoptičarem u zavodu – priprema se i šalje Obavijest FHMZ-a ka nadležnim institucijama (Agencije za vode u FBiH, i Civilnoj zaštiti FBiH).

1.3.4. Feedback (povratna informacija) ka EFAS-u nakon događaja

Nakon ¨događaja¨, kao zadnji segment u radu sa EFAS-om, FHMZ je kao Partner sistema, obavezan da napravi i dostavi ¨fedback¨ za *Formalnu obavijest EFAS-a* (povratnu informaciju nakon događaja, sa posljedicama), a za druge dvije Obavijesti može slati po želji. FHMZ je, do sada, pravio ¨feedback¨ za svaku obavijest. Razlog je što EFAS na temelju dostavljenog ¨feedback-a¨ radi na unaprijeđenju svog sistema.
Također, za FHMZ kao Partnera, za slanje Obavijesti je zadužen centar u Slovačkoj. Obavijesti se direktno mogu vidjeti u EFAS platformi, jasno pozicionirane, a stižu i na e-mail osoba koje je predložila Partner institucija.
Slanjem feedback-a za Obavijest koju smo dobili od EFAS-a zatvoren je krug prava i obaveza koje imamo kao partneri u sistemu.
Iz prikazane Obavijesti se može vidjeti da EFAS daje vjerovatnoću prevazilaženja odgovarajućih (EFAS-ovih) povratnih perioda, a partneri su u svom "feedback-u" dužni dati procjenu uspješnosti prognoziranog poplavnog događaja (koji PP je prevaziđen), odnosno onoga što se stvarno desilo i to dokumentirati fotografijama.



*Slika 21: Tuzla, April 2019. – **EFAS Q5***



*Slika 22: Općina Busovača, April 2019. – **EFAS Q20***

1.4. Uspješnost EFAS-a u praksi FHMZ-a

Uspješnost primjene EFAS sistema u operativnoj praksi FHMZ-a će biti data samo okvirno, na temelju Obavijesti FHMZ-a prema nadležnim institucijama za poplave.

Tabela 3: Obavijesti, 219. godina

Datum dešavanja	sliv	Obavijest FHMZ-a	Obavijest EFAS ka FHMZ	Posljedice
31.01. 2019	Save	DA	EFAS Flash flood notif. EFAS Formal notif.	Poplave EFAS Q5 i Q20 PP
04.04. 2019	J. mora	DA	EFAS Flash flood notif.	-
11.04. 2019	Save	DA	EFAS Flash flood notif.	EFAS Q1,5 PP
10.05. 2019	Save	DA	EFAS Flash flood notif. EFAS Formal notif.	Poplave EFAS Q5 i Q20 PP
01.06 2019	Save	DA	EFAS Flash flood notif.	Poplave EFAS Q5 i Q20 PP

Predjeli slivova koji su pod značajnim utjecajem karsta, kao i značajnim deterministčkim utjecajem na tečenje (u slučaju FBiH to je sliv Jadranskog mora), su bili i biti će veliki problem za EFAS prognozu. U toku su dodatne aktivnosti na poboljšanju ali su im neophodni i podaci iz Institucija, za područja gdje imaju te pojave.
Također, vidi se i učestalost EFAS Flash flood notifikacija u tretiranom periodu, što i ne čudi obzirom na brdsko-planinski karakter slivova vodotoka.

1.5. Dalji razvoj EFAS sistema

EFAS sistem se neprekidno razvija, unaprijeđuje se njegova tačnost, način prezentacije rezultata i uvode novi parametri. Sve novo se prezentira na godišnjoj konferenciji EFASA, gdje svaka od država Partnera može iznijeti i svoja iskustva ali i dati zamjerke na rad sistema. Konferencija se održava svake godine u jednoj od država koje formiraju EFAS sistem.
Tako je razvijena i platforma na klizišta, za koja EFAS također daje obavijesti kroz vjerovatnoću na 3 nivoa rizika (vidjeti u gore prezentiranim notifikacijama).
U toku je rekalibracija LIS FLOOD hidrološkog modela, očekuje se da će posao biti završen do juna 2020. godine.
Od ove godine EFAS podaci su dostupni u NETCDF i GRIB formatu svim Partnerima kroz Copernicus Climate Data Store i mogu se preuzeti sa stranice. Dostupna su dva seta podataka: istorijske simulacije i prognoze EFAS-a.

- Istorijske simulacije (rezultati LIS FLOOD modela, a ulaz su oborine i temperature zraka) su dostupne za razdoblje od 1991 – 2018. godine.
- EFAS-ove prognoze su operativne prognoze sa kašnjenjem od 30 dana.

Od novina koje nas očekuju u narednom periodu treba spomenuti SMUFF (Seamless probabilistic multi-source forecasting of heavy rainal hazards for European flood awereness) projekat. Očekivani rezultat projekta je skup alata i produkata koji će poboljšati prognozu rizika koji su posljedica intenzivnih oborina (bujične poplave, klizišta, gradske poplave...), visoke rezulucije, a „lead time“ je od 15 minuta do 5 dana. Projekat je proširenje dosadašnjih projekata HAREN, EDHIT I ERICHA, i po završetu će alati i produkti biti integrirani u EFAS platformu.

LITERATURA:

(1) https://www.efas.eu

UTJECAJ KLIMATSKIH PROMJENA NA BUDUĆE POPLAVE U BOSNI I HERCEGOVINI

THE CLIMATE CHANGE IMPACT ON FUTURE FLOOD EVENTS IN BOSNIA AND HERZEGOVINA

Aja Vinšalek, MA dipl.inž.građ.
Institut za hidrotehniku d.d. Sarajevo
aja.vinsalek@heis.ba

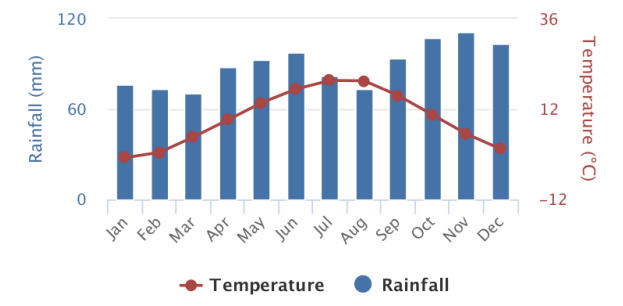
Namik Hadžimuratović, MA dipl.inž.građ.
Institut za hidrotehniku d.d. Sarajevo
namik.hadzimuratovic@heis.ba

Sažetak: Svrha ovog rada je procijeniti potencijalni utjecaj klimatskih promjena na opasnosti od poplava. Klimatske promjene su varijacije globalne ili regionalne klime tokom vremena. Bosna i Hercegvovina doživljava brojne ekstremne vremenske događaje koji dovode do poplava, suše i klizišta. Klimatske promjene takve događaje pogoršavaju. Ova studija pruža pregled postojećih znanja o klimatskim promjenama relevantnim za slivove rijeka u BiH. Postojeće studije sugerišu da su se između 1961. i 2010. godine prosjećne temperature povećavale. Također, zabilježena su značajna smanjenja mjesečnih oborina tijekom proljeća i ljeta u BIH, posebno u Hercegovini (-20%), dok je zabilježeno povećanje tokom jeseni, posebno u centralnoj i sjeverozapadnoj BiH. Ova se studija također odnosi na klimatske projekcije i klimatske promjene u BiH u razdoblju od 2011. do 2100. iz dva regionalna klimatska modela (NMMB; EBU-POM) i za tri klimatska scenarija. Također, uz pomoć 16 različitih klimatskih modela, dobijene su klimatske projekcije temperature unutar sliva rijeke Save. Pored toga, nalazi se godišnja i sezonska analiza oborina, razmatranje visokih i niskih proticaja u slivu rijeke Save, komentar o procjeni budućih oluja itd. U cilju procjene potencijalnog uticaja budućih kiša na poplave u BiH, korišten je postojeći HEC-HMS hidrološki model sliva rijeke Save, uključujući pritoke u BiH. Procjena utjecaja klimatskih promjena na 100-godišnje vršne proticaje (Q100) u slivima BiH zahtijevala je procjenu potencijalnih utjecaja klimatskih promjena na padavine (P100) na kišomjernim stanicama korištenim u HEC-HMS modelu. Kako bi se procijenio potencijalni utjecaj klimatskih promjena na opasnosti od poplava, provedeno je 1D hidraulično modeliranje pilot područja rijeke Bosne. Navedena dionica je 51,5 km rijeke Bosne od ušća rijeke Krivaje u blizini grada Zavidovića do grada Doboja. Cilj modeliranja bio je utvrditi koja su mjesta uz rijeku najosjetljivija na vode 100 godišnjeg povratnog perioda.

Abstract: The purpose of this study is to assess the potential impact of climate change on flood hazards Bosnia and Herzegovina traditionally have experienced numerous extreme weather events leading to floods, drought and landslides. Climate change is likely to make such events more frequent and/or worse. This Study provides the overview of existing knowledge about climate change relevant to the BiH river basins. Existing studies suggest that between 1961-2010 average observed temperatures increased across Bosnia and Herzegovina. Also, on a seasonal basis, significant reductions in monthly rainfall were found during spring and summer in central BiH, especially in Herzegovina (-20%), whereas increases were reported during autumn, especially in central and north-west BiH. Also, using an ensemble of 16 different climate models, there are climate projections of temperature within the Sava River Basin. In addition, there is annual and seasonal precipitation analysis, consideration of high and low flows in the Sava River Basin, comment on the assessment of future storms etc. To assess the potential impact of future storms on floods in BiH, an existing HEC-HMS hydrological model of the Sava River basin, including the tributaries in BiH, was used. The assessment of the climate change impacts on the 100-year peak discharges (Q100s) in the BiH catchments, necessitated the estimation of the potential climate change impacts on the design storms (P100s) on precipitation stations used in the HEC-HMS model. In order to assess the potential impact of climate change on flood hazards, 1D hydraulic modeling of a pilot section of the Bosna River was carried out. The pilot river section was 51.5 km of the Bosna River from the mouth of Krivaja River near Zavidovići town to the city of Doboj. The aim of the modeling was to identify which locations along the river are most vulnerable to future 100-year design discharges.

1. UVOD

U ovom poglavlju dat je pregled postojećih saznanja o klimatskim promjenama relevantnim za riječne slivove u BiH.
Klima u Bosni i Hercegovini varira od umjereno kontinentalne u sjevernim panonskim nizinama uz rijeku Savu, do alpske u centralnim planinskim područjima i mediteranske u priobalnom i nizinskom području Hercegovine. Oko 75% teritorija Bosne i Hercegovine nalazi se u prekograničnom području sliva rijeke Save (Svjetska meteorološka organizacija (WMO, 2012).
Centralna i južna područja Bosne i Hercegovine bilježe najtoplije prosječne temperature, zime s najvećom količinom padavina (od oktobra do januara) i najsušnije ljetne uvjete u junu i julu. Ova klima je pod uticajem Sredozemnog mora, uskog nizinskog priobalnog područja i središnje planinske topografije u unutrašnjosti. Nasuprot tome, sjevernim dijelom Bosne i Hercegovine dominira nizinska topografija omeđena kontinentalnim kopnenim masama, što rezultira umjerenijom klimom. Slika 1 prikazuje prosječnu mjesečnu srednju temperaturu (°C) i količinu padavina (mm) za period od 1901. do 2015. godine (Svjetska banka, 2017).



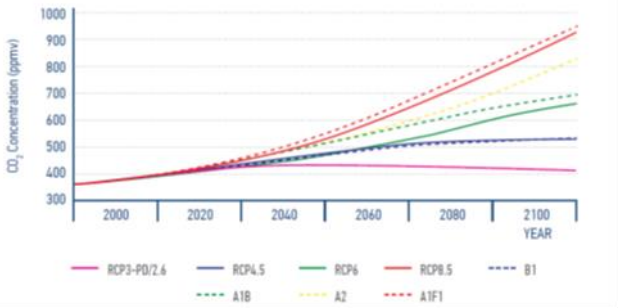
Slika 1: Prosječna mjesečna srednja temperatura i količina padavina (1901-2015)

2 DOSADAŠNJE STUDIJE O KLIMATSKIM PROMJENAMA U BiH

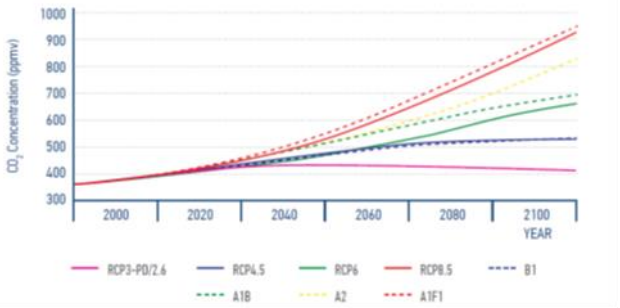
Postojeće studije pokazuju da su, u periodu od 1961. do 2010. godine, prosječne temperature porasle u cijeloj Bosni i Hercegovini (UNDP, 2013). Uz to, stopa porasta temperature se ubrzala tokom posljednjeg desetljeća (UNDP, 2013). UNDP (2013) navodi da je, u periodu od 1981. do 2010. godine, najveći porast prosječne ljetne temperature zabilježen u Hercegovini (Mostar 1,2°C) i u središnjim područjima (Sarajevo 0.8°C), dok je najveći porast u proljetnim i zimskim temperaturama zabilježen u sjevernim centralnim područjima (Banja Luka 0,7°C).
Najobilnije padavine u posljednjih 120 godina koje su zabilježene 14. i 19. maja 2014. godine dovele su do široko rasprostranjenih poplava u nizinama oko rijeke Save u Bosni i Hercegovini. Procjenjuje se da je 81 lokalna samouprava pretrpjela štete i gubitke, te nepovoljne uticaje na društvo i okoliš (RNA, 2014). UNDP (2013) je, također, utvrdio da se klimatska varijabilnost povećala od 1981. godine s rastućim trendom brzih promjena ekstremnih temperatura i intenzivnih kišnih događaja u trajanju od 5 do 20 dana. Broj dana s intenzivnim padavinama se povećao, a tokom proteklog desetljeća povećala se i učestalost i intenzitet suša u cijeloj Bosni i Hercegovini.

2.1. Klimatske projekcije

Treći nacionalni izvještaj (UNFCCC, 2016) predviđa buduće klimatske promjene u BiH u periodu od 2011. do 2100. godine na temelju dva regionalna klimatska modela (NMMB; EBU-POM) za tri klimatska scenarija, RCP8.5 iz IPCC AR5 (2014), te SRES A2 i SRES A1B iz IPCC AR4 (2007) (

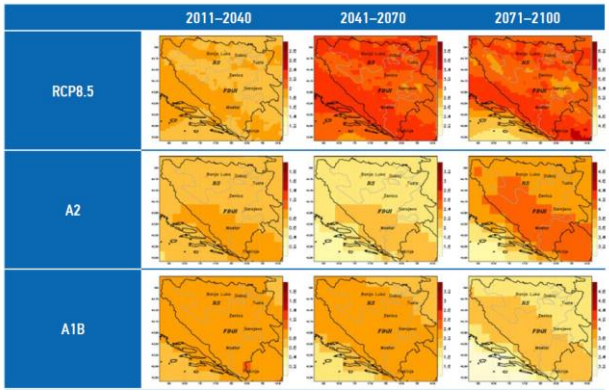


Slika *2*).



Slika 2: Koncentracije CO2 prema scenarijima SRES i RCP

Prema Trećem nacionalnom izvještaju, modelirane buduće promjene uključuju kontinuirano povećanje temperature u odnosu na period od 1970. do 2000. godine prema sva tri scenarija, npr. +1.6 do + 2°C tokom perioda od 2011. do 2040. godine i +5,4 do +5,6°C tokom perioda od 2071. do 2100. godine u okviru scenarija RCP 8.5. Povećanje temperature je najniže u scenariju A1B, npr. +1 do +1.2°C tokom perioda od 2011. do 2040. godine i +3,4 do +3,8 °C tokom perioda od 2071. do 2100. godine



Slika 3: Promjene buduće srednje godišnje temperature u odnosu na period od 1971. do 2000. godine

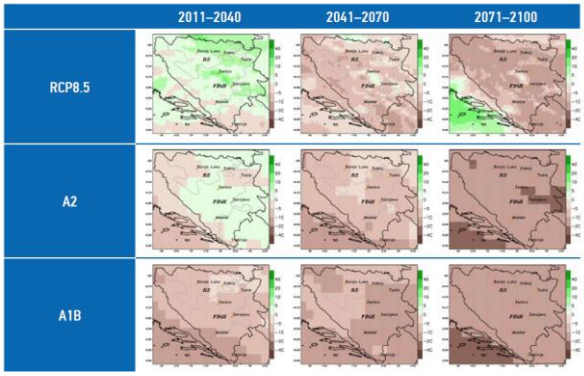
Opće je prihvaćeno da bi evropski ljetni toplinski val u 2003. godini mogao postati uobičajeni događaj do 2040tih (Stott et al., 2004;Christidis et al., 2015). Vrlo je vjerovatno (nivo pouzdanosti >90%) da je ljudski uticaj barem udvostručio rizik od visokih temperatura koje premašuju srednje ljetne temperature iz 2003. godine (Stott et al., 2004). Za Evropu, u okviru IPCC-a (2013), se s visokim nivoom pouzdanosti, navodi da će doći do značajnog povećanja ekstrema visokih temperatura. Primjenom skupa od 16 različitih klimatskih modela, Savska komisija (2014b) je izradila sistemski korigovane klimatske projekcije unutar sliva rijeke Save. Nalazi iz ove studije prikazani su u Tabeli 1.

Tabela 1: Projicirane promjene temperature (ºC) za sliv rijeke Save

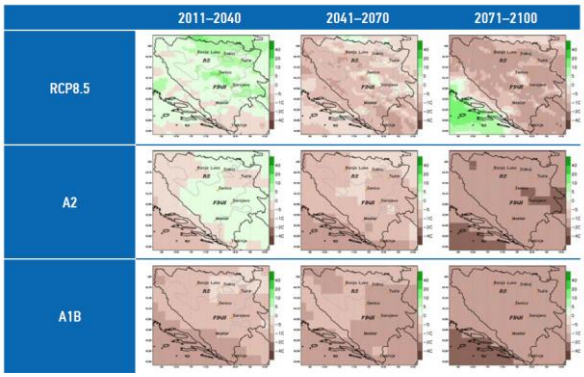
Godišnje doba	Period od 2071. do 2100. godine	Napomena
DJF	↑(<+4ºC)	Najveći porast u južnim područjima
MAM	↑(<+4ºC)	Najveći porast u južnim područjima
JJA	↑(<+5ºC)	Najveći porast u južnim područjima
SON	↑(<+3.5ºC)	Najveći porast u južnim područjima
Izvor: ISRBC (2014b)		

2.2. Godišnje i sezonske padavine

U okviru scenarija SRES A2, očekuje se da će godišnja količina padavina u središnjim dijelovima BiH porasti za +5% tokom perioda od 2011. do 2040. godine, ali će se u drugim područjima smanjiti za -5% (



Slika 4). Smanjenja se očekuju širom BiH nakon 2040. godine, odnosno -5% do -10% u periodu od 2041. do 2070, te -10% do -40% u periodu od 2071 do 2100. godine. Jesenske, zimske i proljetne padavine imat će anomalije slične godišnjim, odnosno, veće količine padavina u periodu od 2011. do 2041. godine, a zatim manje u periodu od 2041. do 2100., ali se očekuje da će ljeta biti sušnija tokom cijelog 21. stoljeća, posebno u periodu od 2071. do 2100. godine, sa smanjenjima većim od -40% u oko jednoj polovini BiH.



Slika 4: Promjena u budućim srednjim godišnjim padavinama u odnosu na period od 1971. do 2000. godine

Primjenom skupa od 16 različitih klimatskih modela, Savska komisija (ISRBC) (2014b) je pokazala da, općenito, sirovi GCM-ovi i Regionalni klimatski modeli (RCM) imaju tendenciju podcjenjivanja srednjih (dnevnih i sezonskih) padavina, posebno u područjima sa složenom topografijom (odnosno, središnjem planinskom području koje je pokretač lokalnih konvektivnih obrazaca padavina, naročito u ljetnim mjesecima). Primjenom modela sa sistemskom korekcijom, simulacije vrste padavina (kako dnevnih tako i sezonskih) u slivu rijeke Save općenito su poboljšane, osim u središnjem dijelu Bosne i Hercegovine. Uzrok tome bila je vjerovatno stacionarnost sistemske korekcije[1] i simulacije događaja konvektivnih padavina u ovim područjima

2.3. Događaji ekstremnih padavina

Uz trendove srednjih padavina, potrebno je uzeti u obzir i događaje obilnih padavina. Ovi događaji će vjerovatno povećati rizik od poplava doprinoseći dodatnim i često značajnim količinama vode tokom relativno kratkih vremenskih perioda.
IPCC (2013) navodi, s visokim nivoom pouzdanosti, da će doći do povećanja broja događaja obilnih padavina širom Evrope. Ovi događaji obilnih padavina nisu u stvarnosti obuhvaćeni postojećim klimatskim modelima i stoga je vjerovatno da će rizik od poplava biti podcijenjen. Savska komisija (ISRBC) (2014b) je izradila indekse koji su od pomoći pri opisivanju ekstremnih oborinskih događaja, uključujući 95. percentil dnevnih sezonskih padavina. **Error! Reference source not found.** daje sažetak za ovu konkretnu varijablu.

Tabela 2: Projicirane promjene temperature (ºC) za sliv rijeke Save

Godišnje doba	Period od 2071. do 2100. godine	Napomena
DJF	↑ (<+30%)	Najizraženiji porast u istočnim i sjevernim područjima
MAM	↑ (<+15%)	Najizraženiji porast u središnjim i sjevernim područjima
JJA	↑(<+10%)	Promjena je neizvjesna. Smanjenja u zapadnim područjima, dok se povećanja očekuju u istočnim područjima
SON	↑(<+30%)	Najizraženiji porast u istočnim i sjevernim područjima
Izvor: ISRBC (2014b)		

2.4. Niski i visoki protoci

Može se očekivati da će budući niski protoci u velikim pritokama Save, kao što su Una, Vrbas, Bosna i Drina u BiH, odražavati one u glavnom toku rijeke Save, s tim što se neki manji pod-slivovi mogu razlikovati, naročito tamo gdje su rezerve površinskih i podzemnih voda ograničene.
Rezultati visokih protoka (u slučajevima u kojima su krivulje trajanja protoka bile prekoračene u trajanju od 1% i 3%) ukazuju na to da se broj dana u kojima protoci prelaze 1% i 3% vjerovatno neće značajno promijeniti ni u bliskoj ni u dalekoj budućnosti (u prosjeku za manje od jednog dana). Prisutan je blagi porast broja dana u gornjem dijelu rijeke Save i blagi pad u donjim dijelovima. Ova promjena broja dana s visokim protocima je postepena u smjeru nizvodno. Međutim, Svjetska banka (2015) ističe da ovaj zaključak ne mora biti valjan, budući da je promjena vrlo mala i unutar granica nepouzdanosti rezultata hidro-klimatskog modeliranja.

2.4. Snijeg, mraz i led

Postoje ograničene studije o projekcijama mogućih uticaja klimatskih promjena na mraz i led. Međutim, općenito se pretpostavlja da će se broj dana s temperaturama ispod 0°C u budućnosti smanjivati u skladu s porastom zimskih temperatura. Svjetska banka (2015) navodi da će se prisutnost riječnog leda vjerovatno smanjiti usljed povećanja temperature zraka. Kao rezultat toga, zamrzavanje rijeka u zimskim mjesecima vjerovatno će se rjeđe javljati. Međutim, lokalna varijabilnost vjerovatno će biti odrednica stvaranja leda. U svjetlu prethodno navedenog, vjerovatno je da će se broj dana s ledom smanjiti u Bosni i Hercegovini.

2.5 Oluje i vjetar

Pouzdanost budućih promjena vjetrovitosti u Evropi je relativno niska (IPCC, 2013). U regionalnim klimatskim modelima je teško prikazati regionalne ekstremne vjetrove i nalete vjetra (Brown *et al*., 2008). Dokazi sugeriraju da je dugoročni signal vjetra mali u usporedbi s prirodnom varijabilnošću i da je nivo pouzdanosti u pogledu buduće vjetrovitosti nizak (Thornton, 2010č Przor i Barthelmie, 2010č McColl *et al*., 2012). IPCC (2013) ukazuje da može postojati mali trend smanjenja ekstremne brzine vjetra za južnu Europu, ali je nivo pouzdanosti za ovu projekciju nizak. Efekti promjena kiša i vjetra na rizik od poplava u Bosni i Hercegovini su stoga nejasni.

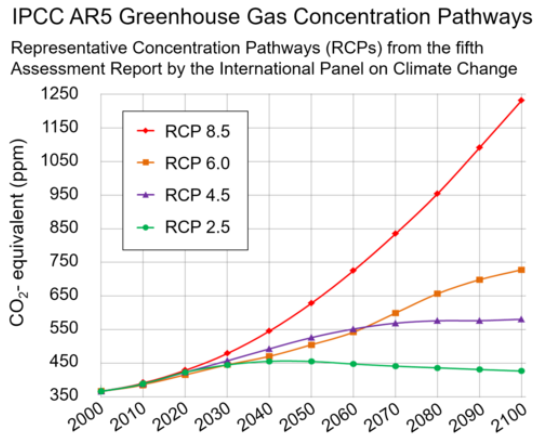
3 BUDUĆE I POVIJESNE PADAVINE U BiH

U ovom poglavlju razmatraju se rezultati *procjena budućih klimatskih uvjeta.* Provedena su dva glavna zadatka:

a) Izračun globalnih dnevnih prilagođenih projekcija (GDDP) prognoziranih budućih i prošlih vremenskih serija padavina na nivou riječnog sliva u BiH za period od 2006. do 2100. godine, odnosno za period od 1950. do 2005. godine
a) Konverzija vremenskih serija padavina na nivou prilagođenog sliva u vodotoke na odabranim lokalitetima primjenom postojećeg hidrološkog HEC-HMS modela, koji je obezbijedila Savska komisija (ISRBC).

3.1. Izračun globalnih dnevnih prilagođenih projekcija (GDDP)

NASA-in skup podataka za globalne dnevne prilagođene projekcije (NEX-GDDP) namijenjen je da pomogne znanstvenoj zajednici pri provođenju studija o uticajima klimatskih promjena na lokalnom i regionalnom nivou, te da poboljša razumijevanje javnosti o mogućim budućim globalnim klimatskim obrascima na prostornom obuhvatu pojedinih naseljenih mjesta, gradova i slivova.
Skup podataka sastoji se od prilagođenih scenarija klimatskih promjena izvedenih iz 21 globalnog klimatskog modela (GCM) (Prilog 1) koji se provode u okviru usporedbe kombinovanih klimatskih modela (engl. Coupled Model Inter-Comparison Project) (CMIP5) u okviru dvaju od četiri scenarija emisije stakleničkih plinova poznatih kao reprezentativne putanje koncentracije (RCP). RCP-ovi koje preporučuje IPPC5 prikazani su na Slika 5.



Slika 5: Koncentracije CO2 prema scenarijima RCP

3.2 Buduće dnevne padavine u riječnim slivovima u BiH

Za svaku od 42 projekcije (21 GCM i dva RCP), obrađene su dnevne količine padavina iz skupa podataka NEX-GDDP za svaku ćeliju mreže veličine 25x25 km u svakom većem riječnom slivu u BiH. Izvedene su prostorne prosječne vrijednosti za podatke o padavinama po ćelijama na svakom od riječnih slivova u BiH primjenom GIS alata za prostornu analizu u tri buduća 30-godišnja perioda, i to: od 2006. do 2035. godine, od 2036. do 2065. godine, te od 2066. do 2095. godine, kao i za 21 proračun prošlih događaja (engl. hincast) tokom perioda od 1950. do 2005. godine.

3.3 Buduće 100-godišnje dnevne padavine

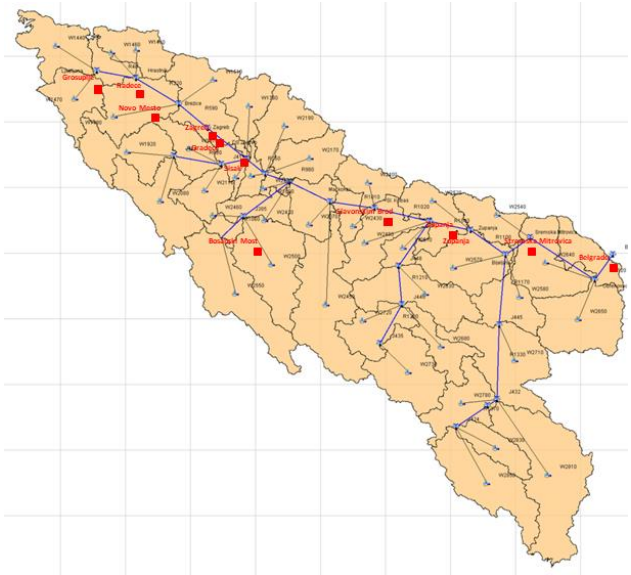
Iz svakog od 21 proračuna prošlih događaja, u svakom slivu izdvojeno je 56 vrijednosti (1950-2005) godišnjih maksimalnih dnevnih padavina (AMAX-P). EV1 (Gumbelova) raspodjela vjerovatnoće ugrađena je u svaki od 21 skupova podataka AMAX-P, a vrijednosti s vjerovatnoćom prekoračenja od 1% (100-godišnja dnevna količina padavina – P100) su izdvojene, odnosno 21 vrijednost P100 po slivu.
Sažetak 90., 75., 50., 25. i 10. percentila budućih vrijednosti P100, u odnosu na proračune prošlih događaja u periodu od 1950. do 2005. godine, iz 21 GCM, za tri 30-godišnja perioda i za dva RCP-a, u svakom glavnom riječnom slivu, prikazan je u Prilog 2.

3.4 Buduće dnevne padavine povratnog perioda 10, 25, 50 i 200 godina

Pored stogodišnjih računskih kiša koje su izvedene iz Gumbelove raspodjele vjerovatnoće prilagođenih budućih dnevnih padavina, izrađene su i procjene 10, 25, 50 i 200-godišnjih računskih kiša u svakom od slivova u BiH, kao i njihova usporedba sa proračunima prošlih događaja.

4 BUDUĆE POPLAVE U SLIVOVIMA U BIH

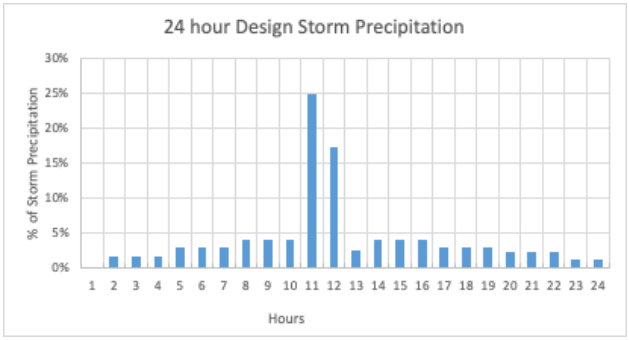
U cilju procjene potencijalnog uticaja budućih kiša na poplave u BiH, korišten je postojeći HEC-HMS hidrološki model sliva rijeke Save, uključujući pritoke u BiH. Nažalost, nisu bili dostupni odgovarajući modeli jadranskih slivova u BiH, te je stoga procjena budućih poplava bila moguća samo za pritoke rijeke Save u BiH, odnosno za rijeke Korana Glina, Jablanica, Una, manje rijeke koje se slijevaju direktno u rijeku Savu, te Vrbas, Bosnu i Drinu.
USACE je za Savsku komisiju 2010. godine izradio HEC-HMS model (ISRBC, 2011) kao preliminarni hidrološki alat za generiranje hidrografa poplava radi unosa u HEC-RAS hidraulički model nestacionarnog toka rijeke Save. Prvobitni unosi padavina u HEC-HMS model bile su povijesne bazne vrijednosti 100-godišnjih dnevnih kiša (P100s) na 12 kišnih stanica (Slika 6) koje su se uglavnom nalazile u poplavnom području glavnog toka rijeke Save ili u njegovoj blizini. U BiH se nalazi samo jedna od kišnih stanica (Bosanski Brod).



Slika 6: Kišne stanice u USACE-ovom HEC-HMS modelu sliva rijeke Save

4.1 100-godišnje računske kiše (P100)

100-godišnje dnevne računske kiše za svaki od 41 pod-sliva HEC-HMS modela rijeke Save izvedene su iz ponderiranih vrijednosti povijesnih 100-godišnjih kiša (P100s) na 12 kišnih stanica. Svaka vrijednost dnevnih kiša raspodijeljena je po satu u skladu sa američkim standardom za profil kišnih padavina Tipa 1. Ovaj profil je odabran budući da USACE-u nisu bili dostupni lokalni profili. Slika 7 prikazuje satni profil 100-godišnje računske kiše koji je korišten u ovom modelu. Preko 40% ukupne količine padavina nastaje u periodu od dva sata, od 11:00 do 13:00 sati.

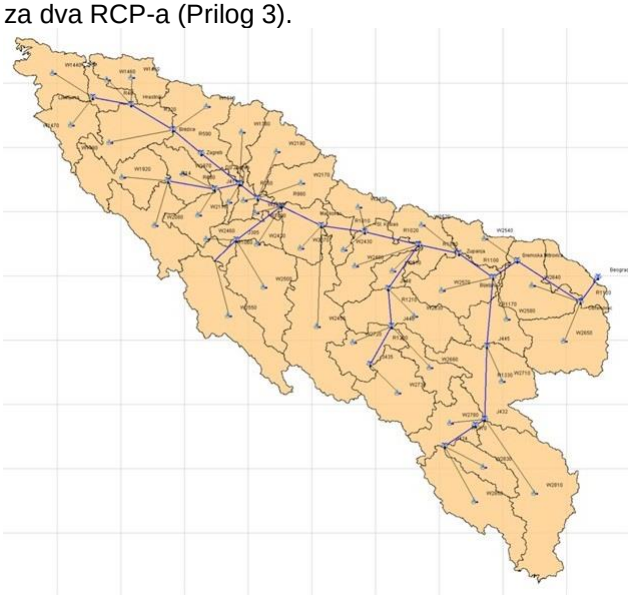


Slika 7: Profil 24-satne računske kiše

Za IPF5 projekat, procjena uticaja klimatskih promjena na 100-godišnje maksimalne protoke (Q100s) u slivovima u BiH, zahtijevala je procjenu potencijalnih uticaja klimatskih promjena na računske kiše (P100s) na 12 kišnih stanica korištenih u HEC-HMS modelu. U **Error! Reference source not found.** prikazana je tabela sa promjenama 25., 50. i 75. percentila za vrijednost P100 na 12 kišnih stanica kroz 21 GCM, dvije putanje emisije RCP 4.5 i 8.5, te tri 30-godišnja perioda, u 21. stoljeću.

4.2 100-godišnje računske poplave (Q100)

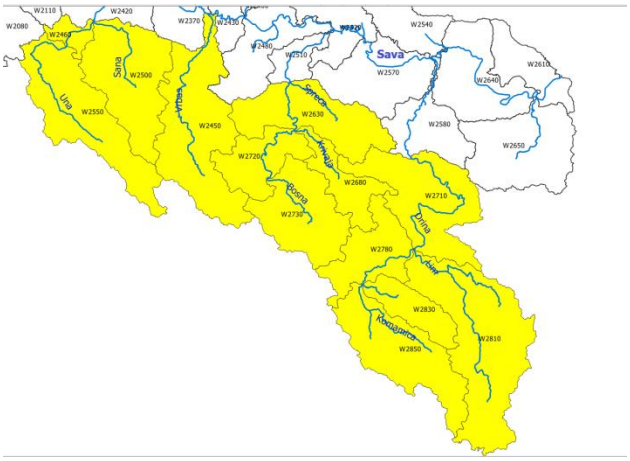
USACE je kalibrirao bazni HEC-HMS model u odnosu na 100-godišnje maksimalne protoke izvedene iz evidencije protoka na riječnim mjernim stanicama na glavnom toku rijeke Save, a ne na stanicama na pritokama kao što su rijeke Una, Vrbas, Bosna i Drina u BiH. Slijedom toga, maksimalni protoci izračunati modelom u pritokama ne moraju nužno odgovarati maksimalnim protocima izvedenim iz lokalnih hidroloških stanica. Stoga je bilo potrebno ponovno kalibrirati model kako bi adekvatnije predstavljao poplavne tokove u pritokama u BiH. Ovo je postignuto revidiranjem ulaznih parametara u svakom od HEC-HMS pod-slivova, od kojih su mnogi bili umjetno visoki u izvornom modelu, kako bi se prisilno izvela simulacija 100-godišnje poplave istovremeno na svim kontrolnim stanicama duž glavnog toka rijeke Save.
Slika 8 prikazuje slivove, pod-slivove i hidrološku mrežu baznih HEC-HMS modela. U okviru studije IPF5 projekta, testiran je bazni model za bazne 100-godišnje 24-satne računske kiše na 12 kišnih stanica, za koje je izrađen USACE bazni model, te za buduće računske kiše izvedene iz prilagođenih podataka o dnevnim padavinama na svakoj od 12 kišnih stanica, iz 21 GCM-a tokom tri buduća 30-godišnja perioda i za dva RCP-a (Prilog 3).



Slika 8: USACE-ov bazni HEC-HMS model sliva rijeke Save

Izračunati su 100-godišnji maksimalni protoci na 75., 50. i 25. percentilu generirani ponovno kalibriranim HEC-HMS modelom, uz primjenu baznih vrijednosti P100 USACE-a na 12 mjernih stanica te vrijednosti za svaki budući 30-godišnji period u okviru scenarija RCP 4.5 i RCP 8.5, u odabranim pod-slivovima

glavnih bh. rijeka u slivu rijeke Save (Slika 9). U Prilog 4 je dat tabelarni prikaz rezultata za 75. percentil i za dva scenarija emisija RCP 4.5 i RCP 8.5, dok su u nastavku ukratko opisana procentualne promjene 100-godišnjeg računskog proticaja i za ostale percentile.



Slika 9: Pod-slivovi odabrani za procjenu budućih poplava

Neminovno je da su projekcije budućih 100-godišnjih računskih poplava neprecizne zbog nepouzdanosti prilagođenih podataka o padavinama, planinskog terena većine riječnih slivova u BiH i aproksimacije svojstvene postojećem hidrološkom modelu sliva rijeke Save koji je bio dostupan za potrebe ove studije. Bez obzira na to, otkriveni su korisni opći trendovi.

Postoji značajan rizik, predstavljen 75. percentilima, da će doći do značajnog povećanja maksimalnih protoka tokom 21. stoljeća u nekim pod-slivovima od 11% do 19% u okviru scenarija RCP 4.5, te od 19% do 26% u okviru scenarija RCP 8.5. Međutim, 25. percentili pokazuju da je jednako moguće da će doći do smanjenja maksimalnih protoka od -17% do -7% u okviru scenarija RCP 4.5, te -8% do -2% u okviru scenarija RCP 8.5. 50. percentili ukazuju na to da će u okviru scenarija RCP 4.5 vjerovatno doći samo do malih povećanja (1% do 4%) maksimalnih protoka tokom 21. stoljeća, ali da će u okviru scenarija RCP 8.5 vjerovatno doći do značajnijeg porasta (3% do 12%).

Ova varijabilnost pod-sliva vjerovatno je više uzrokovana nepouzdanostima u metodologiji modeliranja nego inherentnom varijabilnošću budućih mikroklima. Varijabilnost pod-sliva se u određenoj mjeri može umanjiti uzimanjem u obzir prosječne promjene u slivu. U aktuelnom 30-godišnjem periodu (od 2006. do 2035. godine), 75. percentili ukazuju na promjenu u rasponu od +18% do +20% za Q100 na sva četiri sliva u okviru scenarija RCP 8.5, te promjenu u rasponu od +12% do +14% na slivovima rijeka Una, Vrbas i Bosna, ali i promjenu od samo +6% na slivu rijeke Drine u okviru scenarija RCP 4.5.

U narednom 30-godišnjem periodu (2036. do 2065. godine), promjene 75. percentila ukazuju na promjenu u rasponu od +17% do +21% za Q100 na sva četiri sliva u okviru scenarija RCP 8.5 i u rasponu od +11% do +16% u okviru scenarija RCP 4.5. U posljednjem 30-godišnjem periodu (od 2066. do 2095. godine), u okviru scenarija RCP 8.5, iskazane su promjene u rasponu od +28% do +29% na slivovima rijeka Una, Vrbas i Bosna, ali samo +23% na slivu rijeke Drine, prema scenariju RCP 4.5, promjene su u rasponu od +18% do +20% na sva četiri sliva.

Ukratko, na temelju prilagođenih vrijednosti 100-godišnjih dnevnih padavina iz 21 GCMa, hidrološki model pokazuje da gornja četvrtina (75. percentil) vrijednosti padavina generira povećanje od najmanje 23% prema scenariju RCP 8.5 i 18% prema scenariju RCP 4.5, u pogledu budućih 100-godišnjih maksimalnih proticaja u rijekama BiH u slivu rijeke Save do kraja 21. stoljeća. Polovina (50. percentil) vrijednosti padavina generira povećanja u rasponu od najmanje 9% do 17% prema scenariju RCP 8.5, te 18% prema scenariju RCP 4.5, do kraja 21. stoljeća.

5 POTENCIJALNI UTICAJ KLIMATSKIH PROMJENA NA OPASNOSTI OD POPLAVA

U okviru FHRM (Flood Hazard and Flood Risk Map Project in BIH) projekta provedeno je 1D hidrauličko modeliranje pilot područja rijeke Bosne, kako bi se procijenio potencijalni uticaj klimatskih promjena na opasnosti od poplava. Odabran je scenarij klimatskih promjena sa 17% povećanja računskih proticaja za Q100 na temelju povećanja 75. percentila za Q100 (14% tokom perioda od 2006. do 2056. godine, 16% tokom perioda od 2036. do 2065. godine, 19% tokom perioda od 2066. do 2095. godine) u slivu rijeke Bosne prema RCP 4.5.

Razlog za izbor ovog scenarija bio je taj što on predstavlja ilustrativan scenarij koji predviđa značajna povećanja računskih poplava, pri čemu je RCP 4.5 najvjerovatniji scenarij emisije s obzirom na rastuću međunarodnu zabrinutost u vezi s klimatskim promjenama, a 17% je reprezentativna vrijednost pojedinačnih projiciranih 30-godišnjih povećanja proticaja u slivu rijeke Bosne.

5.1 Hidraulički model

Odabrana je pilot dionica rijeke Bosne u dužini od 51,5 km od ušća rijeke Krivaje u blizini grada Zavidovići do grada Doboja. Tabela 3 prikazuje povijesne i buduće Q100 proticaje u odabranom scenariju klimatskih promjena, kao i vrijednosti proticaja iz maja 2014. godine na tri vodomjerne stanice, koji su korišteni kao ulazni podaci za hidraulički model.

Odabrano je pet područja za detaljnu analizu rezultata hidrauličkog modela i to: grad Doboj, naselje Šije, Općina Maglaj, naselje Bradići Donji i naselje Dolina.

Tabela 3: Ulazni proticaji za hidraulički model

Q100 (m3/s)	Q100 Klimatske promjene (m3/s)	Q maj2014 (m3/s)	Vodomjerne stanice
2479	2900	3498	VS Maglaj Poljice
2639	3087	3802	VS Usora
3195	3738	4831	VS Doboj

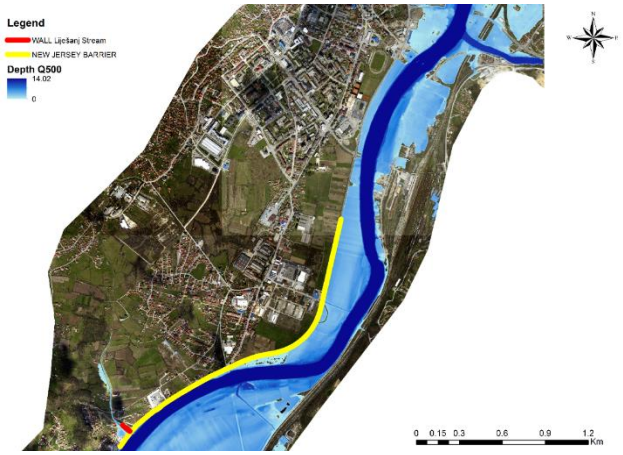
- *Lokacija 1: Grad Doboj*

Grad Doboj nalazi se u blizini ušća rijeke Spreče u rijeku Bosnu. Za vrijeme poplava 14. i 15. maja 2014. godine, centar grada je bio poplavljen, prilikom čega je većina zgrada bila potopljena do prvog sprata.

Nakon ovog poplavnog događaja, provedene su određene mjere kako bi se spriječilo buduće plavljenje grada Doboja. Zaštita od poplava je izgrađena na dvije lokacije (Slika 10):

- zid u dužini od 60 m na lijevoj obali Liješnja na ušću u rijeku Bosnu,
- New Jersez zaštitna barijera u dužini od 2.300 m na lijevoj obali rijeke Bosne, nizvodno od ušća potoka Liješanj u rijeku Bosnu.

Nove mjere zaštite od poplava su dizajnirane da zaštite grad Doboj od povijesnog Q500 proticaja. Modelirani dio vodotoka Bosne na Q500 povijesni proticaj, pored grada Doboja, je prikazan na narednoj slici (Slika 10), koja prikazuje da nove zaštitne mjere zaista i štite grad Doboj od poplava. S obzirom da je Q100 proticaj za scenariji klimatskih promjena (3738 m^3/s), neznatno manji od povijesnog Q500 proticaja na vodomjernoj stanici Doboj (3793 m^3/s), dolazi se do zaključka da Doboj nije ugrožen na buduće stogodišnje poplave.



Slika 10: Poplavni obuhvat za Q500 povijesni proticaj u Doboju

- *Lokacija 2: Naselje Šije*

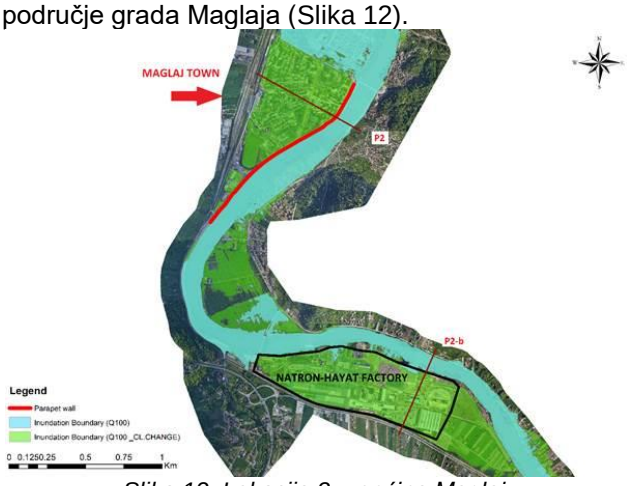
Naselje Šije je bilo poplavljeno 2014. godine i oko 40 kuća je bilo oštećeno. Proticaj Q100 za klimatski scenariji je oko 20 % manji od maksimalnog protoka za vrijeme poplava iz 2014. g. ali bez obzira na to i dalje je oko 40 kuća potencijalno ugroženo da bude poplavljeno (Slika 11).



Slika 11: Lokacija 2 – naselje Šije

- *Lokacija 3: Općina Maglaj*

Područje općine Maglaj uključuje dva važna ranjiva područja i to, područje fabrike Natron-Hayat i urbano područje grada Maglaja (Slika 12).



Slika 12: Lokacija 3 – općina Maglaj

- *Lokacija 4: Naselje Bradići Donji*

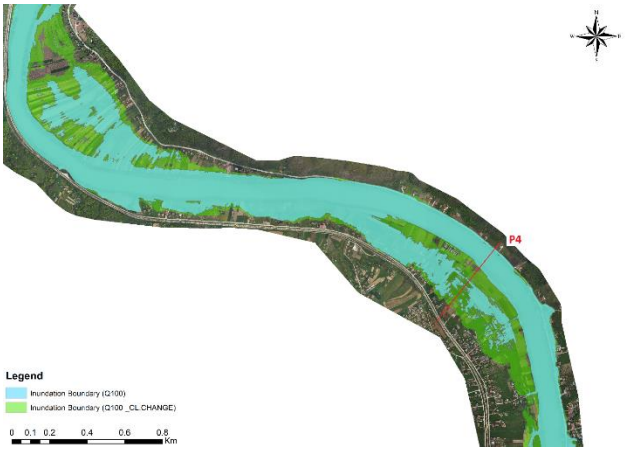
Bradići Donji je malo, slabo naseljeno područje, ali značajni dijelovi ugroženi su u scenariju klimatskih promjena (Slika 13).



Slika 13: Lokacija 4 – naselje Bradići Donji

- *Lokacija 5: Naselje Dolina*

Dolina je malo, slabo naseljeno područje, ali značajni dijelovi ugroženi su u scenariju klimatskih promjena (Slika 14).



Slika 14: Lokacija 5 – naselje Dolina

6 ZAKLJUČCI

Prethodne studije o klimatskim promjenama ukazuju da će u budućnosti biti viših prosječnih temperatura i obilnijih teških i/ili dužih regionalnih i lokaliziranih padavina u BiH. Ovo će vjerovatno dovesti do povećanja poplava. Aktuelna studija o klimatskim promjenama koju je proveo FHRM (Flood Hazard and Flood Risk Map Project in BIH) projekat koristeći javno dostupne podatke o padavinama i postojeći hidrološki model rijeke Save ide u prilog rezultatima prethodnih studija.

Na osnovu rezultata dobijenih na pilot dionici rijeke Bosne, može se zaključiti da bi revidiranje zaštite koju pružaju postojeće zaštitne mjere od poplava, posebno oko gradova i većih naselja, bilo opravdano.

LITERATURA:

(1) Investicijski okvir za Zapadni Balkan; Program podrške infrastrukturnim projektima, Tehnička pomoć 5 (IPF5); Projekat Mape opasnosti i mape rizika od poplava u Bosni i Hercegovini; **Radni dokument o klimatskim promjenama**, Juli 2019.

Prilog 1: 21 GCM u CMIP5

ACCESS1-0	CSIRO-MK3-6-0	MIROC-ESM
BCC-CSM1-1	GFDL-CM3	MIROC-ESM-CHEM
BNU-ESM	GFDL-ESM2G	MIROC5
CanESM2	GFDL-ESM2M	MPI-ESM-LR
CCSM4	INMCM4	MPI-ESM-MR
CESM1-BGC	IPSL-CM5A-LR	MRI-CGCM3
CNRM-CM5	IPSL-CM5A-MR	NorESM1-M

Prilog 2: Percentil modeliranih promjena u budućim vrijednostima P100 u odnosu na P100 proračun prošlih događaja (engl. hindcast)

Sliv	Percentili	RCP 4.5 2006-2035	RCP 4.5 2036-2065	RCP 4.5 2066-2095	RCP 8.5 2036-2065	RCP 8.5 2036-2065	RCP 8.5 2066-2095
Korana Glina	10.	-12%	-5%	-5%	-4%	3%	0%
	25.	-5%	-2%	3%	-1%	6%	9%
	50.	2%	6%	10%	5%	14%	17%
	75.	8%	16%	17%	13%	22%	29%
	90.	13%	23%	31%	20%	42%	44%
Una	10.	-10%	-14%	-7%	-9%	-5%	-2%
	25.	-4%	-7%	0%	-6%	-1%	4%
	50.	3%	3%	9%	3%	12%	17%
	75.	12%	8%	15%	12%	23%	28%
	90.	21%	23%	20%	29%	28%	44%
Jablanica	10.	-18%	-10%	-4%	-13%	-2%	-2%
	25.	-6%	-5%	0%	-5%	-1%	4%
	50.	-1%	3%	4%	2%	5%	14%
	75.	6%	10%	12%	14%	10%	18%
	90.	7%	18%	19%	24%	19%	30%
Vrbas	10.	-14%	-12%	-7%	-7%	-5%	-2%
	25.	-7%	-1%	-1%	-3%	2%	8%
	50.	3%	8%	6%	6%	6%	15%
	75.	16%	11%	11%	14%	15%	19%
	90.	20%	21%	18%	25%	20%	39%
Direktni slivovi Save	10.	-11%	-12%	-13%	-12%	-5%	-10%
	25.	-6%	-8%	-8%	-8%	-1%	-1%
	50.	0%	0%	3%	3%	4%	7%
	75.	10%	6%	8%	14%	10%	21%
	90.	14%	15%	19%	20%	14%	25%
Bosna	10.	-12%	-8%	-8%	-11%	-7%	-3%
	25.	-2%	-1%	-1%	-4%	-1%	2%
	50.	5%	5%	3%	3%	5%	11%
	75.	13%	10%	11%	12%	9%	21%
	90.	18%	14%	14%	19%	24%	29%

Drina	10.	-11%	-9%	-9%	-16%	-8%	-3%
	25.	-9%	-5%	-2%	-8%	2%	3%
	50.	-3%	-1%	7%	4%	4%	7%
	75.	9%	5%	16%	9%	11%	12%
	90.	12%	13%	19%	21%	22%	28%
75.	Max	16%	16%	21%	14%	23%	29%
	Srednja	11%	11%	14%	13%	15%	22%
	Min	6%	5%	8%	9%	9%	12%
50.	Max	9%	8%	12%	6%	14%	18%
	Srednja	3%	4%	7%	3%	7%	13%
	Min	-3%	-1%	3%	1%	4%	7%
25.	Max	0%	1%	3%	-1%	6%	10%
	Srednja	-4%	-3%	-1%	-5%	1%	5%
	Min	-9%	-8%	-8%	-8%	-1%	-1%

Prilog 3- Buduće vrijednosti P100 u odnosu na povijesni P100 na 12 kišnih stanica u slivu rijeke Save

25. percentil						
Stacionaža	RCP 4.5 2006-2035	RCP 4.5 2036-2065	RCP 4.5 2066-2095	RCP 8.5 2006-2035	RCP 8.5 2036-2065	RCP 8.5 2066-2095
Beograd	-11%	-8%	-4%	-5%	-2%	1%
Bosanski Brod	-9%	-12%	-5%	-7%	-1%	-4%
Gradec	-8%	1%	1%	-7%	6%	2%
Novo Mesto	-7%	-3%	1%	3%	3%	6%
Orosuplje	-9%	-4%	2%	3%	4%	10%
Radece	-6%	1%	1%	-6%	5%	2%
Sisak	-2%	-2%	-1%	-3%	4%	6%
Slavonski Brod	-15%	-8%	-2%	-7%	-5%	0%
Sremska Mitrovica	-9%	-7%	-4%	-9%	-5%	-5%
Zagreb	-8%	-1%	-2%	-1%	4%	5%
Županja	-7%	-6%	-2%	-7%	0%	-5%
Zuremberk	-10%	-4%	-2%	-5%	-8%	3%
50. percentil						
Stacionaža	RCP 4.5 2006-2035	RCP 4.5 2036-2065	RCP 4.5 2066-2095	RCP 8.5 2006-2035	RCP 8.5 2036-2065	RCP 8.5 2066-2095
Beograd	-5%	-4%	2%	1%	6%	7%
Bosanski Brod	-2%	-2%	2%	0%	4%	7%
Gradec	-1%	5%	7%	5%	14%	14%
Novo Mesto	2%	9%	4%	7%	11%	13%
Orosuplje	1%	4%	8%	11%	14%	18%
Radece	2%	4%	7%	2%	16%	12%
Sisak	3%	5%	7%	4%	13%	14%
Slavonski Brod	-4%	1%	8%	3%	-1%	14%
Sremska Mitrovica	1%	3%	-1%	5%	5%	3%
Zagreb	0%	6%	5%	5%	10%	14%
Županja	5%	-1%	4%	-1%	2%	7%
Zuremberk	-1%	0%	2%	2%	4%	12%
75. percentil						
Stacionaža	RCP 4.5 2006-2035	RCP 4.5 2036-2065	RCP 4.5 2066-2095	RCP 8.5 2006-2035	RCP 8.5 2036-2065	RCP 8.5 2066-2095
Beograd	2%	7%	13%	10%	19%	16%
Bosanski Brod	9%	7%	7%	13%	11%	24%
Gradec	10%	14%	18%	15%	28%	21%
Novo Mesto	8%	18%	15%	17%	30%	29%
Orosuplje	10%	10%	19%	21%	25%	22%
Radece	7%	15%	19%	13%	28%	21%
Sisak	13%	9%	18%	16%	19%	23%
Slavonski Brod	7%	8%	11%	12%	8%	19%
Sremska Mitrovica	5%	11%	12%	15%	15%	13%
Zagreb	8%	10%	14%	11%	23%	22%
Županja	12%	9%	11%	10%	11%	21%
Zuremberk	7%	4%	16%	9%	14%	21%

Prilog 4: Pregled budućih 100-godišnjih maksimalnih proticaja za pod-slivove u BiH na 75. percentilu za scenarije emisija štetnih gasova RCP 4.5 i RCP 8.5

Budući 100-godišnji maksimalni protoci na 75. percentilu za pod-slivove u BiH u okviru scenarija RCP 4.5

Rijeka	Pod-sliv	Površina km^2	100-godišnji maksimalni protok m^3/s				% promjene u odnosu na bazni[1] 100-godišnji maksimalni protok		
			Bazni[1]	2006-2035	2036-2065	2066-2095	2006-2035	2036-2065	2066-2095
Una	W2460	519	121.7	137.7	136.8	144.6	13%	12%	19%
	W2500	3790	935.5	1039.4	1050.1	1095.3	11%	12%	17%
	W2550	4155	977.0	1090.9	1101.8	1155.2	12%	13%	18%
Vrbas	W2450	5031	573.2	653.2	636.5	682.9	14%	11%	19%
Bosna	W2730	3104	597.2	689	695.8	711.9	15%	17%	19%
	W2720	1916	316.4	366.1	366.5	373.7	16%	16%	18%
	W2680	1536	772.6	848.5	899.3	932.4	10%	16%	21%
	W2630	3278	461.8	530.1	534.6	551.2	15%	16%	19%
Drina	W2810	5920	418.5	445	478.3	497.9	6%	14%	19%
	W2850	3667	795.7	846.1	909.4	946.7	6%	14%	19%
	W2830	1417	728.0	779.3	837.2	864.9	7%	15%	19%
	W2780	2227	1458.2	1547.2	1690.9	1767	6%	16%	21%
	W2710	4038	855.9	902.9	985.8	1039.6	5%	15%	21%
						Max	16%	17%	21%
						Min	5%	11%	17%
						Srednja	11%	14%	19%

Budući 100-godišnji maksimalni protoci na 75. percentilu za pod-slivove u BiH u okviru scenarija RCP 8.5

Rijeka	Pod-sliv	Površina km^2	100-godišnji maksimalni protok m^3/s				% promjene u odnosu na bazni[1] 100-godišnji maksimalni protok		
			Bazni[1]	2006-2035	2036-2065	2066-2095	2006-2035	2036-2065	2066-2095
Una	W2460	519	121.7	144.2	149.1	158.7	18%	23%	30%
	W2500	3790	935.5	1099.1	1111.6	1200.4	17%	19%	28%
	W2550	4155	977.0	1156.1	1183.7	1250.9	18%	21%	28%
Vrbas	W2450	5031	573.2	680.4	686	744.1	19%	20%	30%
Bosna	W2730	3104	597.2	718.3	721.8	769.9	20%	21%	29%
	W2720	1916	316.4	379	373.9	408.4	20%	18%	29%
	W2680	1536	772.6	933.1	968.5	974.3	21%	25%	26%
	W2630	3278	461.8	551.6	560.2	597.1	19%	21%	29%
Drina	W2810	5920	418.5	496.7	528.9	511.3	19%	26%	22%
	W2850	3667	795.7	944.4	1005.7	972.2	19%	26%	22%
	W2830	1417	728.0	869.8	916.9	886.6	19%	26%	22%
	W2780	2227	1458.2	1773	1863.6	1805.2	22%	28%	24%
	W2710	4038	855.9	1033.2	1099.8	1064.8	21%	28%	24%
						Max	22%	28%	30%
						Min	17%	18%	22%
						Srednja	19%	23%	26%

USPOSTAVA SISTEMA PREDVIĐANJA POPLAVA U REALNOM VREMENU ZA SLIV RIJEKE VRBAS U BOSNI I HERCEGOVINI

ESTABLISHING A REAL TIME FLOOD FORECASTING SYSTEM FOR THE VRBAS RIVER BASIN IN BOSNIA AND HERZEGOVINA

Draženka Kvesić, dipl.ing.
Proning DHI, Kučerina 5
Zagreb, Hrvatska
drazenka@proning-dhi.hr

Mr. Božidar Deduš, dipl.ing.
Proning DHI, Kučerina 5
Zagreb, Hrvatska
deda@proning-dhi.hr

Silvija Klapčić, mag.ing.aedif.
Proning DHI, Kučerina 5
Zagreb, Hrvatska
silvija@proning-dhi.hr

Sažetak: Glavna svrha projekta „Uspostava sistema predviđanja poplava u realnom vremenu za sliv rijeke Vrbas u Bosni i Hercegovini“ je razvijanje matematičkog modela koji će se koristiti za analizu mogućnosti uspostave operativnog prognostičkog sistema s ciljem razvijanja učinkovitije zaštite od poplava i smanjenja rizika od poplava promatranog područja. Operativni prognostički sustav temelji se na hidrološko-hidrodinamičkom modelu izrađenom u MIKE11 softverskom paketu. Ukupno je modelirano 230 km vodotoka. Operativni prognostički sustav daje novu prognozu vodostaja i protoka svakih sat vremena za sljedeća četiri dana na 15 prognostičkih lokacija. Ulazni podaci u sustav na temelju kojih se daje prognoza su prognoze meteoroloških modela ALADIN i ECMWF, te podaci u realnom vremenu s automatskih meteoroloških i hidrometrijskih postaja.

Ključne riječi: MIKE 11, operativni prognostički sustav, hidrološko-hidrodinamički model Vrbasa

Abstract: The main purpose of the project "Establishing a Real-Time Flood Forecasting System for the Vrbas River Basin in Bosnia and Herzegovina" is to develop a mathematical model that will be used to analyse the feasibility of establishing an operational forecasting system in order to develop more effective flood protection and reduce flood risk of flooding the area under observation. The operating forecasting system is based on the hydrologic-hydrodynamic model created in the MIKE11 software package. A total of 230 km of watercourse was modelled. The operating forecasting system provides a new forecast for water levels and flows every hour for the next four days at 15 forecast locations. The input to the forecasting system is the ALADIN and ECMWF meteorological model forecasts, as well as real-time data from automatic meteorological and hydrometric stations.

Key words: MIKE 11, operational forecasting system, Vrbas hydrologic-hydrodynamic model

UVOD

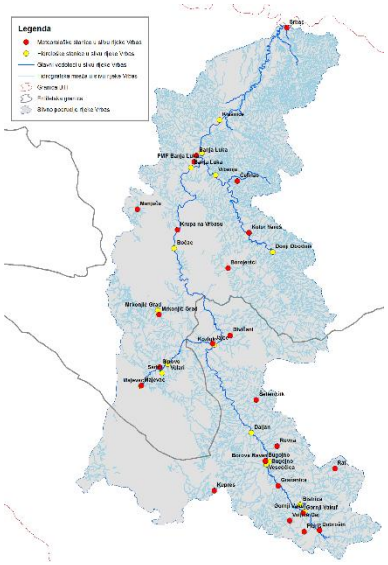
Uspostava sistema predviđanja poplava u realnom vremenu na slivu Vrbasa započela je u februaru 2018., a operativan je postao u septembru 2019. Naručitelj je UNDP, a korisnici su:

- Agencija za vodno područje rijeke Save iz Sarajeva
- JU Vode Srpske iz Bijeljine
- Republički hidrometeorološki zavod iz Banja Luke
- Federalni hidrometeorološki zavod iz Sarajeva.

Zajednicu izvršitelja uspostave sistema čine:

- Zavod za vodoprivredu d.d. Sarajevo – vodeći član
- Proning DHI d.o.o. – član
- Danski hidraulički institut – član.

Prostorni obuhvat ovog projekta je sliv rijeke Vrbas u Bosni i Hercegovini, s glavnim vodotokom rijekom Vrbas i njenim pritokama. Rijeka Vrbas je desna pritoka rijeke Save u koju se ulijeva kod Srpca. Dužina toka iznosi oko 235 km, a površina sliva je oko 6300 km^2. Glavne lijeve pritoke Vrbasa su: Pliva, Crna Rijeka i Krupa. Glavne desne pritoke su: Bistrica, Ugar, Svrakavka, Vrbanja, Turjanica i Povelič.



Slika 1 Sliv rijeke Vrbas s lokacijama mjernih stanica

Rijeka Vrbas drenira centralne dijelove sjevernih padina Dinarskog planinskog masiva. Sliv se pretežno može okarakterizirati kao planinski i brdsko-planinskim te u manjoj mjeri kao riječna ravnica. Geomorfološki tip reljefa je krški, čisto fluvijalni, fluvijalno-glacijalni, aluvijalni i erozivni. Najviša kota na slivu je 2110 m n.m., a prosječna nadmorska visina sliva je 690 m n.m. Prosječne godišnje temperature zraka ovise o nadmorskoj visini i kreću se od 8 - 10°C na jugu i 16 -17°C na sjeveru. Prosječna količina padavina na slivu je oko 800 mm godišnje na sjeveru te oko 1500 mm godišnje na jugu.

Osnovno polazište izradi ovoga projekta su prethodno izrađene dvije ključne aktivnosti koje su provedene kroz 2016. i 2017. godinu. Jedna od njih je projekt „Izrada mapa opasnosti i mapa rizika od poplava na slivu rijeke Vrbas“, tzv. 1. faza, kroz kojeg su razvijeni hidrološki i hidraulički modeli u programu MIKE, a koji su osnova za razvijanje prognostičkog modela i uspostavljanje sistema za prognoziranje poplava na slivu Vrbasa. Druga aktivnost je „Izrada sistema za predviđanje poplava u realnom vremenu na vodnom području rijeke Save u BiH“ – pilot projekt sliv Une u FBiH te Une i Sane u RS. Nakon što je izrađen Pilot projekt, stvorili su se uvjeti i mogućnost da se po istoj metodologiji uspostave sistemi prognoziranja i za druge slivove u BiH pa tako i za sliv Vrbasa.

Model Vrbasa napravljen u 1. fazi isključivo je jednodimenzionalni model (1D) te je potom za potrebe prognostičkog modela dorađen i poboljšan, izrađen kao jednodimenzionalni model korištenjem MIKE 11 softvera, s tim da su se inundacije modelirale primjenom kvazi-dvodimenzionalnog pristupa (Q2D). Prognostički model započinje na uzvodnom dijelu sliva rijeke Vrbas s ulazom dotoka sa sliva Gornji Vakuf i vodi do ušća Vrbasa u rijeku Savu gdje je smještena stanica za praćenje vodostaja.

Projekt je obuhvaćao rad na četiri cjeline:

- prikupljanje, pregled i verifikacija ulaznih podataka
- izrada, kalibracija i verifikacija hidrološko-hidrauličkog modela
- primijenjena obuka - radionice
- instalacija i testiranje operativnog prognostičkog sustava.

2. PRIKUPLJANJE, PREGLED I VERIFIKACIJA ULAZNIH PODATAKA

U sklopu pregleda i verifikacije, te obrade podataka, obrađeni su i verificirani svi primljeni podaci (geografski, hidrološki, geodetski, podaci o hidroelektranama, meteorološki modeli, hidraulički modeli i dr.) za cjelokupno područje obuhvata.

Prikupljeni su dostupni podaci o padavinama, temperaturi, visini snijega, evapotranspiraciji, vjetru, relativnoj vlažnosti, s meteoroloških stanica: Borova Ravan, Dobrošin, Pidriš, Kupres, Voljice Gaj, Gračanica, Rat, Rovna, Šeherdžik, Divičani, G. Vakuf, Jajce, Bugojno, Borojevići, Kotor Varoš, Manjača, Banja Luka, Mrkonjić Grad, Šipovo, Srbac, Čelinac, Majevac i Krupa na Vrbasu.

Dostupni podaci o vodostajima, protocima, Q-h linijama su prikupljeni sa satnim, polusatnim ili dnevnim zapisom s hidroloških stanica: Gornji Vakuf, Daljan, Kozluk, Veseočica, Bistrica, Bugojno, Bočac, Banja Luka, Delibašino Selo, Klašnice, Volari, Majevac, Sarići, Mrkonjić Grad, Vrbanja i Donji Obodnik.

3. IZRADA, KALIBRACIJA I VERIFIKACIJA HIDROLOŠKO-HIDRAULIČKOG MODELA

U sklopu ove aktivnosti izrađen je prognostički model, koji je potom kalibriran i verificiran. Prognostički model se sastoji od tri komponente: hidrološkog modela, hidrauličkog modela i asimilacije podataka.

3.1. Hidrološki model

Jedan od hidroloških modela u MIKE softveru je NAM model i on je korišten za modeliranje procesa oborina – otjecanje na slivovima.

NAM je deterministički, poli-distribuirani konceptualni hidrološki model, koji se korist za proračun sadržaja vode u (do) četiri različite zone:

1. Snježni pokrivač
2. Površinska zona
3. Niža zona ili zona zakorjenjivanja
4. Zona podzemne vode.

Hidrološki modeli predstavljaju pojednostavljen prikaz hidrološkog ciklusa odnosno ciklusa kruženja vode u prirodi. Primarno se koriste za predviđanje i razumijevanje hidroloških procesa. Osnovni zadatak hidroloških analiza je stvaranje povijesnih i trenutnih krivulja protoka za postojeće automatske hidrološke stanice na slivnom području rijeke Vrbas, definiranje vodnih bilansa (prostorna i vremenska raspodjela toka u slivovima) za odabrane godine na temelju stvorenih krivulja protoka; i proračuna vjerojatnosti pojave velikih voda (protoka i vodostaja) različitih ponavljajućih razdoblja za pojedine hidrološke stanice.

Da bi se odabrao odgovarajući model i odredile vrijednosti njegovih parametara, koriste se podaci o ulazima i izlazima hidrološkog sistema, kao i podaci o procesnim parametrima sliva.

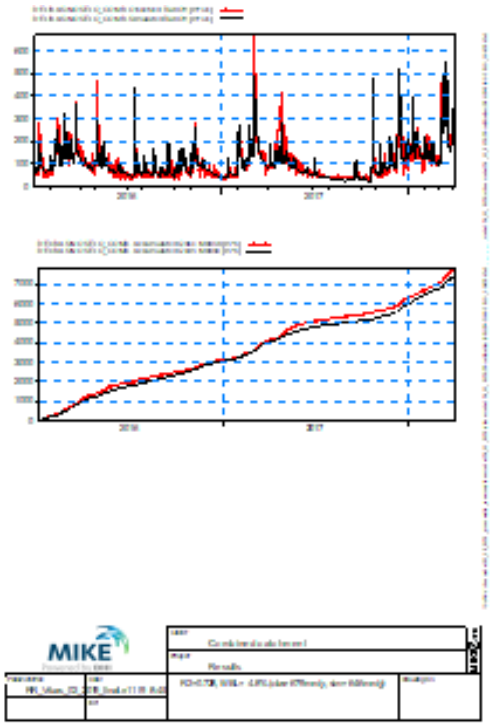
Hidrološki model obuhvaća 23 podsliva, a kalibracija i verifikacije modela je provedena za period 2016., 2017. i dio 2018. godine (do travnja).



Slika 3-1 Prikaz slivnih površina

Za opću ocjenu o kalibraciji modela primijenjene su grafičke i numeričke mjere. Grafička procjena uključuje pregled kalibracijskih prikaza (plots), a numeričke procjene uključuju ukupnu bilancu vode (WBL), te ukupni oblik hidrograma na temelju koeficijenta determinacije R2.

Kao primjer rezultata hidrološkog modela za stanicu Delibašino Selo može se pogledati slijedeća slika.



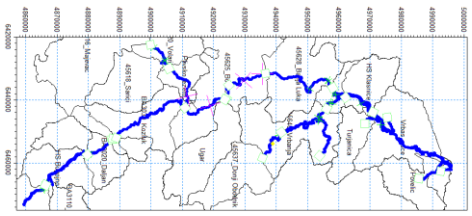
Slika 0-1 Rezultati kalibracije proticaja za podsliv Delibašino Selo (kombinirani) za 2016. i 2017. i dio 2018. (do travnja)

3.2. Hidrodinamički model

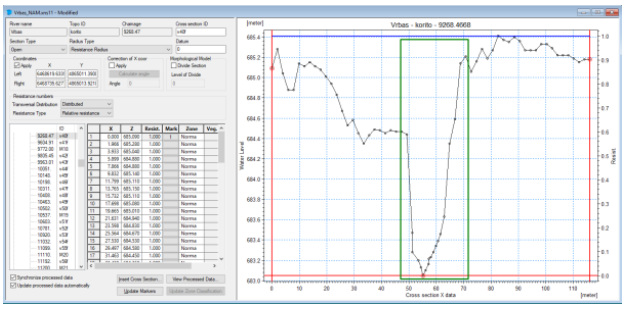
Proces izrade 1D hidrauličkog modela na slivu rijeke Vrbas korištenjem softverskog paketa MIKE može se podijeliti u nekoliko koraka:

1. Izrada mreže modela (Network)
2. Unošenje poprečnih presjeka (Cross-Sections)
3. Određivanje rubnih uvjeta (Boundary data)
4. Određivanje hidrodinamičkih parametara (HD parameters)

Navedene stavke unose se u MIKE kao ulazni podaci potrebni za pokretanje simulacije.



Slika 0-2 Prikaz mreže Q2D modela Vrbas



Slika 0-3 Primjer izgleda poprečnog presjeka na rijeci Vrbas (unutar zelenog područja su točke snimljene geodetskim snimkom, a izvan su preuzete iz Lidar snimke)

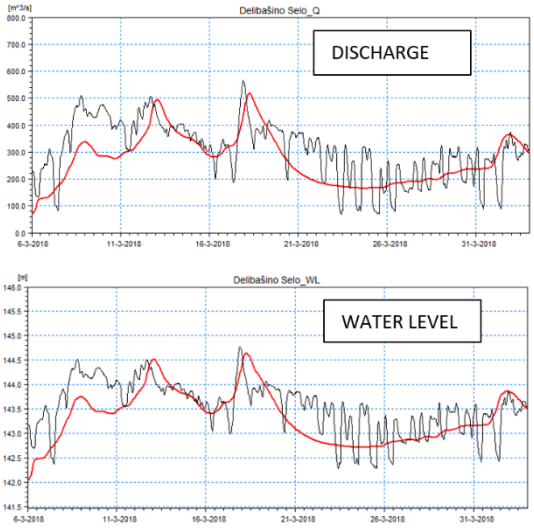


Slika 0-4 Prikaz poprečnih presjeka na rijeci Vrbas

Jedan od glavnih ciljeva izrade hidrauličkog modela je osigurati mogućnost dobivanja pouzdanog odnosa između protoka i vodostaja za njihove različite varijabilne pojave, a sve u svrhu analiziranja različitih događaja: povijesnih, prognoziranih ili projektnih.

Bez obzira u koju svrhu će se hidraulički model koristiti on mora biti kalibriran, što se postiže podešavanjem koeficijenata hrapavosti i shematizacijom modela, a sve s namjerom da se postigne zadovoljavajuća usklađenost između simulirane i izmjerene razine vode na lokacijama hidroloških postaja ili nekih drugih kontrolnih lokacija.

Kalibracija modela se prvenstveno provodi na realnim povijesno zabilježenim događajima, te se potom provodi verifikacija na drugom setu povijesnih događaja. Budući da je dostupni hidrološki NAM model setapiran i kalibriran za period od 2016.-2018. godine (završno travanj 2018.), kalibracija hidrauličkog modela se provodi na vodnim valovima iz tog perioda.



Slika 0-5 Prikaz rezultata kalibracije za protok i vodostaj na HS Delibašino Selo

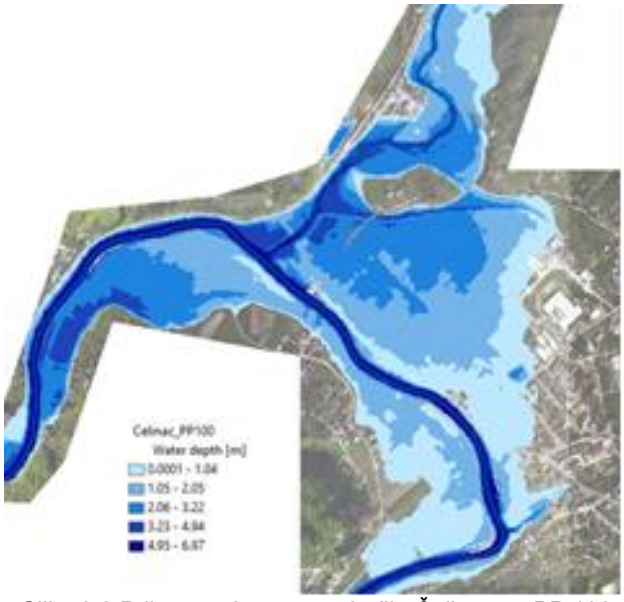
Tijekom kalibracije kao gornji rubni uvjeti, korišteni su protoci definirani preko Q-h odnosa mjerenih vodostaja sa sljedećih hidroloških stanica: HS Gornji Vakuf (Vrbas), HS Bistrica (Bistrica), HS Veseočica (Veseočica), HS Majevac (Pliva), HS Sarići (Janj) te HS Donji Obodnik (Vrbanja). Uzvodni rubni uvjeti su satna mjerenja protoka [m^3/s] dok je nizvodni rubni uvjet satno mjerenje vodostaja [m n.m.]. Nizvodni (donji) rubni uvjet nalazi se na ušću Vrbasa u Savu te je definiran kao interpolirana vrijednost vodostaja izmjerenih na hidrološkim postajama Davor CS i Mačkovac ustava, na rijeci Savi (podatke ustupio DHMZ).

Tijekom kalibracije kao gornji rubni uvjeti, korišteni su protoci definirani preko Q-h odnosa mjerenih vodostaja sa sljedećih hidroloških stanica: HS Gornji Vakuf (Vrbas), HS Bistrica (Bistrica), HS Veseočica (Veseočica), HS Majevac (Pliva), HS Sarići (Janj) te HS Donji Obodnik (Vrbanja). Uzvodni rubni uvjeti su satna mjerenja protoka [m3/s] dok je nizvodni rubni uvjet satno mjerenje vodostaja [m n.m.]. Nizvodni (donji) rubni uvjet nalazi se na ušću Vrbasa u Savu te je definiran kao interpolirana vrijednost vodostaja izmjerenih na hidrološkim postajama Davor CS i Mačkovac ustava, na rijeci Savi (podatke ustupio DHMZ).



Slika 3 7 Shematski prikaz rubnih uvjeta

Karte poplava generirane su, temeljem dobivenih rezultata simulacije, topografskih podataka i digitalnih karata. Kartiranje zona poplava stvara važan korak ka boljem razumijevanju problema poplava u urbanim područjima, kao i na područjima od posebnog interesa. Konkretno, kroz ovaj projekt promatrano je osam poplavnih područja: Gornji Vakuf, Bugojno, Daljan, Karanovac, Čelinac, Banja Luka, Klašnice i Petoševci.



Slika 3 8 Prikaz poplave za područje Čelinac za PP 100 godina

3.3. Asimilacija podataka

Asimilacija podataka omogućuje ažuriranje prognostičkog modela za vrijeme operativnog rada. Asimilacija podataka osigurava najbolje rezultate modela u trenutku prognoze, kompenzirajući nesigurnosti u glavnim ulaznim podacima, a to su podaci o oborinama. Definirana je za lokacije mjernih stanica za koje su odabrani „modeli pogreške“ koji se koriste za popravak razlike mjerenih i simuliranih vrijednosti vodostaja i/ili protoka tijekom prognoze.

4. USPOSTAVA I TESTIRANJE OPERATIVNOG PROGNOSTIČKOG MODELA

Aktivnosti na uspostavi poveznica u realnom vremenu, te uspostavi operativnog modela, uključujući asimilaciju podataka je dovršeno u rujnu 2019. Sve aktivnosti na razvoju sustava upozorenja i postavljanju operativnog sustava za predviđanje su dovršene kao i testiranja operativnog sustava i fino podešavanje.

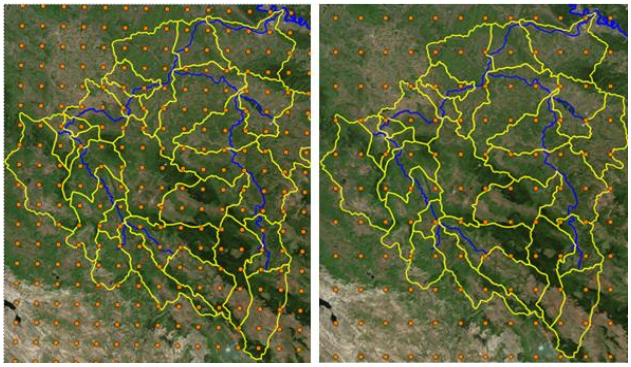
4.1. Setapiranje meteorološkog modela

Prilikom pokretanja prognoznog hidrološkog modela korišteni su mjereni i prognozirani podaci o oborinama i temperaturama.
Korišteni podaci potječu iz različitih izvora. Konkretno za sliv rijeke Vrbas koriste su mjereni podaci o oborinama i temperaturama s meteoroloških stanica, a za prognozni period koriste se izlazi (oborina i temperatura) dobiveni iz meteorološkog modela. Uz takve postavke sistemu se omogućuje spajanje podataka s oba izvora i pokretanje modela.

Korisnici projekta, Naručitelj i Izrađivač projekta su za prognozni sistem Vrbasa i Une sa Sanom odabrali korištenje meteoroloških modela Aladin i ECMWF, koje je dostupnim učinio DHMZ.

ALADIN (Aire Limitée Adaptation dynamique Développement InterNational) je dostupan u horizontalnoj rezoluciji 4x4 km, pokreće se svakih 6 sati te je stoga 4 puta dnevno dostupan kao novi rezultat. Aladin daje kratkoročnu prognozu, s vremenskim satnim razmakom za naredna 72 sata (3 dana unaprijed).

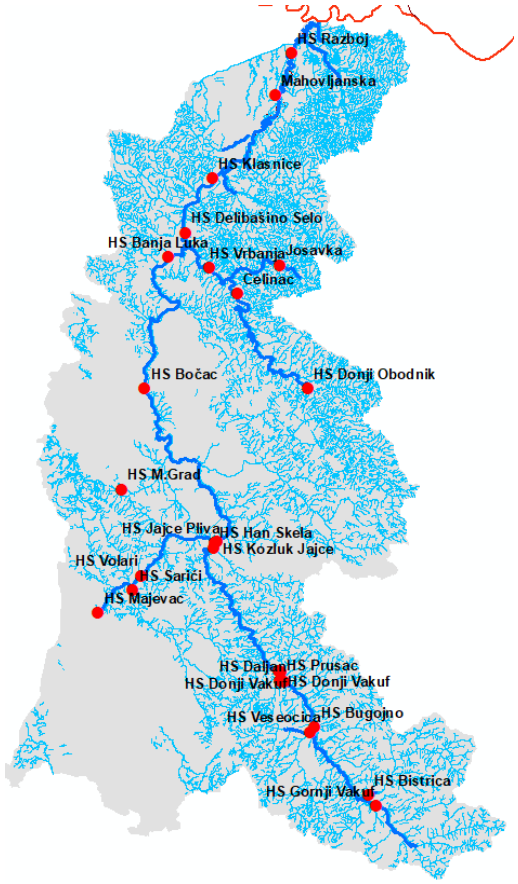
ECMWF (EuropeanCentre for Medium-RangeWeatherForecasts) je dostupan u horizontalnoj rezoluciji 0,10x0,10, pokreće se dva puta na dan, predstavlja srednjoročnu prognozu te se radi s vremenskim razmakom od 3 sata za narednih 7 dana.



Slika 4-1 Prikaz grid formata meteo modela na području Une i Sane (lijevo Aladin, desno ECMWF)

4.2. Definiranje kota redovnog stanja i obavještavanja

Kroz projekt provjerene su postojeće kote obavještavanja na hidrološkim stanicama: Gornji Vakuf, Daljan, Kozluk, Delibašino Selo, Bočac i Vrbanja, te izvršena uspostava kota na prognostičkim lokacijama, odnosno hidrološkim stanicama na kojima kote još nisu definirane.

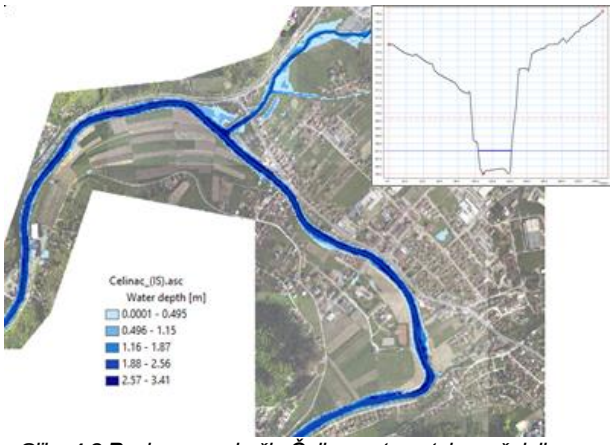


Slika 4-2 Prikaz prognostičkih lokacija na slivu rijeke Vrbas

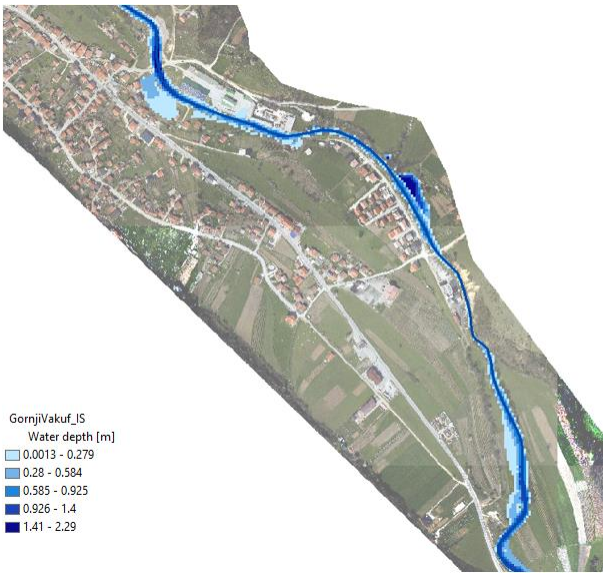
S obzirom na prethodno određene prognostičke lokacije, koje se nalaze na lokacijama

postojećih ili planiranih hidroloških stanica, na osnovu prognostičkog modela za njih su definirane četiri mjerodavne kote:

- Kota pripremnog stanja ili početak obavještavanja (P)
- Kota redovitih mjera ili početak poplava manjeg obuhvata (R)
- Kota vanrednih mjera ili početak poplava srednjeg obuhvata (V)
- Kota početka značajnih poplava (Z)



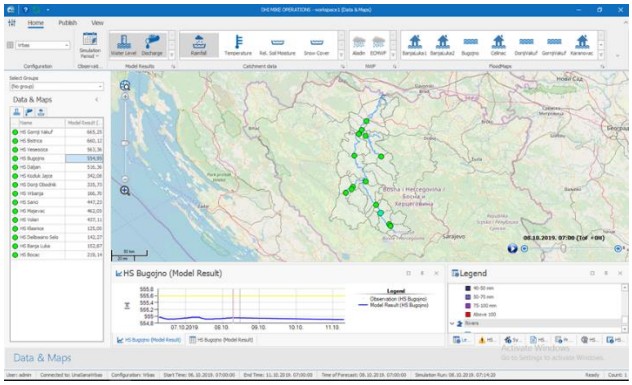
Slika 4-3 Poplavno područje Čelinac – trenutak značajnih poplava



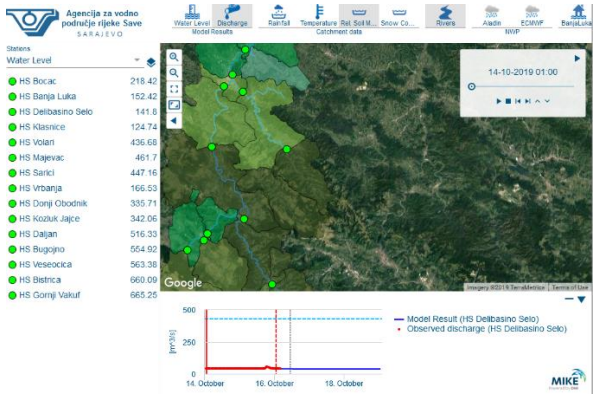
Slika 4-4 Poplavno područje Gornji Vakuf – trenutak značajnih poplava

4.3. Instalacija sistema za predviđanje poplava

Glavni zadatak projekta bio je uspostava i instaliranje sistema za predviđanje poplava u realnom vremenu. Kako je dogovoreno na početku projekta u svakom entitetu se instalirao sistem na jednom računalu u agenciji nadležnoj za upravljanje vodama, dok su hidrometeorološki zavodi podrška agencijama u prikupljanju podataka te zajedničkom radu posebno u vrijeme nadolaska vodnih valova s povećanim rizikom od poplava.



Slika 4-5 Prikaz MIKE OPERATIONS s operativnim prognostičkim sustavom za predviđanje poplava na slivu Vrbasa



Slika 4-6 Prikaz WEB stranice operativnog prognostičkog sustava za predviđanje poplava na slivu Vrbasa

5. PRIMIJENJENA OBUKA - RADIONICE

Kako bi se osigurala održivost primijenjene tehnologije u institucijama korisnika, odnosno kako bi se prenijelo znanje o prognoznom modelu i cjelokupnom sistemu predviđanja poplava provelo se institucionalno jačanje korisnika, odnosno primijenjena obuka. Prema planu je održano četiri radionice, s trajanjem svake po četiri dana. Prva radionica je održana u periodu 12.-13.lipnja 2018., druga u periodu 22.-24. listopada 2018., treća u periodu 18.-22.veljače 2019. te četvrta, ujedno i posljednja radionica je održana u periodu 23.-27.rujna 2019.godine. Radionice su održane u Sarajevu, Ul. Hamdije Ćemerlića 39a.

Kroz radionice djelatnici su razvili svoje vještine u:

- Hidrološko-hidrauličkom modeliranju
- Modeliranju i mapiranju poplava

- Primjeni asimilacije podataka na operativnom sistemu za predviđanja poplava
- Predviđanju vodostaja i protoka korištenjem operativnog sistema
- Upravljanju operativnim sistemom

ZAKLJUČAK

U ovom projektu izrađeni operativni prognostički sustav za predviđanje poplava je potpuno automatiziran i daje novu prognozu svaki svakih šest s mogućnosti da to bude i svakih sat vremena. Sve prognoze se objavljuju na web stranici na kojoj je moguće pratiti stanje upozorenja od poplava za naredna 4 dana na karti, grafikonima i tablicama.

Operativni sistem je instaliran na dvije lokaciju u Bosni i Hercegovini, jedna u AVP Sava u Sarajevu i druga u JU Vode Srpske u Bijeljini.

Važan dio projekta bio je jačanje kapaciteta osoblja, podržan programom radionica. Ovdje je važno provesti detaljnije procedure za rješavanje problema i kontrolu sustava, uključujući detaljnu kontrolu kvalitete online podataka, pored onog što je moguće u automatskom sustavu za predviđanje. Važno je provesti potpunu automatizaciju prikupljanja online podataka s automatskih stanica, kako bi se podaci uistinu prikupljali svaki sat vremena i slali ih u zajedničku bazu u AVP Sava i u JU Vode Srpske. Ovo prikupljanje podataka s automatskih stanica je posebno važno ostvariti za vrijeme povećanih dotoka.

Kod prognostičkih modela ovog tipa, koji vrlo često imaju ključnu odluku u kriznim situacijama u donošenju odluka o pokretanju akcija provođenja aktivne obrane od poplava, potrebno je stoga pristupati s adekvatnom dozom sigurnosti kod interpretacije.

HIDROLOŠKI MODEL VELIKIH VODA NA PRIMJERU KRŠKOG SLIVA

HYDROLOGICAL MODEL OF FLOOD WATERS IN KARST RIVER BASIN

Vedrana Ričković, dipl. ing. građ.
Institut za elektroprivredu d.d.
vedrana.rickovic@ie-zagreb.hr

Tanja Lubura Matković, dipl. ing. građ.
Institut za elektroprivredu d.d.
tanja.lubura-matkovic@ie-zagreb.hr

Abstract: The subject area covers karst fields – Polje Rastok and Vrgorsko Polje. In karst fields, runoff is a complex process and consists of surface and predominantly subsurface runoff. Using a combination of analyzes of measured hydrological data and calculations using the hydrological model (HEC-HMS), inflows into Vrgorsko and Rastok polje under high water conditions were obtained, and catchement areas involved in runoff were estimated.

Key words: karst, river basin, hydrology, hydrological model, HEC-HMS, runoff, flood, flood water, high stage water

1. UVOD

Jedna od osnovnih karakteristika predmetnog područja je da Polje Rastok i Vrgorsko polje pripadaju krškom području. U prirodnim uvjetima režim voda je u potpunosti nepogodan, vode nema i često su površine sliva suhe u vegetacijskom razdoblju godine (ljetnom periodu) kada je voda najpotrebnija, a u zimskom dijelu godine i u proljeće uslijed kiša jakog intenziteta, često u kombinaciji sa topljenjem snijega, uzrokuju pojave velikih voda koje u krškim poljima, uslijed nedovoljnih kapaciteta ponora, koji su obično smješteni po obodima krških polja, izazivaju poplave u vidu prirodnih retencija.

Tipično krški sliv, karakterizira otjecanje koje se odvija kao površinsko i podzemno tečenje ispod kraških polja.

Međutim, značajna je i činjenica da je površinsko otjecanje u slivu krša manje od podzemnog otjecanja koje je izdašnije i dugotrajnije i u čijem formiranju značajnu ulogu ima širi utjecajni sliv.

Hidrogeološke (podzemne) vododjelnice su teško odredive i uglavnom znatno različite od orografskih vododjelnica što otežava određivanje dotoka na ovakvim slivovima.

Svi opisi, rezultati hidroloških obrada i zaključci vezani uz predmetnu tematiku dani u ovome radu, obrađeni su u postojećoj studijskoj dokumetaciji u čijoj su izradi sudjelovali i autori ovoga rada i to: „*Studijska dokumentacija za pripremu projekata zaštite od poplava na slivovima polja Rastok i Vrgorskog polja iz EU fondova“, Institut za elektroprivredu i energetiku d.d., Projektni biro Split d.o.o., Elektroprojekt d.d.,SI-Consult d.o.o., Institut IGH d.d. ; Zagreb, 2017.*

2. PREDMETNO PODRUČJE I PROBLEMATIKA

Predmetno područje obuhvaća dva zatvorena krška polja – Polje Rastok i Vrgorsko polje. Polje Rastok je položeno na većoj nadmorskoj visinu (60-67 m), dok se Vrgorsko polje nalazi nešto niže (20-28 m iznad mora).

Polje Rastok je zatvoreno krško polje pružanja od sjeverozapada prema jugoistoku paralelno s rijekom Tihaljina-Mlade-Trebižat. Duljina polja je oko 12 km, prosječna širina je 1,5 km. Orografska slivna površina mu iznosi oko 77 km^2. Polje Rastok je državnom granicom podijeljeno na dva dijela, manji sjeverozapadni dio površine oko 790 ha je na teritoriju Republike Hrvatske, dok je nešto veći jugoistočni dio površine oko 970 ha na teritoriju Bosne i Hercegovine. U sjeverozapadnom dijelu polja su brojni izvori, dok su uz jugozapadni rub polja Rastok i njegovom središnjem dijelu nalaze brojni ponori preko kojih se ovo polje prazni za vrijeme poplavnih voda. Glavnina podzemnih voda koje poniru u polju Rastok pojavljuje se na brojnim izvorima po sjeverozapadnom rubu Vrgorskog polja.

Područje Rastoka prima vlastite vode od oborina koje padnu na samo polje i okolna brda, vode koje dolaze kanalom Parilo-Brza voda i kanalima Muratovac i Plakovac (od Parila odvajaju u Orahovlju), te vode koje dotječu podzemljem i koncentrirano se javljaju na vrelima po sjevernom rubu polja. Najveći vodotok u polju je Matica Rastočka, koja predstavlja nastavak kanala Parilo-Brza voda. Navedenim kanalom se u sušnom razdoblju dovode vode za natapanje iz rijeke Tihaljina-Mlade-Trebižat, a u kišnom razdoblju prikupljaju oborinske vode na dionici od Mlade do Matice. Nizvodno od utoka Brze vode, Matica Rastočka prikuplja i odvodi oborinske i izvorske vode (Polića vrelo, Krenica, Banja) i odvodi ih prema ponorima na rubu polja duž sjeveroistočnih padina Malog i Velikog Prologa, odakle se dreniraju u pravcu Vrgorskog polja.

Za evakuaciju poplavnih voda iz polja Rastok u Vrgorsko polje izgrađen je 1985. godine odvodni tunel kapaciteta 18,0 m^3/s. Radi kontroliranog ispuštanja voda iz polja Rastok u Vrgorsko polje na ulazu u odvodni tunel je ugrađena ustava, koja je stalno spuštena, jer ovaj tunel do danas nije bio u funkciji. S obzirom da se velike vode gotovo istovremeno javljaju u oba polja, Vrgorsko polje ne može u kritičnim trenucima prihvatiti povećane dotoke iz polja Rastok bez provedbe adekvatnih zahvata na povećanju kapaciteta odvodnog sustava (ponora i tunela).

Vrgorsko polje predstavlja tipičnu kršku dolinu zatvorenu prema jugu brdom Gradina, a sjeveroistočno i istočno Velikim i Malim Prologom. Relativno je ravnog dna s blagim padom od uzvodnih izvorišnih zona do nizvodnih ponorskih zona. Površina polja iznosi 2 963 ha (korisna, obradiva površina iznosi 2 840 ha). Smjer pružanja polja je od sjeverozapada (predio Kutac) prema jugoistoku gdje se račva u dva dijela: duguljastog prema Crnom Viru i lepezastog oblika prema Krotuši najnižem dijelu polja.

Orografska slivna površina mu iznosi oko 120 km^2

Izvori u Vrgorskom polju se uglavnom napajaju podzemnim tokovima s viših horizonata polja Rastok i Imotsko-Bekijskog polja. Stalna vrela su u podnožju jugozapadne padine Prologa na koti 23 – 26 m n. m., a periodička na sjevernom rubu polja. Odvodnja iz polja se odvija kroz ponore i tunel Krotuša.

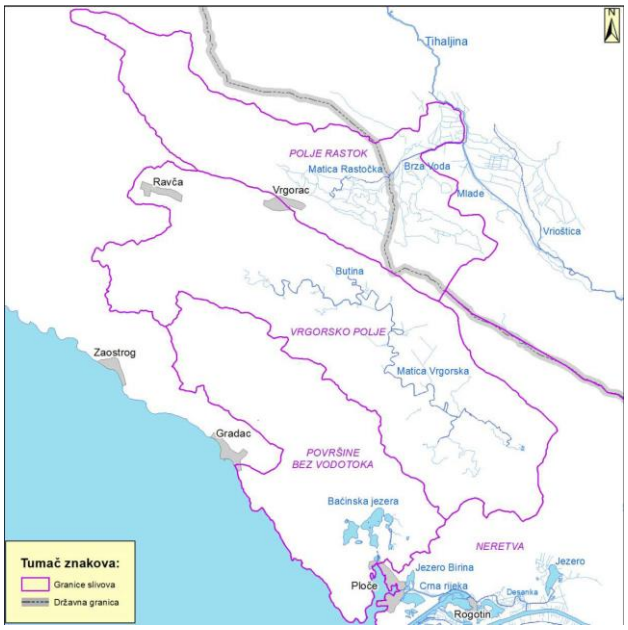
Sredinom Vrgorskog polja prolazi meandrirajući tok rijeke Matice Vrgorske, ukupne duljine oko 26 km. Matica izvire iz tri stalna i nekoliko periodičkih vrela (Lukavac, Stinjevac, Butina, Kruška, Kutac, Vlaška, Vir i drugi).

Prije izgradnje odvodnog tunela Krotuša (1938. godine) Vrgorsko polje se odvodnjavalo jedino putem ponora ograničenog kapaciteta, tako da je bilo izloženo dugotrajnim zimskim i proljetnim poplavama. Najveći kapacitet imaju ponori na jugoistočnom rubu polja (Umčane, Staševica, Crni Vir, Krotuša). Ponora ima i u samom koritu rijeke Matice, od kojih neki djeluju kao estavele.

U sklopu rješavanja odvodnje viška voda iz Vrgoračkog polja, u razdoblju od 1972. godine do danas izvršeni su sljedeći radovi:

- Produbljenje Vrgorskog tunela za prosječno 1,70 m na cijeloj dužini od 2130 m radi povećanja njegove protočnosti s 22 na 44 m^3/s (1974.godine).
- Proširenje kratkog odvodnog tunela iz Baćinskih jezera u more, dužine 160 m, radi povećanja propusne moći na 68 m3/s (1974.godine).
- Produbljenje ulaznog predusjeka tunela Krotuša u dužini oko 300 m.
- Regulacija rijeke Matice Vrgorske na području Prigona u dužini oko 500 m i na dionici od mosta u Lukavcu nizvodno u dužini oko 1 300 m.
- Regulacija cijelog toka rijeke Matice Vrgorske radi povećanja protočnosti na 70-80 m3/s koliko iznosi evakuacijski kapacitet svih ponora i tunela Krotuša zajedno (od 1978. do 1981.godine).
- Izgradnja nasute brane radi zaštite područja Crni Vir od plavljenja (1980.godina).
- Betoniranje dna tunela Krotuša na cijeloj dužini (od 1985. do 1989.godine).

Svi ovi zahvati su doprinijeli značajnom smanjenju trajanja i veličine poplava u polju, ali ne i eliminiranju poplava.



Slika 1: Hidrografska mreža polja Rastok i Vrgorskog polja

3. MJERENJA HIDROLOŠKIH VELIČINA

Na slivnom području Rastoka i Vrgorskog polja danas je aktivno 7 hidroloških stanica.

Na području polja Rastok aktivna je stanica Tunel, a na području Vrgorskog polja aktivne su stanice: Dusina, Staševica, Otok brana uzvodno, Otok brana nizvodno, Razdjelna građevina i Krotuša.

Na svim stanicama se bilježe vodostaji (vodokaz ili limnigraf), na 3 stanice se provode mjerenja protoka (Dusina, Razdjelna građevina i Krotuša), ali su samo za 2 stanice definirane protočne krivulje od strane DHMZ-a (Dusina i Krotuša na Matici Vrgorskoj).

Dusina predstavlja kontrolnu stanicu na kojoj se registriraju ukupne vodne količine koje ulaze u Vrgorsko polje, a pristižu površinskim slijevanjem oborinskih voda i dotokom iz brojnih manjih i većih izvora i estavela sa sjevernog i sjeverozapadnog ruba polja. Pojedinačna analiza i kontrola svih tih dotoka zasebno praktično nije izvediva. Pri visokim vodostajima, odnosno velikim dotocima, dolazi do izlijevanja vode izvan korita Matice i formiranja jezera u donjem dijelu polja koje usporno djeluje na tečenje u profilu Dusina. U tom slučaju za protočne krivulje ove stanice prestaje važiti jednoznačni odnos s vodostajima, pa je protoke moguće definirati samo za vodostaje niže od 380-420 cm, dok pri višim vodostajima dolazi do potpunog izlijevanja vode iz korita i plavljenja okolnog terena.

Krotuša služi kao kontrolna postaja na kojoj se registriraju vodne količine koje odlaze iz polja preko tunela Krotuša i direktno ulaze u Baćinska jezera.

Stanice Otok brana uzv. i Otok brana niz. predstavljaju dodatne kontrolne postaje za vodne količine koje odlaze iz polja prema ponorskoj zoni predjela Crni Vir i preko nje dalje prema izvorima Klokun i Modro Oko. Razdjelna građevina kontrolira vodne količine koje ulaze u područje Krotuša, a napuštaju ga kroz ponore i tunel. Stanica Staševica omogućava kontrolu vodnih razina unutar samog, središnjeg dijela Vrgorskog polja.

4. DEFINIRANJE VELIKIH VODA METODOM BILANCIRANJA

Vrgorsko polje

Veličine maksimalnih godišnjih dotoka u Vrgorsko polje izračunate su preko bilansne jednadžbe za slučaj transformacije vodnog vala kroz polje, definirane u postojećoj projektnoj dokumentaciji.

Bilansnom jednadžbom se veličine maksimalnih dotoka u Vrgorsko polje dobivaju proračunom poznatih izlaza preko tunela Krotuša i zone ponora, te promjena poplavljenog volumena polja u funkciji vremena.

Ukupni dotok u Vrgorsko polje (Q_u) procijenjen je primjenom jednadžbe bilance:

$Q_u = Q_i \pm \Delta V/\Delta t$

Q_i -izlazni protok iz polja je zbroj otjecanja kroz ponore (primjenom krivulja kapaciteta ponora - Pavletić 1967.) i kroz tunel Krotuša (primjenom protočne krivulje)

ΔV-promjena volumena retencije

Δt -vremenski inkrement 24 h

(ulazi) $Q_u = Q_{u1} + Q_{u2} + Q_{u3} + Q_{u47}$

(izlazi) $Q_i = Q_{i1} + Q_{i2} + Q_{i3}$

Q_{u1} - vode koje u Vrgorsko polje ulaze na njegovom najzapadnijem rubu kroz brojne stalne i povremene izvore

Q_{u2} - vode koje dolaze sa sjevera kroz ili ispod polja Rastok ili Jezerac

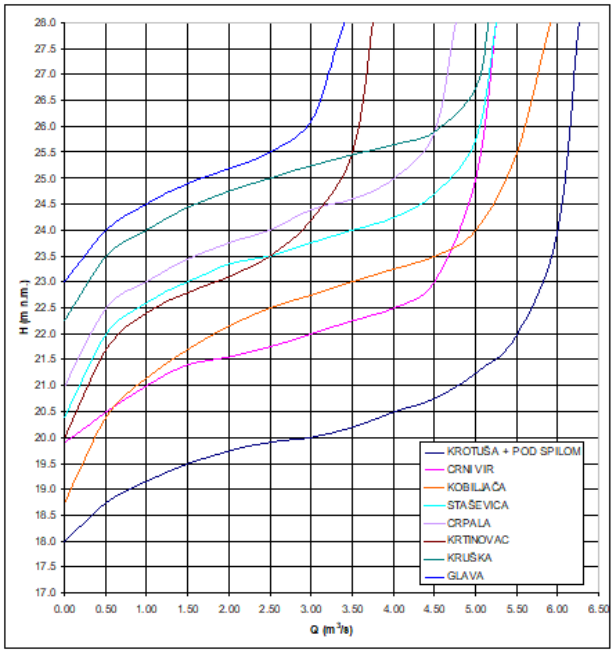
Q_{u3} - povremeni ulazi vode u južni središnji dio Vrgorskog polja u područje koje se može okarakterizirati kao zona estavela

Q_{u4} - ulaz voda sa vlastitog sliva

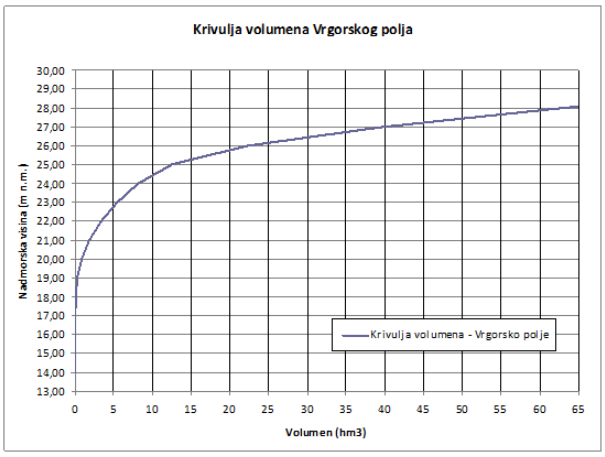
Q_{i1} - gubici vode iz srednjeg dijela polja kroz zonu estavela kada one djeluju kao ponori

Q_{i2} - istjecanje vode iz Vrgorskog polja kroz tri ponorske zone: Crni vir, Krtinovac i Krotuša

Q_{i3} - gubici vode evapotranspiracijom sa slobodne vodene površine i golog tla te kroz vegetacijski pokrov



Slika 2: Protočne krivulje gutanja ponora određene u elaboratu Republičkog hidrometeorološkog zavoda SRH izrađenom 1967. godine, preuzete iz Studije odvodnje viška voda iz Vrgorskog polja - Knjiga 5, 1999. g)



Slika3: Krivulja razina-volumen Vrgorskog polja

Primjenom prethodno opisane jednadžbe bilance s obzirom na usvojeni Δt u iznosu od 24 sata (jedan dan) na temelju dnevnih vodostaja, odnosno dnevnih promjena volumena retenziranih količina u polju, određeni su srednji dnevni dotoci za razdoblje 1978.-2015. godine. Temeljem niza dobivenih dotoka usvojeni su maksimalni godišnji dnevni protoci

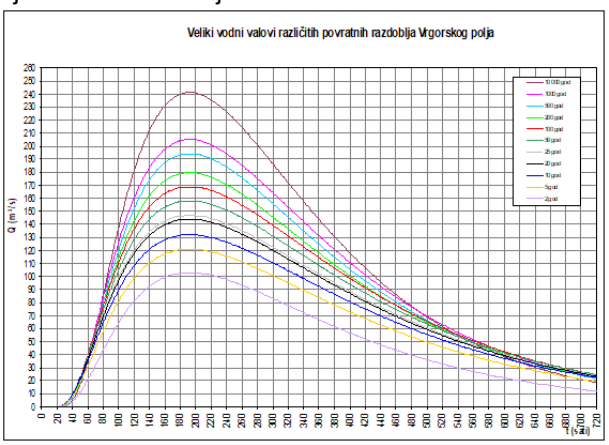
izračunati korištenjem jednadžbe bilance te su oni nešto niži od onih koji su se trenutačno mogli pojaviti u polju. Na temelju usvojenog niza maksimalnih godišnjih protoka u Vrgorskom polju za razdoblje 1978.-2015.g. proveden je proračun vjerojatnosti pojave maksimalnih godišnjih protoka primjenom standardnih teorijskih funkcija raspodjele, a usvojene vrijednosti protoka prikazane su u tablici 1.

Tablica 1: Maksimalni godišnji protoci različitih povratnih razdoblja u Vrgorskom polju

PR (god.)	VJER (%)	$Q_{max\ pp}$ (m^3/s) *1978.-2015. IEE 2017.*
1000	0,1	205
500	0,2	194
200	0,5	180
100	1	169
50	2	158
25	4	147
10	10	132
5	20	121
2	50	103

Analizom nivograma zabilježenih vodnih valova na hidrološkim stanicama u Vrgorskom polju i hidrograma zabilježenih vodnih valova na hidrološkoj stanici Dusina, utvrđeno je da vodni valovi u Vrgorskom polju u prosjeku traju 30 dana.

Sintetički hidrogrami velikih vodnih valova u Vrgorskom polju su određeni na osnovi prethodno usvojenih maksimalnih protoka Qmax pp i volumena vodnih valova različitih povratnih razdoblja Vp i njihova slika se daje u nastavku.



Slika 4: Hidrogrami dotoka velikih voda u Vrgorsko polje različitih povratnih razdoblja

Polje Rastok

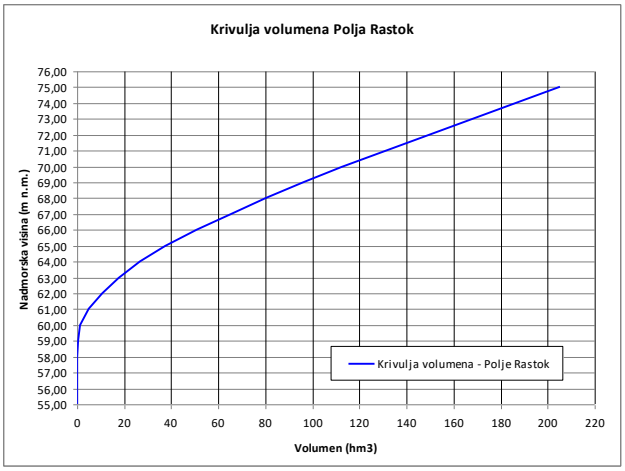
Za potrebe ove Studije ukupni dotok u polje Rastok (Q_u) procijenjen je primjenom jednadžbe bilance:

$$Q_u = Q_i \pm \Delta V/\Delta t$$

Q_i izlazni protok iz polja je zbroj izlaza kroz ponore (prema postojećoj literaturi iznosi maksimalno 10-12 m^3/s)

ΔV promjena volumena retencije (na temelju dnevnih vodostaja na hidrološkoj stanici Tunel na Matici Rastočkoj za razdoblje 1992.-2015. g)

Δt vremenski inkrement 24 h



Slika 5: Krivulja razina-volumen polja Rastok

Primjenom prethodno opisane jednadžbe bilance s obzirom na usvojeni □t u iznosu od 24 sata (jedan dan) na temelju dnevnih vodostaja, odnosno dnevnih promjena volumena retencijskih količina u polju, određeni su srednji dnevni dotoci u polje Rastok za razdoblje 1992.-2015. godina.

Na temelju usvojenog niza maksimalnih godišnjih protoka u polju Rastok za razdoblje 1992.-2015. godina, proveden je proračun vjerojatnosti primjenom standardnih teorijskih funkcija raspodjele a usvojene vrijednosti protoka prikazane su u tablici 2.

Tablica 2: Maksimalni godišnji protoci različitih povratnih razdoblja u polju Rastok

PR (god.)	VJER (%)	$Q_{max\ pp}$ (m^3/s) *1991.-2014 IEE 2017.*
100	1	57,3
50	2	53,4
20	4	48,2
10	10	44,2

5. HIDROLOŠKI MODEL

Za potrebe procjene hidrološkog doprinosa u uvjetima velikih voda na slivovima kod kojih se ne provode hidrološka mjerenja, korišten je konceptualni hidrološki model otjecanja HEC HMS 4 (Hydrologic Engineering Center - Hydrologic Modeling System).

Hidrološki model opisuje otjecanje preko nekoliko koncepcijskih cjelina:
- Model slivnog područja (Basin model) – shema modela otjecanja
- Meteorološki model (Meteorologic model) – model kiše
- Kontrolni model (Control specifications) – upravljački model

Odabrane metode proračuna:
- Za proračun infiltracijskih gubitaka odabrana je metoda SCS (Soil Conservation Service)
- Transformacija otjecanja po slivu modelirana je metodom SCS jediničnog hidrograma.

5.1. Ulazni podaci

Pri izradi hidrološkog modela korišteni su sljedeći podaci, podloge i literatura:

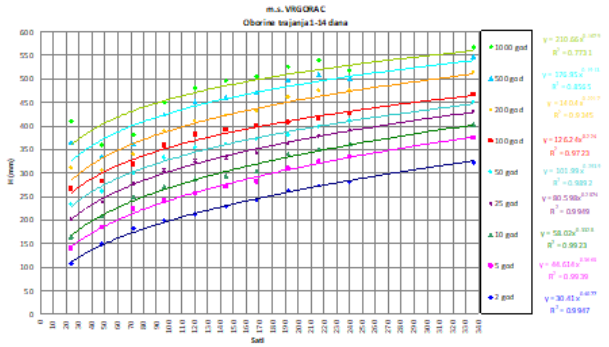
- Topografske karte mjerila 1:25 000 i 1:5 000 u digitalnom obliku
- Namjenska pedološka karta RH mjerila 1:300.000
- Digitalna baza podataka o stanju i promjenama zemljišnog pokrova i namjeni korištenja zemljišta Corine Land Cover 2006
- Tablice iz literature - za procjenu brojeva krivulje CN za podslivove temeljem podataka o tipu tla i tipu pokrova,
- Podaci o raspoloživim oborinama (m.s. Vrgorac)
- Podaci o zabilježenim poplavama i korespondentnim mjerenjima i zapažanjima iz Baze hidroloških podataka DHMZ-a (HIS 2000) i Izvještaja o provedenim mjerama obrane od poplava na predmetnom području.

5.2. Oborine

Za hidrološki model važno je poznavati kratkotrajne kiše jakog intenziteta, a one se na predmetnom slivu ne mjere. Naime, tu se raspolože samo s dnevnim podacima o oborinama sa kišomjerne stanice Vrgorac (1961.-2015.).

Kako bi se odredili ulazni podaci o oborinama za različita povratna razdoblja, iz podataka o dnevnim oborinama stanice Vrgorac za razdoblje od 1991.-2015. godine, analizirani su kišni događaji različitih trajanja. Raspoloživo razdoblje obrade oborina uključuje zadnjih 25 godina, što predstavlja približno prihvatljiv niz za statističke obrade.

Unutar identificiranih višednevnih kišnih događaja, izolirane su kišne epizode, koje su izazvale poplave i zaključeno je da su to kišne epizode trajanja prosječno 14 dana. Stoga su za svaku godinu raspoloživog niza izdvojeni ekstremni kišni događaji trajanja od 1 do 14 dana, te su formirani nizovi koji su statistički obrađeni.
Kao rezultati su dobivene HTP i PTP krivulje, odnosno hijetogrami mjerodavnih oborina trajanja 1 dan (24 sata) do 14 dana (336 sati) za povratna razdoblja 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200, 500 i 1000 godina, koje su prikazane u nastavku grafički.



Slika 6: HTP krivulje za meteorološku stanicu Vrgorac za trajanje kiše od 1 do 14 dana

Za kiše trajanja manjeg od 24 sata klimatska oborinska funkcija definirana je pomoću relacije preuzete iz elaborata: Melioraciono uređenje polja Rastok – Idejno rješenje – OOUR Split – Split, 1988. godine:

$$h_t / h_{24} = 0{,}4153 \times t^{0{,}2765}$$

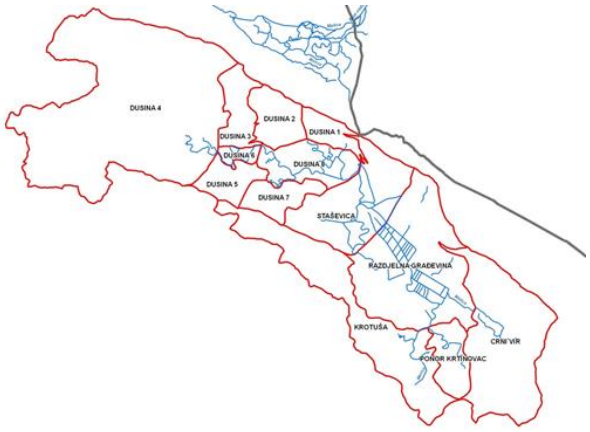
gdje je

h_t -visina oborine u t satu.
h_{24} -visina oborine u 24 sata.

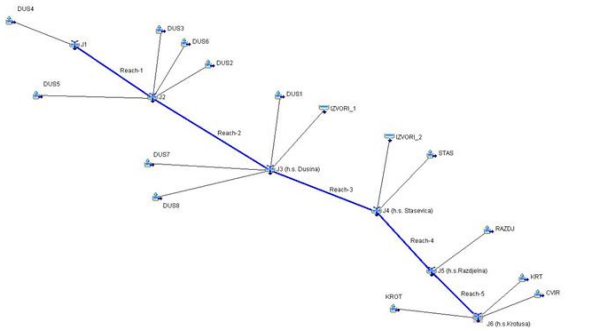
Navedena relacija je dobivena na temelju podataka o intenzitetima oborina s meteorološke stanice Dubrovnik i podataka o dnevnim oborinama s kišomjerne stanice Vrgorac.

5.3. Definiranje hidrološkog modela

Hidrološki model Vrgorskog polja
Za potrebe formiranja hidrološkog modela sliv Vrgoroskog polja podijeljen je na podslivove prikazane na slici u nastavku.



Slika 7: Shema sliva Vrgorskog polja s podjelom na podslivove



Slika 8: Shema hidrološkog modela Vrgorskog polja

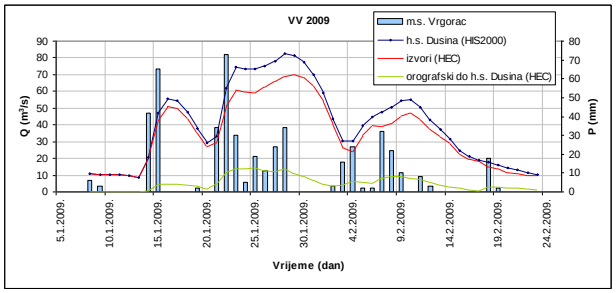
Kalibracija i verifikacija hidrološkog modela – Vrgorsko polje

Provedene su simulacije na hidrološkom modelu za prethodno izrađenu topološku shemu sliva, koristeći kao ulazni podatak hijetogram kišne epizode. Događaj na koji je provedena kalibracija je kišna epizoda iz siječnja i veljače 2009. godine.

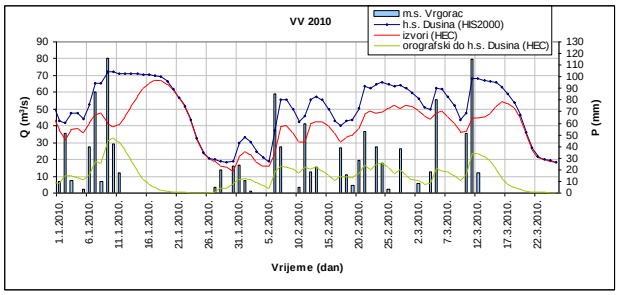
Verifikacija modela provedena je simulacijom procesa pretvaranja oborina u otjecanje za događaj zabilježen na slivu Vrgorskog polja (Dusina) iz siječnja 2010. godine.

Modelom HEC HMS izračunat je hidrogram od orografskog sliva do hidrološke stanice Dusina i uspoređen sa zabilježenim, te je utvrđeno da je ostatak dotoka uzrokovan dotocima iz izvora, za koje je odgovoran širi utjecajni sliv.

Na slici 9 prikazana je usporedba zabilježenog vodnog vala na h.s. na Dusina iz 2009. godine, te hidrogrami dobiveni modeliranjem od površinskog dotoka s orografskog sliva i podzemnog dotoka kroz izvore.



Slika 9: Zabilježeni vodni val iz 2009. godine na h.s. Dusina, doprinos površinskog i podzemnog dotoka dobiven proračunom u HEC-HMSu



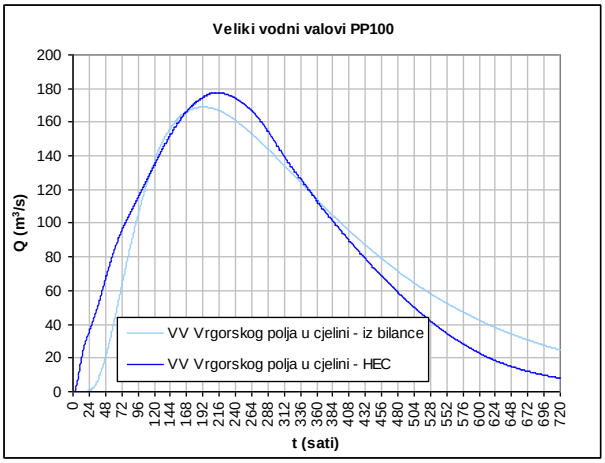
Slika 10: Zabilježeni vodni val iz 2010. godine na h.s. Dusina, doprinos površinskog i podzemnog dotoka dobiven proračunom u HEC-HMSu

Analizom volumena zabilježenih vodnih valova i efektivne oborine koje su ih uzrokovale, kao rezultat dobivena je srednja vrijednost cjelokupne (utjecajne i orografske) slivne površine do h.s. Dusina (A=V/Pef= 470 km^2), što je u skladu s vrijednostima dobivenim u Vodnogospodarska osnova Hrvatske iz 2002. godine.

Simulirani hidrogrami vodnih valova ukupnog dotoka u Vrgorsko polje različitih povratnih razdoblja

Na temelju prethodno definiranih mjerodavnih oborina, odnosno hijetograma trajanja 1 dan (24 sata) do 14 dana (336 sati) različitih povratnih razdoblja, hidrološkim modelom su izračunati hidrogrami ukupnog dotoka u Vrgorsko polje.

Na slici 11 prikazana je usporedba sintetičkog hidrograma određenog statističkom obradom veličina koje su dobivene postupkom bilanciranja opisanim prethodno sa hidrogramom korespodentog povratnog razdoblja dobivenim hidrološkim modeliranjem odnosa oborine – otjecanje, u prikazanome slučaju to je PP100 god.



Slika 11: Usporedba sintetičkog hidrograma sa simuliranim hidrogramom ukupnog dotoka u Vrgorsko polje za povratno razdoblje 100 godina

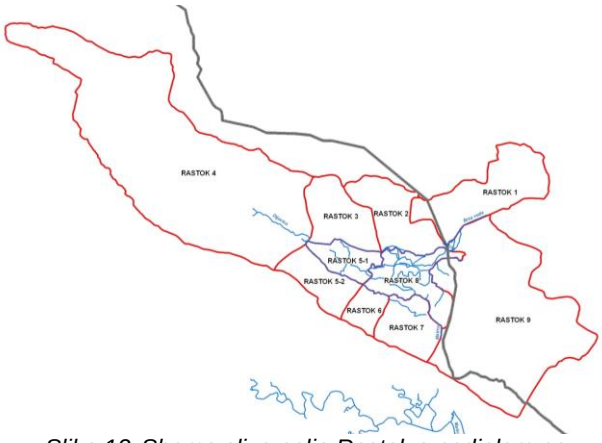
Tablica 3: Maksimalni protoci i volumeni vodnih valova Vrgorskog polja dobiveni iz bilance i primjenom HEC-HMS modela

Vrgorsko polje				
PP	**Qmax (m^3/s)**		**V ($*10^6$ m^3)**	
	iz bilance	HEC-HMS	iz bilance	HEC-HMS
2	103,0	105,9	133,4	148,4
5	121,0	126,6	168,2	175,4
10	132,0	139,1	186,5	190,3
25	147,0	154,3	205,9	206,2
50	158,0	165,7	218,5	216,8
100	169,0	177,6	229,8	227,1
200	179,6	199,5	236,0	254,3
500	194,2	218,4	248,9	271,5
1000	205,0	233,2	261,4	284,2

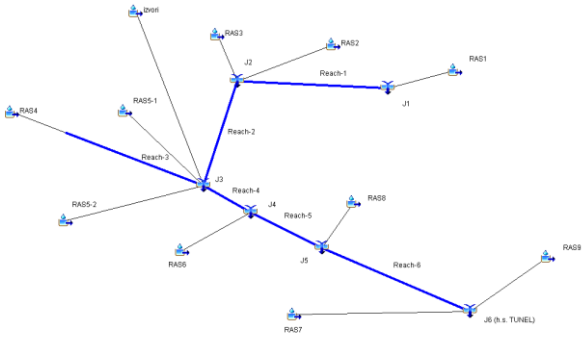
Hidrološki model polja Rastok

Za potrebe formiranja hidrološkog modela sliv Polja Rastok polja podijeljen je na podslivove prikazane na slici u nastavku.

.



Slika 12: Shema sliva polja Rastok s podjelom na podslivove

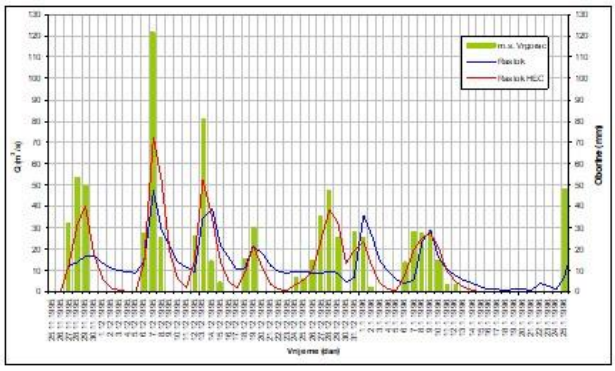


Slika 13: Shema hidrološkog modela

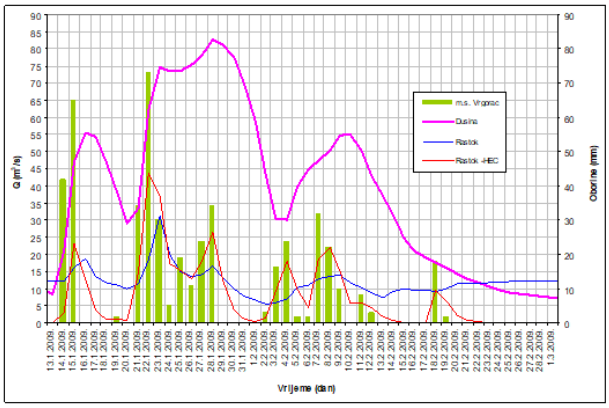
Kalibracija i verifikacija hidrološkog modela – Polje Rastok

Provedene su simulacije na hidrološkom modelu za prethodno izrađenu topološku shemu sliva, koristeći kao ulazni podatak hijetogram kišne epizode sa meteorološke stanice Vrgorac. Događaj na koji je provedena kalibracija je kišna epizoda: 31.10.1995. – 12.1.1996. (P_{brutto}= 885 mm).

Verifikacija modela provedena je simulacijom procesa pretvaranja oborina u otjecanje za visokovodni događaj zabilježen u prosincu 1999. godine, te događaj iz siječnja 2009. i travnja 2010. godine. Za navedene događaje je karakteristično da su pojavi poplava prethodile višednevne oborine.



Slika 14: Usporedba simuliranih vodnih valova dobivenih hidrološkim modelom i hidrograma srednjih dnevnih dotoka proračunatih primjenom jednadžbe bilance za cijeli sliv polja Rastok (profil h. s. Tunel) za kišnu epizodu iz 1995. Godine



Slika 15: Usporedba simuliranih vodnih valova dobivenih hidrološkim modelom i hidrograma srednjih dnevnih dotoka proračunatih primjenom jednadžbe bilance za cijeli sliv polja Rastok (profil h. s. Tunel) za kišnu epizodu iz 2009. godine

Tablica 4: Usvojeni maksimalni godišnji protoci i volumeni vodnih valova različitih povratnih razdoblja u polju Rastok (profil h. s. Tunel)

PR (god.)	Q_{maxPP} (m^3/s)	Volumeni vodnih valova $*10^6(m^3)$
1000	188.5	39.43
500	165.3	37.66
200	137.8	35.25
100	120.4	31.38
50	101.5	29.94
25	83.65	28.48
10	62.95	26.25
5	49.60	24.17
2	32.48	20.35

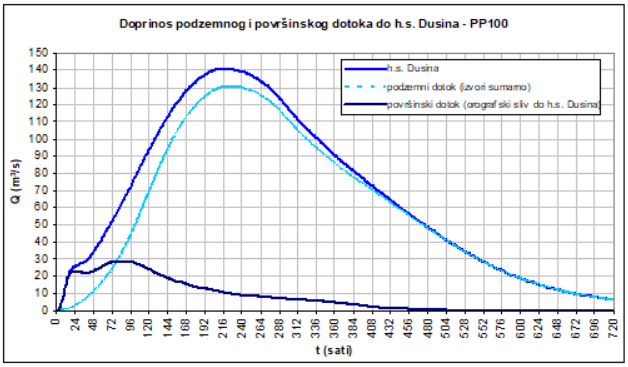
6. REZULTATI HIDROLOŠKOG MODELA

Poplave koje se javljaju u Vrgorskom polju mogu biti izazvane vodom koja je dotekla s vlastitog orografskog sliva, no mnogo češće njihov su glavni uzrok vode koje su podzemnim putem dotekle s viših horizonata i susjednih pa i udaljenih polja u kršu.

Simulacijom procesa oborine-otjecanje provedeno je hidrološko modeliranje za sliv Vrgorskog polja. Dobiveni su hidrogrami na proračunskim profilima hidrografske mreže za različita povratna razdoblja 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200, 500 i 1000 godina.

Kako se u gornjem dijelu sliva Vrgorskog polja (do hidrološke stanice Dusina) nalazi 5 značajnijih izvora: Lukavac, Butina, Stinjevac, Kruška i Kutac, te je utvrđeno da je većinski dotok podzemni, u nastavku se daje prikaz rezultata dobivenih hidrološkim modeliranjem (HEC-HMS) koji prikazuju doprinos podzemnog odnosno površinskog dotoka do h.s. Dusina za različite povratne periode.

Rezultati pokazuju da u ukupnom hidrogramu na h.s. Dusina podzemni dotok sudjeluje s oko 88%, dok površinski dotok čini preostalih 12% ukupnog dotoka.



Slika 16: Doprinos podzemnog i površinskog dotoka do h.s. Dusina za povratno razdoblje 100 godina

Osim simulacija provedenih za Vrgorsko polje isto je učinjeno i za Polje Rastok. Rezultati simulacije su teoretski hidrogrami na proračunskim profilima hidrografske mreže polja Rastok za povratna razdoblja 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200, 500 i 1000 godina.

7. ZAKLJUČAK

Za potrebe proračuna dotoka u Vrgorsko polje analizirani su mjereni hidrološki podaci te je formiran hidrološki model sliva (HEC-HMS).

Analizom zabilježenih vodnih valova Matice Vrgorske temeljem mjerenih podataka ocijenjeno je da je njihovo prosječno trajanje 30 dana (h.s. Dusina).

Nakon provedenih klasičnih hidroloških obrada na temelju zabilježenih hidroloških podataka pristupilo se proračunu dotoka u Vrgorsko polje pomoću hidrološkog modela.
Hidrološki model do h.s. Dusina u HEC-HMSu je formiran tako da kao kontrolnu točku koristimo podatke na hidrološkoj stanici Dusina, budući se tu raspolaže izmjerenim protocima,a ukupni dotok do Dusine čini podzemno dotjecanje kroz izvore i površinski dotok sa orografskog sliva.

Modelom HEC HMS izračunat je hidrogram od orografskog sliva do h.s Dusina i uspoređen s zabilježenim te je utvrđeno da je ostatak dotoka uzrokovan dotocima iz izvora, za koje je odgovoran širi utjecajni sliv čija je površina znatno veća od orografske.
Analizom volumena zabilježenih vodnih valova i efektivne oborine koje su ih uzrokovale, kao rezultat dobivena je vrijednost utjecajne slivne površine do h.s. Dusina (A=V/Pef= 530 km2).

U modelu je izračunat doprinosa izravne oborine na orografski sliv, određeni su hidrogrami velikih voda za zadana povratna razdoblja, iterativnim postupkom dobiveni su sumarni kapaciteti izvora uzvodno od h.s. Dusina (Kutac, Lukavac, Stinjevac, Kruška, Butina) u postojećem stanju.

Hhidrogram na Dusini raščlanjen je na elemente dotoka :

- podzemni dotok kroz izvore (sumarno)
- površinski dotok s orografskih slivova do Dusine

Kada se hidrogram raščlani na elemente vidi se da u njegovom formiranju izvori sudjeluju s cca 88%, dok dotok s orografskog sliva do Duisne čini oko 12 % dotoka.

LITERATURA

Članci:

[1] M. Vranješ, ODVODNJA VRGORSKOG POLJA, PODRUČJE KUTAC – EKSPERTIZA, 2015.

[2] O. Bonacci, ODVODNJA POLJA U KRŠU NA PRIMJERU VRGORSKOG POLJA; PRIRUČNIK ZA HIDROTEHNIČKE MELIORACIJE – III KOLO – KNJIGA 2, 2005.

[3] Margeta, Knezić, IZBOR RJEŠENJA ZAŠTITE VRGORSKOG POLJA OD PLAVLJENJA, Časopis Hrvatske vode (9(2001) 35, 163-175), 2001.

Studije:

[4] Institut za elektroprivredu i energetiku d.d., Projektni biro Split d.o.o., Elektroprojekt d.d.,SI-Consult d.o.o., Institut IGH d.d., STUDIJSKA DOKUMENTACIJA ZA PRIPREMU PROJEKATA ZAŠTITE OD POPLAVA NA SLIVOVIMA POLJA RASTOK I VRGORSKOG POLJA IZ EU FONDOVA, Zagreb, 2017.

[5] Institut IGH d.d., Institut za elektroprivredu i energetiku d.d.,PRELIMINARNA PROCJENA POPLAVNIH RIZIKA NA PODRUČJU RASTOKA, VRGORSKOG POLJA I BAĆINSKIH JEZERA – KNJIGA I, Zagreb, 2011.

[6] Institut IGH d.d., Institut za elektroprivredu i energetiku d.d.,PRELIMINARNA PROCJENA POPLAVNIH RIZIKA NA PODRUČJU RASTOKA, VRGORSKOG POLJA I BAĆINSKIH JEZERA – KNJIGA II – HIDROLOŠKA OBRADA VELIKIH VODA, Zagreb, listopad 2011.

[7] Institut za elektroprivredu i energetiku d.d., VODNOGOSPODARSKA OSNOVA HRVATSKE – HIDROLOŠKA STUDIJA ZA VODNO PODRUČJE DALMATINSKIH SLIVOVA, Hrvatske vode, Zagreb; 2002.

[8] Građevinski fakultet u Splitu, ODVODNJA VIŠKA VODA IZ VRGORSKOG POLJA – KNJIGA 3: VODNI REŽIM, Split, 1999.

[9] VRO za vodno područje Dalmatinskih slivova Split, MELIORACIONO UREĐENJE POLJA RASTOK – IDEJNO RJEŠENJE, Split, 1988.

[10] RO Vodoprivreda BiH, ZAŠTITA RASTOKA OD POPLAVNIH VODA – HIDROLOŠKE PODLOGE – KNJIGA I, 1983.

BUJICE, OSOBINE, POSLJEDICE I PREVENTIVNE MJERE S OSVRTOM NA KANTON SARAJEVO

TORRENTS, FEATURES, CONSEQUENCES AND PREVENTIVE MEASURES WITH REGARD TO SARAJEVO CANTON

Prof.dr.Emina Hadžić dipl.ing.građ
Univerzitet u Sarajevu
Građvinski fakultet u Sarajevu
ul.Patriotske lige br.30, 71 000 Sarajevo
eminahd@gmail.com

Nedžad Mekić dipl.ing.građ
Kanton Sarajevo
Ministarstvo privrede
ul.Reisa Dž.Čauševića br.1, 71 000 Sarajevo
nedzadmekic@gmail.com

Sažetak: Poznavanje karakteristika i prirode bujičnih tokova je važno radi ranog i pravovremenog upozoravanja od opasnosti i mogućih posljedica koje prouzrokuju bujične poplave, kao i za planiranje i provođenje preventivnih mjera kako bi se spasili životi ljudi, umanjila materijalna šteta. U radu će biti dati konkretni primjeri posljedica i šteta koje izazivaju bujice sa smjernicama za njihovo smanjenje.

Ključne riječi: Bujica, erozija, preventivne mjere

Abstract: Knowledge of the characteristics and nature of torrents is important in order to early and timely warn against the dangers and potential consequences of torrential floods, as well as to plan and implement preventative measures to save people's lives, to reduce material damage. The paper will give specific examples of the consequences and harms caused by torrents with guidelines for reducing them.

Key words: Torrents, erosion, preventive measures

1. UVOD

Brdovito-planinski reljef Bosne i Hercegovine i na njemu razvijena hidrigrafska mreža pogoduju stvaranju velikog broja erozionih područja koja uz pojavu intezivnih kiša doprinose pojavi bujičnih tokova različite vrste, karaktera, veličine i razorne moći. Moramo biti svjesni činjenice da su bujice prirodni fenomen koji nije moguće spriječiti, bez obzira koliko je siguran sistem za odbranu od poplava, uvijek će postojati vjerovatnoća njene pojave. Međutim moguće je, a i obaveza je smanjiti rizik od štetnih posljedica povezanih s bujicama. Kako bi mjere za smanjivanje tih rizika bile djelotvorne, one trebaju biti usklađene na cijelom riječnom slivu. Pojavi bujica pogoduju preduvjeti kao što su morfološke karakteristike, petrografski sastav tla, geološke podloge, litološke i strukturne osobine materijala i padavine kao klimatski faktor. Također značajan uticaj imaju antropogeni i ekonomsko-socijalni faktori koji se ogledaju kroz nesavjesno djelovanje čovjeka u pogledu sječe šuma, paljevina, ispaše stoke, krčenja šuma za stvaranje poljoprivrednih površina, čišćenje terena od minskih polja (karakteristično za BiH) i td. Bujica ima čvrstu i tečnu komponentu i treba se posmatrati kao dvofazni fluid. Bujica može čvrstu komponentu dobiti od rastresitog materijala nastalog kao rezultat erozionih procesa poremećajem ravnoteže i kretanjem materijala zahvaljujući otežanom zasićenju vodom aluvijalno-deluvijalnih naslaga na padinskim dijelovima, zatim podrivanjem obala i dna u riječnim koritima i transportom materijala bujičnim tokom kao i iz drveno-travnatog materijala kojeg čupa, nosi i vuče bujica. Tečna komponenta nastaje putem kiše i pljuskova, topljenjem snijega i leda kao i iz površinskih i podzemnih voda. Erozioni procesi u slivnim područjima bujičnih tokova dovode do pogoršanja vodnog režima. Geološko-geomorfološki faktori zajedno s hidrometeorološkim imaju prevashodnu ulogu u formiranju bujica koje karakterišu sljedeće osobine:

- manja površina sliva,
- kraća dužina korita,
- iznenadni nadolazak vode nakon intezivnog i dugotrajnog pljuska,
- poplavni talas s kratkim vremenom trajanja,
- brzi rast nivoa vode,
- veliki i promjenjiv podužni pad korita,
- velika razorna moć što izaziva promjenu morfologije bujičnog korita,
- veliki pronos erozionog nanosa i
- izlijevanje vode i nanosa iz korita i izazivanje ogromnih šteta na objektima, infrastrukturi i zemljištu.

Kod opisa bujičnih slivova i bujičnih tokova potrebno je znati da je:

- *bujični sliv* područje sa kojeg se sliva voda od kiša i topljenja snijega i leda,
- *bujično korito je korito vodotoka u kome se sliva voda sa padina i njime teče do recepijenta,*
- *bujica je mješavina vode i nanosa i teče velikom brzinom bujičnim koritom poslije jakih kiša ili intenzivnog topljenja snijega*

Međutim nije se došlo do opće prihvaćenih termina kod definiranja bujica, pa ćemo navesti neke definicije pojedinih istraživača kojima se opisuju bujični procesi.

„*Bujični sliv je prirodni sliv u kojem postoje ili se razvijaju procesi erozije zemljišta prouzrokovani vodnom erozijom*[1]“.
„*Pošto su procesi erozije bolesti zemljine kore, a slivovi dijelovi hidrografske mreže, to je bujični sliv oboljeli dio zemljine hidrografske mreže“*[2].
“Bujice predstavljaju planinske tokove zasićene čvrstim materijalom, koji su, ustvari kameno-blatni fluidi s ogromnom rušilačkom snagom koja se prenosi niz padinska udubljenja i jaruge do podnožja razlijevanja”[3].
Prema Direktivi Evropske Unije (2007/60/EC) o procjeni i upravljanju rizicima od poplava, definisano je da je poplava privremena pokrivenost vodom zemljišta koje obično nije pokriveno vodom i podrazumijeva poplave od rijeka, planinskih bujica, povremenih vodotoka i poplave od mora u priobalnim područjima.
Da bi nastala bujica mora da u gornjem dijelu sliva postoji dovoljna količina vode koja ima moć da pokrene transport erodiranpog materijala koji se nalazi na površinama i jarugama bujičnog sliva.
Bujični sliv karakterišu tri geomorfološke zone i to:

1. Gornji tok-zona formiranja bujice, to je zona denudacije, odnosno erozionih procesa u kojem se sakuplja erodirani materijal.

2. Srednji tok-zona tranzita tj. transporta nanosa s vodom iz gornjih dijelova sliva u donji, a to je uska dolina koja čini korito bujice,

3. Donji tok-zona rasčlanjenja bujice, a to je područje najvećeg akumuliranja nošenog materijala-nanosa.

Rasprostranjenost bujica i štete koje one čine prisutne su u BiH i Kantonu Sarajevo kako zbog konfiguracije terena, geološkio-pedoloških i hidroloških faktora tako i zbog antropogenih uticaja,

[1] Stanimir Kostadinov-Bujični tokovi i erozija,2008
[2] Slobodan Gavrilović ,Inžinjering o bujičnim tokovima i eroziji 1972
[3] Munir Jahić-Uređivanje bujica,2006

pa njihovo proučavanje, istraživanje i prevencija ima veoma veliki značaj za širu društvenu zajednicu. Naime preventivno djelovanje kroz dobro osmišljen program mjera u cilju sprečavanja negativnih posljedica bujičnih tokova u mnogome smanjuje rizike i štete koje one izazivaju.
Godine 2010 i 2014 u BiH i regionu su pokazatelj i upozerenje svim nadležnim institucijama i stručnoj javnosti da su bujice prisutne da izazivaju velike materijalne i druge štete te da se treba planski i instituconalno organizirati na zaštiti od njihiovog negativnog djelovanja. Očekivati je da će se zbog već uočljivih klimatskih promjena u budućnosti češće javljati intezivne padavine koje neće zaobići ni Bosnu i Hercegovinu, pa se treba posvetiti veća pažnja izučavanju erozionih procesa i bujičnih tokova, planirati preventivne i druge mjere, kako bi se smanjile štetne posljedice.

2. OSOBINE BUJICA I PROCESI KOJI UTIČU NA NJIHOVU POJAVU

2.1. Osobine bujica

Bujice su tokovi u kojima se nalazi krupnozrni i sitnozrni material, a nastaju kao rezultat dejstva vode i produkata erozije na planinskim i brdovitim terenima. Karakteriše ih iznenadna pojava, velike brzine, kratko djelovanje i velika razorna moć s jakom kinetičkom energijom. Direktno su povezane sa intezitom kiše i vremenom trajanja kiše. Veliki uticaj na nastanak nanosa ima geološka građa, šumski putevi i staze za eksploataciju šume, nagibi terena, pokrivenost vegetacijom, stanje površinskih i podzemnih voda, kao i učestalost i intenzitet padavina u posmatrnom bujičnom slivu ili erozionom području. Odnosi dobijenih parametara omogućavaju uspostavljanje korelacija između geomorfoloških i hidrogeoloških uslova. Tečenje u bujičnim tokovima je turbulentno sa stalnim promjenama režima tečenja, geometrija i hrapavost korita je prostorno i vremenski promjenjiva, hidraulika je specifična iz razloga njene dvofaznosti (voda+nanos), a granice površine nivoa vode i dna korita su promjenjive. Matematički opis tečenja u bujičnom toku je veoma složen. Zbog svoje dvofaznosti, uz velike padove dna, malih radijusa krivina i raznih prepreka duž bujičnog toka pojavljuje se turbulencija koja ima veoma veliko razorno dejstvo. Čvrsta faza u bujičnom toku u nekim slučajevima ima veliku koncentraciju i može iz osobina fluida preći u tzv. "***blatni***" tok.
Za bolje poznavanje bujica potrebno je znati uzroke njihovog nastanka, a najčešći uzroci su:
-intenzivne kišne, a to su padavine s intenzitetom preko 30 mm (bujične kiše),
-dugotrajne kišne padavine s posebnim osvrtom na padavine u vrijeme kada nema vegetacije,
-naglo topljenje snijega uz intezivne kišne padavine koji uzrokuju brzo doticanje velikih količina vode,
-pojava intezivnih pljuskova lokalnog karaktera na brdskim područjima i pogodnim terenima gdje se stvaraju bujice velikog rušilačkog dejstva,
-nedovoljan proticajni profil prirodnih korita za prihvat bujičnih voda,
-neplanska i nekontrolisana sječa šuma u slivnom području bujičnog vodotoka,
-razni antropogeni faktori.
U bijičnom slivu mogu se javiti različiti prirodni i antropogeni procesi koji zavise od mnogo činilaca. Koncentracija čvrste faze-nanosa važna je kod definisanja hidrauličkog režima i hidrauličkog otpora u koritu bujičnog toka. Značajnu ulogu kod posljedica koje izazivaju bujice je krupnoća i koncentracija vučenog nanosa kao i granična brzina pri kojoj se vrši pokretanje nanosa. Ova brzina je zavisna od dimenzija vučenog nanosa, koeficijenta trenja, zapreminske mase bujične vode, zapreminske mase nanosa i nagiba dna riječnog korita. Kod bujičnih tokova granice dna korita su promjenjive, jer takav režim tečenja i uslovi koji vladaju u bujičnim tokovima utiču nekada na taloženje nanosa, a nekada na njegovo pokretanje i odnošenje. Sve što se kasnije dešava u bujičnom toku posljedica je međusobne zavisnosti i odnosa procesa i pojava koje se javljaju u bujičnom slivu. Kako bi na pravi način izučili bujični tok, njegove brzine, energiju, pojavu, produkciju nanosa, vučni napon i druge potrebne elemente, prethodno treba izučiti pojave i procese koji se javljuju u cijelom obuhvatu bujičnog sliva.

2.2. Osnovni parametri koji karakterišu bujice

Oblik bujičnog sliva predstavlja odnos dužine obima sliva (vododjelnice) i dužine glavnog toka, a ukazuje na oblik slivne površine. Prema tome, bujičnost vodotoka povećava se sa povećanjem obima i smanjenjem dužine glavnog toka. Gravelius je postavio izraze za određivanje uticaja oblika sliva na pojavu poplavnih voda, a to su:

$$n=F/L^2 \quad \text{.....(1)}$$
n-morfološki koeficijent,

$$E = O/2\sqrt{pF} \quad \text{.....(2)}$$
E-modul razvijenosti vododjelnice

$$K_a=(F_l-F_d)/0,5\ .(F_l+F_d) \quad \text{.....(3)}$$
K_a *-koeficijent asimetrije sliva*

$$K_l=L_t/L_s \quad \text{.....(4)}$$
K_l*-koeficijent meandriranja toka*

$$K_n=L_l/L_d \quad \text{.....(5)}$$
K_n*-koef. neravnomjernosti riječnog toka*

$$m=S/S' \quad \text{.....(6)}$$

m-koeficijent razvoja vododjelnice
F-površina područja ili sliva u (km^2)
L-dužina sliva u (km)

F_l-površina sliva lijevih pritoka
F_d-površina sliva desnih pritoka
L_t-dužina glavnog toka
L_s-dužina sliva
L_l-ukupna dužina lijevih pritoka
L_s-ukupna dužina desnih pritoka
S-ukupna dužina vodojelnice
S'-obim kruga čija je površina jednaka površini sliva

Ako je n < 1 tada je slivno područje više izduženo što sprečava brzo oticanje vode. Ako je n=1 sliv je oblika kvadrata.

Ako je E >1 tada su smanjene mogućnosti za istovremeni nadolazak poplavnih voda iz sliva. Ako je E=1 tada je sliv oblika kruga. Ako je $K_a \approx 1$ sliv je simetričan, a ako je $K_a \neq 1$, sliv je asimetričan.

Gustina mreže pritoka u slivu

Gustina mreže pritoka u slivu je parametar koji pokazuje na mogućnost povećanja brzine koncentracije sa povećanjem gustine mreže pritoka, jer se vrijeme oticanja skraćuje. Tako razlikujemo četiri osnovne grupe prema gustini mreže pritoka:
- *Du < 0,5 [km/km^2] -slaba,*
- *Du = 0,5 do 1,0 [km/km^2] -srednja*
- *Du = 1,0 do 2,0 [km/km^2] -jaka*
- *Du > 2,0 [km/km^2] -vrlo jaka*

Za gustina hidrometrijske mreže u hidrološkim analizama koristi se izraz:

$$G=\Sigma L/F \quad \text{……..(7)}$$

ΣL –suma ukupnih dužina glavnog toka i svih pritoka
F-površina sliva u (km^2)

Reljef bujičnog sliva

Reljef bujičnog sliva jedan je od najvažnijih parametara i veoma bitan za vodnu eroziju, jer strmi tereni najviše su pogodni za stvaranje erozionih procesa, što znači da je erozija vezana za nagib i dužinu padine. Tu imamo nekoliko elemenata vezanih za reljef, a to je: pad, dužina, oblik i ekspozicija padina. Razorna moć vode koja otiče niz padine direktno zavisi od pada i dužine padine sjedne strane i količine vode koja je infiltrirana u zemljište i vode koja otiče niz padinu s druge strane. Za bolje analiziranje odabranog bujičnog sliva potrebno je odrediti visinske parametre bujičnog sliva ili erozionog područja. Jedan veoma značajan naučnik koji se bavio ovom problematikom je Slobodan Gavrilović koji je dao sljedeće izraze:

Srednja nadmorska visina (N_{sr})

Može se odrediti na slejdeće načine:
a)Preko površina između dvije susjedne izohipse i srednje nadmorske visine između tih izohipsi.

$$N_{sr}= (f_1.h_1+ f_2.h_2 + f_3.h_3+ \ldots + f_n.h_n) / F \quad \text{…….. (8)}$$

$f_1, f_2, f_3, \ldots, f_n$ -površine sliva između dvije susjedne izohipse u (km^2)

$h_1, h_2, h_3, \ldots, h_n$-srednje nadmorske visine između dvije susjedne izohipse u (m)

F-površina sliva u (km^2).

b) Za proračun perosječne nadmorske visine sliva (H_s) jedan od načina je da se izdvoje nadmorske visine proizvoljnih tačaka na glavnom toku i pritokama i to u gornjem, srednjem i donjem slivu.

$$H_s= (h_1+h_2+\ldots+h_3)/n \quad \text{…….. (9)}$$

h_n-nadmorske visine karakterističnih tačaka na glavnom toku i pritokama
n-broj karakterističnih tačaka

Srednja visinska razlika sliva (D)

$$D=N_{sr}-N_u \quad \text{…….... (10)}$$
N_{sr}-srednja nadmorska visina sliva
N_u-nadmorska visina ušća ili tačka profila

Srednji pad sliva J_{sr}

$$J_{sr} = (h. \Sigma L)/F \quad \text{…….…(11)}$$

h-hod izohipsi u (m)
ΣL-suma dužina svih izohipsi sliva u (km)
F-površina sliva u (km^2)

Visinski položaj sliva (H_{max} i H_{min}) i ukupan pad sliva (ΔH)

Za opis sliva bitna je maksimalna i minimalna nadmorska visina. Ukupan pad riječnog sliva dobije se kao razlika maksimalne (H_{max}) i minimale (H_{min}) nadmorske visine sliva.

$$\Delta H= H_{max} - H_{min} \quad \text{……. (12)}$$

Koeficijent bujičnosti vode prema Thiery (K)

Predstavlja modulus zasićenosti bujičnog toka nanosom i kreće se od K=0,7 do 0,9.

$$K= 1/(1+n\ (g-1)) \quad \text{……..…..(13)}$$

n-odnos zapremine bujičnog nanosa u jedinici zapremine bujične vode i kreće se od 1:2,1:3, 1:4 i 1:5

***g**- zapreminska težina bujične vode sa nanosom (t/m³) i kreće se od 1,1 do 1,5.*

Vrijednost koeficijenta K utiče na brzinu bujičnog toka na način da veće vrijednosti koeficijenta K smanjuju brzine bujičnog toka zbog veće koncentracije nanosa u bujičnoj vodi.

Potencijal slivanja u vrijeme bujičnih kiša (P_{sl})

$$P_{sl} = \sqrt{2g.D.F} \quad \text{.....(14)}$$

D-srednja visinska razlika u (m)
F-površina sliva u (km²)
g-gravitacija

Dužina površinskog oticanja (l_0)

Dužina površinskog oticanja zajedno sa nekim drugim faktorima značajno utiče na količinu vode koja će doći do bujičnog korita, a kod intezivnih padavina direktno utiče na bujičnost vodotoka.

Dužina površinskog oticanja (l_0) približno je jednaka polovini gustine riječne mreže (D) pa iznosi:

$$l_0 = 1/2.D \quad \text{.....(15)}$$

Ukupan pad toka (H_r)

Ukupan pad toka (H_r) predstavlja razliku nadmorske visine izvora glavnog vodotoka ($H_{r,max}$) i izlaznog profila (ušća) ($H_{r,min}$).

$$H_r = H_{r,max} - H_{r,min} \quad \text{.....(16)}$$

Prosječni pad toka (I_{sr})

Prosječan pad toka (I_{sr}) predstavlja količnik ukupnog pada (H_r) i ukupne dužine toka (L) i izražava se u *m/km*.

$$I_{sr} = H_r / L \quad \text{.....(17)}$$

Koeficijent oticanja (C)

Predstavlja odnos između visine oticanja (Y) i visine padavina (X) u procentima (%). Iz ovog odnosa definira se udio padavina izlučenih na površinu sliva koji otiču u bujicu i tako utiče na njen proticaj.

$$C = Y/X.100 \quad \text{.....(18)}$$

Stanje i vrsta vegetacionog pokrivača

Ogoljene površine u slivu su idealne za neometano oticanje vode tokom intenzivnih kiša. Kako ne postoje prepreke koje bi smanjile brzinu oticanja, voda pojačano erodira zemljište i stvara jaruge u kojima se počinje formirati bujično tečenje. Ukoliko je područje duže vrijeme ogoljelo već postoje formirane jaruge kojima se kreće oborinska voda. Zato je pokrivenost bilo kojom vegetacijom veoma bitna za sprečavanje erozionih procesa i brzog formiranja bujičnih tokova. Vegetacioni pokrivač sliva je veoma bitan za oticanje ali je važano da li je pokriven šumama dobrog sklopa.

Bujični sliv može biti pokriven sa:
- šumom dobrog sklopa,
- travnato-žbunastom vegetacijom,
- -ili je sliv pod goletima.

Sa povećanjem površina pod šumskom vegetacijom dobrog sklopa opada bujičnost sliva i obrnuto.

Erozioni procesi direktno utiču na bujičnost sliva, jer sliv sa većim erodiranim površinama ima veću bujičnost. Erozija je veoma složen prirodni proces na koji utiču razni faktori kao što su:
- klimatski (padavine, temperature vazduha i zemljišta),
- zemljište (mehanički sastav, hrapavost površine, pokrivenost površine kamenjem, početna vlažnost),
- -egetacioni pokrivač, reljef (oblik, dužina i nagib padina),
- geološka podloga,
- antropogeni i drugi faktori.

Ima više vrsta erozije i to: površinska, slojevita, osulinska, karstna, brazdasta, jaružasta, urvinska i td.

U BiH i Kantonu Sarajevo najčešće se javlja:
- pluvijalna erozija (erozija izazvana kišom) i
- -fluvijalna erozija (erozija izazvana tekućom vodom).

Na *slici 1.* prikazano je erozivno područje u slivu potoka Jehovac u Hadžićima.



Slika 1.Erozioni procesi u slivu potoka Jehovac Hadžići 2019-lična arhiva

Bez obzira koje se erozije pojavljuju u slivu one direktno utiču na količine i vrstu nanosa koji se

pojavljuje u bujičnom toku. Svi procesi erozije moraju se sublimirati u jedan pokazatelj, a to je:

Koeficijent erozije (Z) koji je za prostore bivše Jugoslavije odredio Slobodan Gavrilović i njegove vrijednosti podijelio za eroziona područja i to na pet kategorija razornosti za koja je dao srednji koeficijent erozije (Z_{sr}) koji iznosi:

I-Ekscesivna erozija	Z_{sr}*= 1,25*
II-Jaka erozija	Z_{sr}*= 0,85*
III-Osrednja erozija	Z_{sr}*= 0,55*
IV-Slaba erozija	Z_{sr}*= 0,30*
V-Vrlo slaba erozija	Z_{sr}*= 0,10*

Koeficijent erozije se može odrediti i analitički preko formule:

$$Z=Y.X.a.(\varphi+\sqrt{J_{sr}}) \quad \text{.....(19)}$$

Y-recipročna vrijednost koeficijenta otpora zemljišta na eroziju.
X .a-koef uređenja sliva ili erozionog područja
φ-koeficijent koji predstavlja brojni ekvivalent jasno izraženih procesa erozije u slivu.
J_{sr}*-srednji pad sliva ili posmatranog erozionog područja.*

Za odabrani bujični sliv potrebno je odrediti koje su to vrste erozije prisutne, a najvažnije je odrediti koliki je koeficijent bujičnosti (Z_{sr}) kako bi utvrdili kojoj od kategorija (I-V) razornosti pripada slivno područje.

Padavine i njihov režim

Padavine, a prevashodno njihov intenzitet direktno utiču na intenzitet i razvoj erozionih procesa i pojavu bujičnih tokova. Treba istaći da ukupna godišnja količina padavina nije od presudnog značaja na pojavu erozionih procesa i bujica već taj uticaj imaju kiše vrlo jakog intenziteta s učestalom pojavom, a to su bujične kiše**.** Prema *G.Ginestousu* bujične kiše su one koje u toku 24 sata daju količinu atmosferskog taloga iznad 30 mm. Međutim prema istraživanjima *S.Gavrilovića* od 1950-1956 u Grdeličkoj klisuri mjerenjem je dokazano da i kiše manje od 30 mm izazivaju jako oticanje i pojavu bujičnih tokova.

Zapremina pale vode V_p

Zapremina pale kiše se računa prema izrazu:

$$V_p=P.F \quad \text{.....(20)}$$

P-padavine,
F-površina

Oblik kiše i njihova eroziona energija zavisi od brzine padanja (V_k) i prečnika kišnih kapi d_k u (*cm*), pa jedna od praktičnih formula za brzinu padanja kišnih kapi je *V.V.Slastihini-jeva* formula koja glasi:

$$V_k=13.\sqrt{d_k} \quad \text{.....(21)}$$

d_k*- prečnika kišnih kapi*

Maksimalne dnevne padavine (*M*)

Maksimaklne dnevne padavine zavise od godišnjih visina padavina H_{god} *(u mm)* i mogu se izračunati prema formuli *Hellmana*:

$$M=21,38+0,021\,H_{god} \quad \text{.....(22)}$$

H_{god} *- visina godišnjih padavina (u mm)*

Intenzitet kiše (i)

Intenzitet kiše *u (mm/min),* može se sračunati preko sljedeće formule ako imamo mjerenja:

$$i=h/t \quad \text{.....(23)}$$

h-visina pale kiše (mm)
t-vrijeme trajanja kiše (min)

Ako nemamo mjerenja padavina tada se intenzitet kiše može odrediti empirijskim formulama, a jedna od njih je formula *M.M.Protođakonova:*

$$i=5/(1+0,05.t) \quad \text{.....(24)}$$

t-vrijeme trajanja kiše (min)

Geološko-petrografski i pedološki uslovi

Geološko-petrografski uslovi sliva iskazuju se preko koeficijenta vodonepropusnosti koji zavisi od stijenskih masa koje čine geološku podlogu sliva i dijele se na:
-izrazito vodopropusne podloge (šljunak, pijesak itd.),
-srednje vodonepropusne podloge (fliš, laporci, škriljci itd.) i
-izrazito vodonepropusne podloge (gline, glinovito-uljni škriljci, eruptivne stijene itd.).

Proračun vrijednosti koeficijenta vodopropusnosti (S_1) računa se prema formuli:

$$S_1=0,4\,.\,f_p+0,7.\,f_{pp}+f_{np} \quad \text{.....(25)}$$

f_p*-površina sliva u procentima, koja se nalazi izgrađena od tvorevina jake vodopropusnosti,*
f_{pp}*- površina sliva u procentima, koja se nalazi izgrađena od tvorevina osrednje vodopropusnosti,*

f_{np}- površina sliva u procentima, koja se nalazi izgrađena od tvorevina slabe vodopropusnosti.

Analiza vegetacionog pokrivača u bujičnom slivu

Veoma veliki uticaj na pojavu erozionih procesa i pojavu bujica ima pokrivenost šumom, poljoprivrednim kulturama, livadama, pašnjacima i drugim rastinjem bujičnog sliva. Stanje vegetacionog pokrivača određuje se koeficijentom pošumljenosti sliva (K_f). Koeficijent pošumljenosti sliva (K_f), može se sračunati preko izraza:

$$K_f = F_š/F \quad \text{.....(26)}$$

Fš-površina sliva pod šumom
F-površina cijelog sliva

U cilju boljeg prikazivanja bujičnog sliva potrebno je izraditi kartu vegetacionog pokrivača kako bi se dobili precizni podaci o površinama pod šumom, pašnjacima, livadama, oranicama, voćnjacima, goletima, barama, površinama pod jaružastom i brazdastom erozionim. Sve prethodno nam služi za određivanje koeficijenta vegetacionog pokrivača (S_2):

$$S_2 = 0{,}6 \cdot f_š + 0{,}8 f_t + f_g \quad \text{.....(27)}$$

$f_š$-površina sliva u procentima, pod šumama i šikarama dobrog sklopa,
f_t-površina sliva u procentima, pod travnim pokrivačem, livadama i pašnjacima,
f_g-površina sliva u procentima, pod goletima, oranicama i degradiranim zemljištem.

$$f_š + f_t + f_g = 100\ \% \quad \text{.....(28)}$$

Ukoliko je koeficijent $S_2 \approx 1$ tada je sliv ili eroziono područje nezaštićeno vegetacionim pokrivačem. Ovaj koeficijent je pokazatelj potrebe izrade mjera i radova protiv pojave erozije u bujica.

Snaga i energija bujice-rušilačko dejstvo bujice

Svaka bujica ima određenu količinu energije koja se troši za savladavanje unurašnjih i vanjskih otpora, zatim se troši na eroziju korita i transport nanosa.

Snaga (N) bujice jednaka je:

$$N = \rho . g . Q . H \quad \text{.....(29)}$$

ρ- gustina vode *(kg/m^3)*
g- gravitacija *(m/s^2)*
Q-protok bujice *(m^3/s)*
H-pad bujičnog toka *(m).*

Energija (E) bujice u vremenu (T) jednaka je:

$$E = N . T \quad \text{.....(30)}$$

Određivanje režima nanosa u bujičnom slivu

Mjerenje nanosa na bujicama je neposredno povezano sa erozionim procesima i njihovim intenzitetom. Nanos u bujicama nije rezultat samo erozionih procesa već imamo i hemijsko rastvaranje i koroziju stijenskih masa. Prema S.Gavriloviću proticaj nanosa u hidrometrijskom profilu sačinjava čvrsti mehanički nanos (M_n) i u vodi hemijski rastvoreni nanos (H_n). Čvrsti mehaniki nanos (M_n) sastoji se od suspendovanog nanosa (S_n) i vučenog (T_e). Ukupni proticaj nanosa Q_n iznosi:

$$Q_n = M_n + H_n = S_n + T_e + H_n \quad \text{.....(31)}$$

Kod bujica član H_n je veoma mali pa se u proračunima zanemaruje. Inžinjer Iraklije Herheulidze 1947.godine postavio je obrazac za proračun pronosa bujičnog nanosa u jedinici vremena koji glasi:

$$Q_n = Z . e . Q_{max/sr} \quad \text{.....(32)}$$

Q_n-sekundni proticaj vučenog i suspendovanog nanosa u m^3
$Q_{max/sr}$-maksimalni proticaj vode za računsku bujičnu kišu tokom prosječne godine
***Z**-koeficijent erozije sliva*
***e**-koeficijent zasićenosti bujičnog toka nanosom*

$$e = \sqrt{h/g_n} + h \quad \text{.....(33)}$$

***h**-visina prosječne godišnje bujične kiše u (m)*
***g_n**-zapreminska težina bujičnog nanosa u (t/m^3).*

3. ŠTETE KOJE IZAZIVAJU BUJICE

3.1. Štete od bujica

Proučavanje šteta od bujica je neophodno zbog utvrđivanja njihovog ukupanog iznosa na određenom bujičnom toku, kako bi se uspostavila korelacija između potrebnih ulaganja za planirane mjere zaštite i ekonomskog efekta koji se time postiže. Veličina šteta od bujica zavisi od veličine i izgrađenosti objekata i infrastrukture, poljoprivrednih površina i drugih vrijednosti u području pod uticajem bujica. Površina obuhvata je u funkciji veličine odnosno vjerovatnoće pojave poplavnog talasa pa se i veličina šteta iskazuje kao funkcija vjerovatnoće pojave bujica i veličine područja koje je zahvaćeno bujicama. U cilju utvrđivanja funkcije šteta, potrebno je izvršiti hidrološku analizu velikih voda duž bujičnog toka, odrediti vjerovatnoće najvećih proticaja i druge karakteristike bujica, a zatim za njih odrediti i plavne

zone na obalama i inundacijama bujica. Na osnovu podataka o načinu korišenja zemljišta u obuhvatu djelovanja bujica (broj stambenih, industrijskih i drugih objekata, vrste poljoprivredne proizvodnje, izgrađenosti infrastrukture i dr.) određuje se visina štete koju bi bujica određene vjerovatnoće izazvala. Treba istaći da se štete od bujica stalno povećavaju zbog sve intenzivnijeg korištenja inundacionih područja uz bujične tokove. U tim područjima koja su ugrožena od bujica prisutno je sve više izgrađenih javnih i privatnih objekata, saobraćajne i komunalne infrastructure pa su zbog toga i štete veće. Na slikama 2 i 3 vidljivo je da se uz bujice nalazi izgrađena infrastruktira i objekti pa se sa stepenom izgrađenosti povećavaju i štete.



Slika 2: Radića potok u Vogošći 2014. Godina

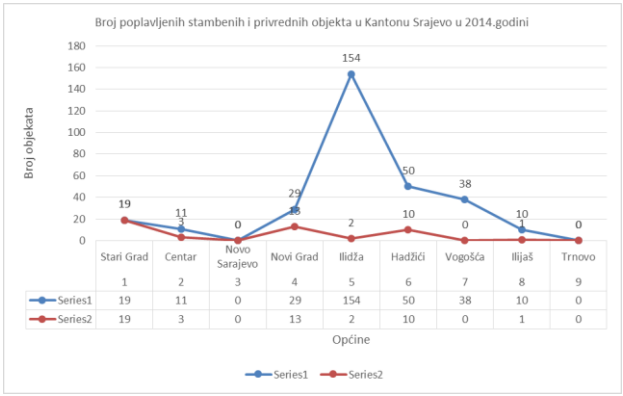


Slika 3 :Rijeka Zujevina Hadžići 2017.godina

Tabela 1. Broj poplavljenih objekata u Kantonu Sarajevo po općinama u 2014. godini[4].

R.br.	Kanton Sarajevo Općine	Broj poplavljenih objekata u 2014 godini		
		Stambeni objekti	Privredni objekti	Ukupno
1	Stari Grad Sarajevo	19	19	38
2	Centar Sarajevo	11	3	14
3	Novo Sarajevo	0	0	0
4	Novi Grad Sarajevo	29	13	42
5	Ilidža	154	2	156
6	Hadžići	50	10	60
7	Vogošća	38	0	38
8	Ilijaš	10	1	11
9	Trnovo	0	0	0
	Ukupno:	**311**	**48**	**359**

[4] "Analiza stanja pojave poplava na području Kantona Sarajevo i prijedlog mjera za rješavanje problema poplava" koju je izradila Kantonalna uprava CZ u 2019. godini.



Slika 7.Broj poplavljenih stambenih i privrednih objekata u 2014. godini u Kantonu Sarajevo

U Općini Vogošća 2014. godine su se zbog jakih kiša i bujica pokrenula klizišta, poplavljeni su objekti, pa je prilikom aktivne odbrane od poplava naložena mjera evakuacije i smještaja stanovništva. Broj evakuisanih stanovnika i smještajni kapaciteti dati su *tabeli 2*.

Tabela 2: Smještajni kapaciteti sa brojem evakuisanih lica

R.br.	*Smještajni kapaciteti*	*Broj porodica*	*Broj članova*
1.	*"Hotel Bešlić*	*14*	*46*
2.	*Home story*	*25*	*88*
3.	*Motel "Royal"*	*6*	*23*
4.	*Odmaralište CK KS*	*4*	*25*
5.	*Privatni smještaj*	*27*	*80*
	Ukupno:	*76*	*262*

Kategorije šteta izazvanih bujicama

Štete od bujica mogu biti vrlo raznovrsne, pa se njihovo evidentiranje, kategorisanje i prikazivanje treba dati na način da prikaže stvarno pričinjene štete uz odgovarajuće materijalne dokaze. Prema propisanoj metologiji u elaboratima, izvještajima i analizama štete se kategorišu na: potencijalne, direktne i indirektne.

Potencijalne štete se procjenjuju u procesu projektovanja sistema i u planovima preventivnih mjera za zaštitu od bujica. Procjenom potencijalnih šteta određuje se dinamika obezbjeđenja finasijskih sredstava za finasiranje preventivnih mjera. Važna je tačna procjena potencijalnih šteta, koje treba odrediti

na osnovu tehno-ekonomske analize i poplavnog rizika.

Direktne štete utvrđuju se po propisanoj metodologiji i utvrđuju ih stručne komisije na terenu neposredno poslije prestanka bujica. Bitno je utvrditi stvarne štete uz prikupljene materijalne dokaze koje treba detaljno evidentirati i grupisati prema važnosti sa realnom procjenom šteta. U *tabeli 7* prikazano je kako i za koje kategorije se utvrđuju direktne štete.

Indirektne štete predstavljaju izgubljeni prihod zbog prekida rada izazvan nastankom i proglašenjem prirodne ili druge nesreće i to na području na kojem su nastale direktne štete. U ovu kategoriju ulazi gubitak prihoda i smanjenja proizvodnje zbog angažovanja radne snage i mehanizacije u odbrani od poplava, prekida saobraćaja, evakuacije, neprohodnosti saobraćajnica za dostavu repromaterijala i transport proizvoda, zatim štete na objektima i mašinama.

U Kantonu Sarajevo u naselju Vlakovo zbog velikog broja proizvodnih objekata izgarđenih uz bujični potok Trnava indirektne štete u polavama 2014. godine bile su velike i mnogo veće od direktnih šteta. U indirektne štete spadaju i značajni troškovi na suzbijanju hidričnih epidemija i bolesti prouzrokovanih zagađenjem voda u vodovodnim sistemima ili izlivanjem otpadnih voda iz kanalizacionih sistema i septičkih jama.

4. MJERE ZAŠTITE OD BUJICA

Moramo biti svjesni činjenice da su bujice prirodni fenomen čiju pojavu nije moguće spriječiti bez obzira koliko je siguran sistem za odbranu od bujica. Međutim moguće je, a i propisano je zakonskom regulativom da se moraju planirati mjere i aktivnosti radi smanjenja rizika od štetnih posljedica povezanih s bujicama. Također i EU Direktiva 2007/60/EZ definira poplavni rizik kao kombinaciju vjerovatnoće pojave poplavnog događaja i mogućih štetnih posljedica poplavnog događaja na zdravlje ljudi, okoliš, kulturnu baštinu i gospodarsku aktivnost. Ona definira poplavni rizik kao : ***poplavni rizik = vjerovatnoća pojave x posljedice.***

Mjere smanjenja negativnog djelovanja i aktivne odbrane od poplava provode se na osnovu smjernica datih u KOP-a i na osnovu Zakona o zaštiti i spašavanju ljudi i materijalnih dobara od prirodnih i drugih nesreća. ("Službene novine Federacije BiH", br. 39/03, 22/06 i 43/10). Ovim Zakonom se uređuje sistem zaštite i spašavanja ljudi, biljnog, životinjskog svijeta, materijalnih, kulturnih, historijskih i drugih dobara, zatim zaštita okoliša od prirodnih nepogoda. Njim su propisana prava i dužnosti građana i tijela Federacije, kantona i općina, privrednih društava i drugih pravnih osoba. Organizacija zaštite i spašavanja ljudi i materijalnih dobara od prirodnih i drugih nesreća, prema ovome Zakonu, ostvaruje se organiziranjem i poduzimanjem slijedećih mjera i aktivnosti:

1) otkrivanje, praćenje i sprječavanje opasnosti od prirodnih i drugih nesreća;
2) obučavanje i osposobljavanje za zaštitu i spašavanje;
3) organiziranje, opremanje, obučavanje i osposobljavanje civilne zaštite i uspostavljanje i održavanje drugih vidova zaštite i spašavanja;
4) obavještavanje stanovništva o opasnostima i davanje uputstava za zaštitu i spašavanje;
5) mobiliziranje i aktiviranje snaga i sredstava za zaštitu i spašavanje;
6) otklanjanje posljedica prirodnih i drugih nesreća do osiguranja osnovnih uvjeta za život;
7) nadzor nad provođenjem propisa o zaštiti od prirodnih i drugih nesreća;
8) pružanje materijalne pomoći.

Sve navedene mjere koje se provode radi zaštite od bujica i bujicama izazvanih poplava mogu se grupisati u mjere koje se provode: prije u toku i nakon pojave bujica.

4.1. Preventivne mjere za zaštitu od bujica koje se provode u Kantonu Sarajevo

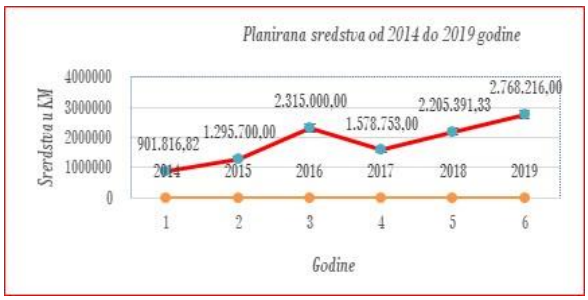
U praksi se pokazalo da su štete izazvane bujicama ogromne pa se trebaju planski provoditi određene preventivne mjere, jer se njihovim provođenjem smanjunju negativne posljedice koje izazivaju bujice. Preventivne mjere definirane su kroz KOP-Kantonalni plan odbrane od poplava objavljen u (Sl.novine Kantona Sarajevo broj:10/13). Palnom su definirane mjere, zadaci koje treba izvršiti te izvršioci i rokovi izvršenja tih mjera. KOP je obavezujući planski dokument za postupanje u toku aktivne odbrane od poplava. Praksa pokazuje da ažuriranje i prilagođavanje mjera i aktivnosti u KOP-u treba biti obavezujuća i kontinuirana. Veoma je bitan redosljed i dinamika provođenja planiranih preventivnih mjera. Također je bitno znati iz stečenih iskustava da odlaganje izvršenja mjera povećava štete prilikom pojave buujica. U *tabeli 3* date su preventivne mjere koje treba provoditi sa određenim rokovima i izvršiocima.

Tabela.3.Preventivne mjere, izvršioci i rokovi

R. br.	*Preventivne mjere zaštite od bujica*	*Zadaci koje treba izvršiti na provođenju mjera*	*Izvršioci mjera*	*Rokovi*
1	*2*	*3*	*4*	*5*
1	*Utvrđivanje i snimanje stanja bujičnih tokova na terenu i prikupljanje sve raspoložive projekttne dokumentacije i planova*	*Izvršiti snimanje stanja bujičnih tokova, izrada mapa rizika, priprema projektne i investicono tehničke dokumentaciju za provođenje preventivnih mjera na ugroženom području.*	*Vlada KS putem ministarstava, Općine, Štabovi CZ*	*Prema planu Ministarstava,Općina i Uprave CZ- Kontinuirano*
2	*Izrada godišnjih i višegodišnjih Palnova i Programa sa utvrđenom dinamikom i finasijskim sredstvima za izvođenje radova na ugroženim područjima i bujicama*	*Programom definirati prioritetne projekte i hitne mjere koje treba realizirati bez odlaganja, odrediti kritične dionice na bujicama na osnovu snimljenog stanja na terenu i odrediti priritete, lokalitete, potrebna sredstva i dinamiku realizacije projekata.*	*Vlada KS putem ministarstava i općine, štabovi civilne zaštite, KJKP Agencije az vodna područja.*	*Prema planu Ministarstava KJKP i Uprave CZ* *Kontinuirano*
3	*Obezbjeđenje finasijskih sredstava i određivanje nosioca za realizaciju Planova i Programa radova*	*Obezbijediti sredstva i usvojiti prijedlog finansiranja prema prioritetima te utvrditi nosice, dinamiku izvođenja uz* *obezbjeđenje sredstava. Budžeti, kreditna sredstva i dr*	*Vlada KS i općine, Štabovi CZ,*	*Prema planu Ministarstava,Općina Uprave CZ* *Kontinuirano*
4	*Izvođenje hitnih radova koji ne trpe odlaganja na pročišćavanju i regulaciji bujičnih korita, sanciju nasipa a sve prema usvojenom Programu-*	*Izvršiti prvo hitne intervencije na kritičnim tačakama u bujičnim koritima i oštećenim nasipima na bujicama, pa zatim ostale radove na bujicama prema utvrđenoj dinamici .*	*Vlada KS i općine, Štabovi CZ, KJKP*	*Prema planovima Ministarstava,Općina Uprave CZ* *Kontinuirano*
5	*Kordiniranje aktivnosti u smislu provođenja KOP sa:Agencijama za vodna područja, Kantonalnim Štabom CZ, Općinama* *-Federalnom upravom CZ-e,KJKP preduzećima* *-Hidrometeorološkim zavodom Federacije BiH*	*Obavezna koordinacija sa institucijama koje učestvuju u provođenju mjera iz KOP-a u cilju spremnosti za provođenje mjera aktivne odbrane. Sagledati stanje spremnosti svih snaga i timova zaduženih za provođenje mjera zaštite, spašavanja i djelovanja u slučaju pojave poplava. Otkloniti nedostatke u hodu.*	*Vlada KS, Općine i Štabovi CZ,*	*Prema planovima i programima opremanja i obučavanja, svako iz svog segmenta* *Kontinuirano.*
6.	*Provjera Sistema veza u Kantonalnom Operativnom centru CZ*	*Provjera opreme, procedura, obuka ljudstva za provođenje mjera javljanja, obavještavanja, informiranja Nedostatke otkloniti u hodu.*	*Vlada KS, Općine Operativni centri CZ*	*Prema planovima i programima opremanja i obučavanja. Kontinuirano*

Tabela 4.Ulaganja u Kantonu Sarajevo u bujice

Godina	*Planirana sredstva u KM*
2014	*901.816,82*
2015	*1.295.700,00*
2016	*2.315.000,00*
2017	*1.578.753,00*
2018	*2.205.391,33*
2019	*2.768.216,00*
Ukupno	*11.064.877,15 KM*



Slika 8. Ulaganja zaštitu od bujica od 2014 do 2019.godine

Na *slici 8.* prikazana su ulaganja za zašitu od štetnog djelovanja voda u Kantonu Sarajevo kako bi se umanjile štete od bujica. Na dijagramu je vidljivo da je nakon 2014. godine povećan iznos sredstava sa 901.816,82 KM u 2014. godini na 2.768.216,00 KM planiranih u 2019. godini, što ukupno za šest godina iznosi 11.064.877,15 KM. Radi se o značajnom povećanju i ako ne još dovoljnom. Velike učinke na smanjenju negativnih posljedica koje izazivaju bujice su preventivne mjere kojima se izvode radovi na pročišćavanju, izradi odbrambenih nasipa i trajnoj regulaciji koje provodi Kanton Sarajevo putem Godišnjeg programa uređenja riječnih korita i zaštite od poplava. Praćenjem stanja na terenu uočeno je da se zbog reljefa, prisutnih erozionih procesa kao i nekih antropogenih uticaja javljaju velike količine nanosa koje smanjuju proticajne profile bujičnih tokova. Navedenim godišnjim programima većina izdvojenih sredstava se raspoređuje na bujične tokove na cijelom Kantonu radi njihovog čišćenja u uređenja. Postoje i radovi na trajnoj regulaciji riječnih korita gdje se uoči da se hitne preventivne mjere čišćenja stalno ponavljaju. Sredstva su nedovoljna za jako razvijenu hodrografsku mrežu ali postoji kontinuitet ulaganja s tendencijom povećanja iznosa finasijskih sredstava. Specifičnost Kantona Sarajevo je taj da se gradnja stambenih i poslovnih objekata, saobraćajne infrastructure, većinom planira i nalazi u inundacionim pojasevima bujica što u velikoj mjeri utiče na kvalitet i efikasnost mjera i značajno utiće na povećanje sredstava koje treba obezbijediti za rješavanje imovinskih odnosa i izvođenje radova. Treba istaći da su poplave iz 2014. godine bile alarm za sve institucije, kao i za cjelokupno društvo da se na ozbiljniji i efikasniji način počnu baviti problemima bujica i planiranju preventivnih mjera.

4.2. Mjere aktivne odbrane od bujica, mjere zaštite i spašavanja ljudi i materijalnih dobara

Mjere aktivne odbrane od bujica i aktiviranje KOP-a-Kantonalnog operativnog plana odbrane od poplava i leda, započinje kada Kantonalni operativni centar CZ-e na osnovu prikupljenih podataka i informacija sa terena zaključi da su vodostaji dostigli kritične kote kada prema planu započinje aktivna odbrana od polava. Tada je neophodno početi sa provođenjem mjera aktivne odbrane od poplava. Podaci o vodostajima se prikupe na automatskih vodomjernim stanicama Agencije za vodno područje rijeke Save i stanicama Hidrometeorološkog zavoda Federacije BiH.

Aktivna odbrana od polava započinje aktiviranjem Kantonalnog štaba CZ-e, Općinskih štabova CZ-e i Rukovodioca odbrane, od kada započinje planska odbrana od štetnog djelovanja voda izavanim bujicama. Aktivira se na branjenom području potrebno ljudstvo i tehnika.U *tabeli 5* date su mjere aktivne odbrane od bujica, zadaci koje treba provoditi, izvršioci mjera i rokovi izvršenja.

Tabela 5:Mjere aktivne odbrane od bujica i mjere spašavanja koje provodi Kanton Sarajevo

R. br	*Mjere spašavanja ljudi i materijalnih dobara*	*Zadaci koje treba izvršiti na provođenju mjera*	*Izvršioci*	*Rokovi*
1	*2*	*3*	*4*	*5*
11	*Mobilozacija snaga i sredstava koje provode mjere zaštite i spašavanja*	*Izvršiti mobilizaciju snaga i sredstava koje učestvuju u provođenju mjera aktivne odbrane i mjera spašavanja prema Planu mobilizacije*	*Vlada KS i Štabovi CZ-e*	*Po proglašenju aktivne odbrane*
22.	*Koordinacija aktivnosti na provođenju mjera zaštite i spašavanja*	*Provode se mjere zaštite definisane planovima, a koordiniraju ih Štab CZ KS i Općinski štabovi CZ*	*Štab CZ KS i Općinski štabovi CZ*	*Odmah bez odlaganja*
33	*Provođenje mjera zaštite na vodotocima*	*Provode se mjere pročišćavanja korita bujica, izrađuju priremeni nasipi, obaloutvrde, postavljaju vreće, ispumpava voda iz poplavljenih objekata, otvaranje retenzija za prijem voda i dr.*	*Jedinice CZ, prema potrebi pripadnici OS BiH, građani i komunalna i građevinska preduzeća*	*Odmah bez odlaganja*
44	*Evakuacija stanovništva i materijalnih dobara*	*Vrši se evakuacija stanovništva i materijalnih dobara sa poplavljenog područja i područja za koje se očekuje da bude ugroženo.*	*Jedinice CZ, pripadnici MUP i OS BiH*	*Odmah bez odlaganja*
5 55 .	*Provođenje mjera prve medicinske pomoći i higijensko epidemiološke zaštite*	*Provode se mjere na pružanju prve medicinske pomoći, vrše se stalne kontrole zdravstvene ispravnosti vode za piće, dezinfekcija podzemnih bunara, kaptaža ,rezervoara te provođenje i drugih mjera na sprečavanju nastajanja epidemija i širenja zaraznih bolesti kao i po potrebi vakcinacija ugroženog stanovništva*	*Ekipe zdravstvenih ustanova, ekipe, jedinice CZ-e opremljene za pružanje prve medicinske pomoći*	*Odmah bez odlaganja*
66.	*Asanacija terena*	*Provode se sanitarno-higijenske i sanitarno-tehničke mjere na terenu u naseljenim mjestima, stambenim i drugim objektima u cilju sprečavanja širenja zaraze, epidemija i drugih štetnih posljedica za ljude i materijalna dobra.*	*Secijalirovane jedinice CZ-e, zdravstvene i veterinarske ekipe*	*Po potrebi u toku i nakon prestanka bujičnih poplava*
77.	*Provođenje potrebnih mjera bezbjednosti stanovništva i imovine te regulisanje saobraćaja na ugroženom području*	*Provođenje mjera bezbjednosti stanovništva, zatim sprečavanje krađa, devastacija imovine i regulacija saobraćaja prema operativnim planovima*	*MUP KS i PU Općina i pripadnici CZ*	*Odmah bez odlaganja*
88.	*Mjere koje naloži Kantonalni i općinski štab CZ i rukovodilac aktivne odbrane od polava*	*U toku aktivne odbrane od bujica često se ukazuje potreba za provođenjem mjera koje nisu obuhvaćene planovima,a iskazala se potreba za njihovim provođenjem, tada Rukovodilac odbrane od poplava ili Kantonalni i općinski štabovi CZ nalažu te mjere.*	*Onaj kome je mjera naložena*	*Odmah bez odlaganja*

4.3. Mjere za otklanjanje posljedica od bujica

Zakonom o vodama Kantona Sarajevo[5] i KOP-om[6] propisana je obaveza vršenja sanacije posljedica štetnog djelovanja voda, koja se radi na osnovu programa sanacije. U praksi je problem ko će snositi štete nastale od bujica, jer su česte tužbe nadležnim sudovima od starne pravnih i fizičkih lica prema općinama i Kantonu radi nadoknade štete. Radi se o veoma velikom problemu koji opterećuje državne organe sa pravnog i finasijskog aspekta, jer se to posmatra kao nepreduzimanje mjera nadležnih organa na zaštiti od posljedica bujica. Treba istaći da se u slučajevima kada se proglasi vanredno Stanje, nastale štete se posmatraju kao djelovanje prirodnih nepogoda. Zakonom je propisano da sredstva za sanaciju posljedica od štetnog djelovanja voda nastale na vodnom dobru ili na drugoj vodnoj infrastrukturi ili drugom vodnom objektu i uređaju, koji je u vlasništvu Kantona, Grada i općina osigurava Kanton iz prikupljenih vodnih naknada, dok sredstva za sanaciju posljedica štetnog djelovanja voda nastalih na vodnom objektu ili uređaju namijenjenom za posebno korištenje voda i vodnog dobra koji nije u vlasništvu Kantona, osigurava vlasnik vodnog objekta ili uređaja. U *tabeli 6.*date su mjere za otklanjanje posljedica izazvanih bujicama.

Tabela 6. Mjere za otklanjanje posljedica izazvanih bujicama

R. br	*Mjere otklanjanja posljedica*	*Zadaci koje treba izvršiti na provođenju mjera*	*Izvršioci*	*Rokovi*
1	*2*	*3*	*4*	*5*
1	*Procjena štete*	*Procjenu šteta vrše komisije za procjenu šteta KS i općina prema Uputstvu o jedinstvenoj metodologiji za procjenu šteta od elementarnih nepogoda.*	*Vlada KS i općina putem Komisija*	*30 dana od prestanka pojave poplava*
2	*Zadaci komisije*	*Obrazuje stručne komisije za procjenu šteta, određuje područje na kojem se vrši procjena, brine se o pravilnoj primjeni Uputstva, objedinjuje rad svih stručnih komisija, izrađuje zbirni izvještaj, dostavlja ga Vladi na razmatranje i usvajanje, usvojeni izvještaj dostavlja Fedralnoj komisiji u roku od 15 dana od usvajanja odnosno 60 dana od prestanka elementarne nepogode, prati korištenje sredstava dodijeljenih za uklanjanje posljedica i o tome informiše Vladu.*	*Komisija za procjenu šteta*	*60 dana od prestanka pojave poplava*
3	*Otklanjanje posljedica poplava*	*Na osnovu procjene šteta Vlada pravi plan za otklanjanje posljedica izazvanih poplavama (sanacija infrastructure i objekata)*	*Vlada KS i općine*	*Nakon usvajanja izvještaja komisije*
4	*Zbrinjavanje ljudi i materijalnih dobara*	*Zavisno od intenziteta posljedica izazavanih poplavama vrši se pomjeranje i izmještanje stanovništva i materijalnih dobara*	*Štabovi CZ*	*U toku i nakon prestanka poplava*
5	*Zbrinjavanje ugroženih i nastradalih*	*Preduzimaju se hitne mjere za smještaj ishranu i osiguranje drugih potrebnih uvjeta za život ugroženih stanovnika.*	*Štabovi CZ, nevladine organizacije i pojedinci*	*U toku i nakon prestank*

[5] Zakonom o vodama Kantona Sarajevo (Sl. novine broj: KS 18/10)

[6] KOP-Kantonalni operativni plan odbrane od poplava i leda (Sl. novine KS broj: 10/13)

				a poplava
6	*Asanacija terena*	*Vrši se otkrivanje, prikupljanje i identifikacija eventualno poginulih, sahranjivanje, zatim prikupljanje uginule stoke i drugih životinja.*	*Jedinice CZ, zdravstven ustanove,veterinarske stanice, JKP, stanovništvo*	*Nakon prestanka poplava*
7	*Higijensko-epidemiološke mjere*	*Provode se higijensko-epidemiološke mjere kao što su hitne mjere dezinfekcije, dezinsekcije i deratizacije objekata i terena, na poplavljenim područjima.Vrši se pranje ulica na poplavljenom području.*	*Jedinice CZ, veterinarske stanice, JKP i stanovništvo*	*Nakon prestanka poplava*

4.4. Metodologija i način utvrđivanja šteta izazvanih bujicama

Nakon prestanka opasnosti od bujica komisije za procjenu i utvrđivanja šteta počinju sa aktivnostima utvrđivanja šteta nastalih od štetnog djelovanja bujica kao prirodne nesreće.*"Štete se procjenjuju na svim materijalnim dobrima koja su pretrpjela štetu, bez obzira na to da li su osigurana kod osiguravajućeg društva ili nisu"*[7]. Komisije formiraju svi nivoi vlasti pa se formira federalana, kantonalna i općinska komisija za procjenu šteta. Komisije imaju predsjednika i četiri člana koji se imenuju na period od četiri godine. U komisije se imenuju lica visoke stručne spreme iz oblasti građevinarstva, poljoprivrede, mašinstva, geologije i ekonomije s tim da se mogu imenovati i druga stručna lica iz odgovarajuće oblasti, ako se procijeni da za tim ima potrebe. Komisije trebaju utvrđivati štete prema metodologiji propisanoj u "Uredbi o jednistvenoj metodologiji za procjenu šteta od prirodnih i drugih nesreća ("Službene novine Federacije BiH", broj: 75/04, 38/06, 52/09 i 56/09). Predmet procjene su *direktne štete* na oštećenim i uništenim materijalnim dobrima, *troškovi izazvani direktnim štetama* (troškovi nastali u toku preduzimanja aktivnosti na zaštiti i zbrinjavanju stanovništva, zdravstvene usluge i dr.) i *indirektne štete* (izgubljeni prihod zbog prekida rada izazvan nastankom prirodne ili druge nesreće i to na području na kojem su nastale direktne štete). Komisije prikupljaju materijalne dokaze, vrše uviđaje na licu mjesta i druge aktivnosti propisane Uredbom te nakon toga sačine *Elaborat o procjenjenoj šteti*, sa konkretnim mjerama izraženim u finansijskim pokazateljima, koji se dostavlja na razmatranje i dalje postupanje nadležnim organima. U daljem radu biće prikazana *tabela 7* kao dio Elaborata u kojoj su prikazane pričinjene štete na konkretanom primjeru, kojeg je izradila Komisija za procjenu šteta općine Vogošća u 2014. godini.

Tabela 7. Štete izazvane intezivnim padavinama i bujicama u općini Vogošća u 2014. godini[8]

	Ukupna šteta (KM)			Na mat.debrima u vlasništvu pravnih osoba (KM)			Na mat.debrima u vlasništvu građana (KM)		
Kategorija štete	Σ =(5+8)	Na oštećenim mat.dobrim	Na uništenim mat.dobrima	Σ	Oštećeni	Uništeni	Σ	Oštećeni	Uništeni
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Zemljište	161.910	161.910	0	21.450,0	21.450,0	0	140.460	140.460	0
Građevinski objekti	7.467.883	6.257.746	1.210.137	6.210.872	6.178.072	32.800	1.257.011	79.674	1.177.337
Oprema	68.594	8.498	60.096	58.479	8.168	50.311	10.115	330	9.785
Dugogodišnje zasadi	36.684	169	36.515	0	0	0	36.684	169	36.515
Šume i divljači	14,965	10.866	4.099	0	0	0	14,965	10.866	4.099

[7] Član 5. "Uredbe o jednistvenoj metodologiji za procjenu šteta od prirodnih i drugih nesreća ("Službene novine Federacije BiH", broj: 75/04, 38/06, 52/09 i 56/09).

[8] "Analiza stanja pojave poplava na području Kantona Sarajevo i prijedlog mjera za rješavanje problema poplava."koju je izradila Kantonalna uprava CZ u 2019. godini.

Životinje perad i akvakultur	9.566	0	9.566	2.200	0	2.200	7.366,	0	7.366
Obrtna sredstva	21.408	7.274	14.134	11.700		11.700	9.708	7.274	2.434
Kulturna dobra	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sredstva u domać	171.430	30	171.400	0	0	0	171.430	30	171.400
Ostala mater. dobra	1.572	200	1.372	0	0	0	1.572	200	1.372
Ukupno Direktne štete	7.950.712	6.446.693	1.507.319	6.304.701	6.207.690	97.011	1.649.311	239.003	1.410.308
Troškovi izazvani dir.štetom	880.149	0	0	0	0	0	0	0	0
Indirek tne štete	3.300	0	0	0	0	0	0	0	0
Ukupne štete:	**8.834.161**								

5. ANALIZA I UPOREĐIVANJE ULAGANJA U PREVENTIVNE MJERE ZAŠTITE I NASTALIH ŠTETA IZAZVANIH BUJICAMA

Analiza u ovom radu će se odnositi na općinu Vogošća koja je u Kantonu Sarajevo bila najviše pogođena bujicama u 2014. godini. Također podaci koje posjeduje općina Vogošća su urađeni prema propisanoj metologiji, a štete koje su se desile su raznovrsne što oslikava najbolje stvarno razorno dejstvo i posljedice koje bujice i intezivne bujične kiše stvaraju. Također mala izdvojena sredstva za provođenje preventivnih mjera i nastale štete od bujica na primjeru navedene općine su direktni pokazatelj spremnosti institucija da se nose sa prirodnim nesrećama.
Posmatrajući *tabelu 7*, vidljivo je da su ukupne štete klasificirane prema članu 4.Uredbe, a dobijeni iznos od **8.834.162,60 KM** nastao je od:

- direktnih šteta u iznosu od 7.950.712,76 KM
- troškova izazvanih direktnom štetom u iznosu od 880.149,84 KM i
- indirektnih šteta u iznosu od 3.300,00 KM.

Analizirajući vrstu nastalih šteta iz tabele vidljivo je da su u konkretnom slučaju najveće štete bile na građevinskim objektima kao direktne štete. Razlog je taj što je lokalitet takav da je veliki broj stambenih objekata nalazio uz bujične povremene tokove koji su uz intezivne dugotrajne kiše i podzemne vode uticale na klizanje terena. Također bilo je i 38 direktno poplavljenih objekata što je navedeno u *tabeli 1*. Velike direktne materijalne štete koje su nastale, uticale su na povećanje i troškova koji su se javili kao posljedica direktne štete. Troškovi obuhvataju sve izdatke za sprovođenje privremenih mjera zaštite, za spašavanje i zbrinjavanje stanovništva, životinja i drugih materijalnih dobara u vrijeme trajanja i neposredno poslije nastanka prirodne nesreće koja je prouzrokovala direktnu štetu. U *tabeli 2* prikazan je broj raseljenog stanovništva, a bilo je evakusino i smješteno u osigurane smještajne kapacitete I 262 lica što je uz druge troškove dostiglo iznos od 880.149,84 KM.
Ulaganja u 2014. godini za uređenje vodotoka i bujica u općini Vogošća bilo je 123.546,31 KM,[9] a za cijelo područje Kantona Sarajevo u istoj godini realizirano je 901.816,82 KM. U navedenoj godini u BiH i Kantonu desile su se katastrofalne polave koje na Kantonu Sarajevo nisu imale karakter katastrofalnih ali su štete bile izuzetne. Nastale i dokumentirane štete samo u općini Vogošća iznosile 8.834.162,60 KM. Prema tome štete su za 71,5 puta veće od ulaganja općine Vogošća i za 9,8 veće od ulaganja Kantona Sarajevo u istoj godini. Može se zaključiti da su ulaganja u preventivne mjere veoma mala što doprinosi da štete od bujica budu desetinama puta veće od ulaganja, što je nedopustivo. Posmatrajući štete i ulaganja nameće se zaključak da je potrebno veće ulaganje u prevenciju kako se ne bi ulagalo mnogo više u posljedice i saniranje nastalih šteta.

Tabela 8.Uklaganja i nastale štete ui vodotoke u 2014. godini

God.	*Uloženo u preventivne mjere*		*Dokumentirane štete u općini Vogošća*
	Općina Vogošća	*Kanton Sarajevo*	
2014	*123.546,31 Km*	901.816,82 KM	*8.834.162,60 KM*

[9] "Analiza stanja pojave poplava na području Kantona arajevo i prijedlog mjera za rješavanje problema poplava", koju je izradila Kantonalna uprava CZ u 2019. godini.

6. ZAKLJUČAK

Bujica je prirodni fenomen čiju pojavu nije moguće spriječiti, bez obzira koliko je uspostavljeni sistem zaštite efikasan, jer će uvijek postojati vjerovatnoća njene pojave. Međutim moguće je, a i obaveza je smanjiti rizike i štete povezane s bujicama. Kako bi mjere za smanjivanje tih rizika bile djelotvorne, one trebaju biti planirane, koordinirane i usklađene za cijelom bujičnom slivu. Treba istaći da ukupna godišnja količina padavina nije od presudnog značaja na pojavu erozionih procesa i bujica već taj uticaj imaju kiše vrlo jakog intenziteta s učestalom pojavom, a to su bujične kiše. Ovim radom na konkretnom primjeru Kantona Sarajevo i općine Vogošća pokazano je na osnovu evidentiranih podataka da su ulaganja u preventivne mjere neophodna, kako bi se umanjile kako direktne tako i indirektne štete koje stavraju bujične kiše i bujice. Pokazatelj da je u 2014. godini u općini Vogošća za preventivne mjere uloženo 123.546,31 KM, a da su u istoj godini nastale štete dokumentovane putem nadležnih komisija u iznosu od 8.834.162,60 KM, dokazuje nedvosmisleno da je za 71,5 puta bila veća šteta od uloženih sredstava u preventivne mjere.

Ovaj rad koji se oslonio na konkretne primjere i dokumentirane podatke iz prakse može u budućnosti u Kantonu Sarajevo, a i šire dati smjernice za efikasnu odbranu od bujica i bujicama izazvanih šteta. Potrebno je da se za efikasno upravljanje bujicama daju precizne smjernice, ne uopštene već pojedinačno za konkretni bujični sliv, jer svaki bujični sliv i pripadajuća bujica imaju svoje karakteristike i osobenosti.

Značajan zaključak ovog rada je da se za efikasno smanjenje negativnih posljedica koje izazivaju bujice, moraju precizno definirati i na vrijeme provoditi preventivne mjere, konkretizirane za svako bujicama ugroženo područje. Za preventivne mjere koje se odrede treba odrediti sredstva i dinamiku njihove realizacije, a iznos finasijskih sredstava potrebno je odrediti na način da se proučavanjem šteta od bujica utvrdi njihov ukupan iznos, kako bi se uspostavila korelacija između potrebnih ulaganja za planirane preventivne mjere zaštite i ekonomskog efekta koji se time postiže. Odnos 71,5 puta veća šteta od uloženih sredstava u 2014 godini u općini Vogoća je konkretan dokaz da ukoliko se ne ulaže u preventivne mjere tada se ulaže mnogo više u nastale štete. U budućnosti treba djelovati preventivno, jer će se ulaganjima u preventivne mjere smanjivati štete i obrnuto.

LITERATURA

1. Stanimir Kostadinov-Bujični tokovi i erozija, 2008, Beograd,
2. Slobodan Gavrilović, Inžinjering o bujičnim tokovima i eroziji 1972, Beograd,
3. Munir Jahić-Uređivanje bujica ,2006, Sarajevo,
4. Analiza stanja pojave poplava na području Kantona Sarajevo i prijedlog mjera za rješavanje problema poplava, koju je izradila Kantonalna uprava CZ u 2019. godini,
5. Zakon o vodama Kantona Sarajevo (Sl novine KS 18/10),
6. KOP-Kantonalni operativni plan odbrane od poplava i leda (Sl novine KS broj: 10/13),
7. Uredba o jednistvenoj metodologiji za procjenu šteta od prirodnih i drugih nesreća ("Službene novine Federacije BiH", broj: 75/04, 38/06, 52/09 i 56/09).

ŠTETNO DEJSTVO POPLAVA NA MOSTOVE

HARMFUL EFFECTS OF FLOODING ON BRIDGES

Dr.Hata Milišić, dipl.ing.građ.
Građevinski fakultet Univerziteta u Sarajevu, Odsjek za hidrotehniku i okolišno inženjerstvo, Patriotske lige 30, 71000 Sarajevo
hata.milisic@gmail.com

Dr.Emina Hadžic, dipl.ing.građ.
Građevinski fakultet Univerziteta u Sarajevu, Odsjek za hidrotehniku i okolišno inženjerstvo, Patriotske lige 30, 71000 Sarajevo
eminahd@gmail.com

Mr Adnan Šahović, dipl.ing.građ.
IPSA INSTITUT d.o.o. Sarajevo
Put života bb, 71000 Sarajevo
adnansahovicsaha@gmail.com

Sažetak: Mostovi iznad vodenih površina svojim položajem spadaju u grupu najugroženijih objekata od poplava jer se nalaze direktno u plavnoj zoni rijeka. Pri projektovanju mostova jedan od relevantnih parametara jeste hidraulički proračun, odnosno propusna moć ispod objekata gdje se velike vode uzimaju u obzir. Podcjenjivanje velike vode pri dimenzionisanju objekata dovodi do plavljenja i rušenja objekata. Tema ovog rada su lokalni otpori uslijed mostovskog suženja na vodotoku, propusna moć korita kao i utjecaj mostovskih stubova na istu. Na konkretnom primjeru novoizgrađenog mosta na rijeci Ograjini u blizini grada Žepče, ispitana je propusna moć korita i utjecaj koji mostovski stubovi vrše na postojeći vodotok. Izračunata je visina uspora i kota donje ivice mosta koja obezbjeđuje siguran protok vode ispod mosta, odnosno spriječava stvaranje „uskog grla“ koje može izazvati veliki uspor uzvodno od mosta, samim tim i pogodno mjesto za evakuaciju velikih voda usljed bujičnih poplava.

Ključne riječi: poplave, mostovi, degradacija korita, rijeka Ograjina

Abstract: Bridges above water surfaces are, by their location, a group of the most endangered flood structures because they are located directly in the floodplain of rivers. When designing bridges, one of the relevant parameters is the hydraulic calculation, that is, the leakage capacity below the structures where large waters are taken into account. The underestimation of large water when sizing objects causes the objects to flood and collapse. The topic of this paper is local resistances due to bridge narrowing on the watercourse, the leakage capacity of the riverbed, as well as the influence of the bridge pillars on it. In the concrete example of the newly built bridge on the river Ograjina near the town of Zepce, the leakage capacity of the river bed and the influence that the bridge pillars exert on the existing watercourse were examined. The height of the slope and the angle of the lower edge of the bridge have been calculated, which ensures a safe flow of water under the bridge, that is, prevents the creation of a "bottleneck" that can cause a great slowdown upstream of the bridge, and thus a convenient place for evacuation of large waters due to torrential floods.

Key words: floods, bridges, riverbed degradation, Ograjina River

1. UVOD

Svjedoci smo pojava oštećenja i rušenja mostova koji nažalost ponekad završe fatalnim ishodom, gubitkom ljudskih života, ozljedama osoba i velikim materijalnim štetama. U velikom broju slučajeva uzrok tih gubitaka je djelovanje vode vodotoka. Ono može biti direktno, kao hidrodinamičko djelovanje uzrokovano opstrujavanjem vode oko dijelova konstrukcije mostova, ili indirektno preko učinka vode na promjenu geometrije korita vodotoka u zoni mosta. Upravo ovo indirektno djelovanje je vrlo opasno jer uzrokuje podlokavanja dijelova konstrukcije i time je stavlja u nove uvjete, odnosno mijenja geometriju početnog projektnog stanja, a time i statičku sliku i/ili uvjete temeljenja [1].

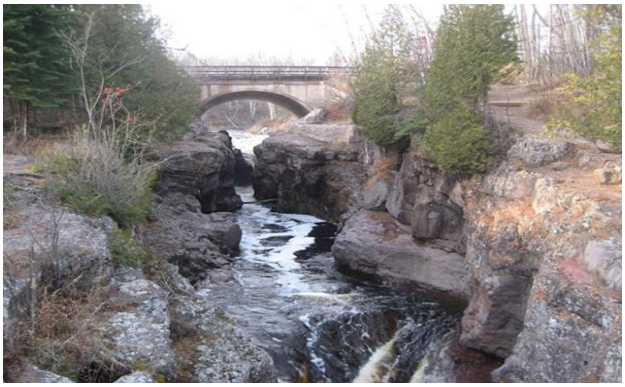
Izgradnja mosta sa prilaznim konstrukcijama koje pregrađuju inundacije može dovesti do značajne deformacije linije nivoa vode u odnosu na prirodno stanje, pogotovo u vrijeme poplava kada profil mosta može predstavljati „usko grlo“ za evakuaciju velikih voda, usporavajući tok rijeke na uzvodnim dionicama. Na izdizanje nivoa vode uzvodno od profila mosta utječe stepen suženja, karakteristike upornjaka, broj, veličina i oblik stupova mosta u koritu [2]. Suženjem se smatra kratka dionica na kojoj se nakon izgradnje upornjaka i stupova mosta u glavnom koritu, odnosno prilaznih konstrukcija na inundacijama, javlja naglo smanjenje površine protočnog profila. Kod takvih suženja dolazi do otpora pri strujanju vode, problema lokalne erozije oko stupova mosta i djelovanja vode na stupove mosta. Tokom upotrebnog vijeka mosta on će se neminovno naći pod utjecajem ekstremnih promjenjivih opterećenja nastalih djelovanjem vjetra, vode ili potresa koja u kombinaciji sa stalnim opterećenjem mogu narušiti stabilnost konstrukcije [1].

Da bi se u upotrebnom vijeku osigurala sigurnost građevina obavljaju se periodični pregledi. Kod mostova se prilikom pregleda stanja konstrukcije vrlo često prioritetno analizira stanje u pogledu mehaničke otpornosti, dok se manje pozornosti pridaje stabilnosti. Takva praksa nema osnove iz spomenutog razloga dominantnog utjecaja vode na oštećenja mostova, odnosno na ugrožavanje njihove sigurnosti [1].

2. MEHANIZMI OTKAZIVANJA STABILNOSTI MOSTA USLJED HIDRAULIČKIH DJELOVANJA

Mostovi su objekti na saobraćajnicama (putevima i prugama), koji premošćuju vodotoke. Također, postoje primjeri da se različiti cjevovodi prevode preko rijeka ili kanala pomoću mostovskih konstrukcija. Osim u vrlo rijetkim slučajema, most predstavlja suženje u kome je proticajni profil smanjen stubovima i pristupnim rampama. Stoga se javlja međusobni uticaj objekta i vodotoka: most izaziva uspor velikih voda i eroziju riječnog korita, koji povratno ugrožavaju stabilnost mosta [2].

Izbor najpovoljnijeg profila za mostovski prelaz je bitan, jer se time smanjuju troškovi izvođenja mosta i smanjuje rizik od njegovog oštećenja/rušenja. Preporučuje se da mostovski prelaz bude na relativno stabilnoj riječnoj dionici, sa što užim major koritom. Velike vode često nanose štetu na mostovima, jer tada dolazi do prelivanja mostovske konstrukcije, erozije korita u zoni mostovskih stubova i bokova mosta, erozije pristupnih rampi ili nasipa, a javlja se i nagomilavanje površinskog nanosa na konstrukciji mosta. Nastale štete mogu biti posljedica nedovoljnog proticajnog profila mosta, pogrešno postavljenih stubova i oporaca, ali i nagomilavanja otpada [2].



Slika 1: Izbor najpovoljnijeg profila mosta [2]

2.1 Poplave i njihov uticaj na mostove

Poplave predstavljaju jednu od najvećih opasnosti za ljudsku zajednicu i imaju značajan utjecaj na društveni i ekonomski razvoj. Nekoliko velikih poplava u raznim dijelovima Evrope i svijeta u posljednjoj deceniji dvadesetog vijeka, praćenih visokim štetama i gubicima ljudskih života, vratile su problem poplava u centar interesovanja javnosti [3].

Poplave kao hidrološka pojava predstavljaju izlijevanje velikih voda iz riječnog korita. Razlikuju se poplavna područja koja mogu biti plavljena u dužem ili kraćem vremenskom periodu i područja koja ne mogu biti ugrožena ni u dužem vremenskom periodu. Za granicu između poplavnih i poplavama neugroženih područja uzima se kao mjerodavna hiljadugodišnja obezbjeđenost terena od poplava. Pojam „velika voda“ podrazumjeva karakteristično stanje vodnog režima koje je posljedica naglog dizanja nivoa vode, odnosno kada se na vodotocima javljaju tzv. poplavni vodeni talasi [3].

Naglo povećanje visine nivoa vode u vodotocima izaziva plavljenje okolnog terena pri čemu najviše dosegnut vodostaj predstavlja veliku vodu [3]. Pri projektovanju mostova jedan od relevantnih parametara jeste hidraulički proračun

odnosno propusna moć ispod objekata gdje se velike vode uzimaju u obzir.



Slika 2: Most na rijeci Bosni u centru Zenice (15. maj 2014. godine)

Poznavanje hidraulike u mostovskom profilu korita je nužno kada most koji će biti izgrađen svojim gabaritima zadire u glavno korito ili pregrađuje inundaciju. Kada su elementi mosta smješteni unutar riječnog korita, tj. mostovski otvor je uži od prirodnog korita rijeke, dolazi do suženja prirodnog protjecajnog profila što izaziva uspor i izdizanje nivoa vode uzvodno u odnosu na prirodno stanje. Stoga dolazi do povećanja brzine tečenja u mostovskom profilu. Često je to povećanje brzine tečenja dovoljno da pokrene čestice materijala iz korita i uzrokuje eroziju u blizini temelja mosta [3]. Izgradnja hidraulički neoblikovanih stupova mosta može uzrokovati poplave uzvodno ili povećati amplitudu prirodnih poplavnih događaja.

Do najvećih oštećenja i narušavanja stabilnosti mostova koji premošćuju rijeke dolazi kod poplavnih događaja. Stoga je važno projektirati hidraulički učinkovite građevine i tačno izračunati utjecaj uspora na prirodni vodostaj. Različitim spoljnim utjecajima izmjenjena je geološka mapa terena u koritima rijeka, samim tim i u zoni mostova. Uslijed izmjenjene geološke mape terena imamo dvije pojave [3]:

- temelji su potkopani i ogoljeni čime su objekti destabilizovani odnosno neadekvatno fundirani za novonastale uslove.
- smanjen je proticajni profil nagomilavanjem materijala i otpada pa otvori mostova predstavljaju usko grlo u toku rijeke.

Uslijed svega navedenog nadolaženjem velikih voda koje uzrokuju poplave, često dolazi i do rušenja mostova.



Slika 3: Srušeni pješački most na rijeci Željeznici na Ilidži usljed poplava(03.02.2019. godine)

2.2 Bujice i njihov uticaj na mostove

Najčešći prirodni faktor koji se kod nas javlja jesu bujice, odnosno bujični tokovi. Bujice ili bujični tokovi su povremeni ili stalni prirodni vodotoci, čija su slivna područja zahvaćena erozijskim procesima. Oni se formiraju na manjim vodotocima koji gravitiraju glavnim tokovima. Bujični tokovi su vodotoci brdsko-planinskog regiona. Odlikuju se velikim uzdužnim padom riječnog korita, reda veličine 1-10% [4]. Veličine vodotoka i korespondentnih slivova mogu varirati u širem dijapazonu, obuhvatajući kategorije bujičnih jaruga, potoka i bujičnih rijeka. Uobičajeno je da se pod bujičnim tokovima podrazumijevaju vodotoci sa površinom sliva manjom od 100 km^2. Sa aspekta riječne hidraulike, bujične tokove odlikuju izrazita nestacionarnost, silovitost i turbulentnost. Od posebnog je značaja dvofazni karakter bujičnih tokova, sa velikom koncentracijom čvrste faze [3].

Manji vodotoci su sa hidrološkog aspekta u velikoj mjeri neizučeni, na njima nema sistematskih osmatranja i mjerenja proticaja. Nastajanje bujica karakteriše naglo nadolaženje vode koje nastaje neposredno poslije jakih kiša ili ubrzanog topljenja snijega, kao i velikim količinama nanosa i razornom snagom toka. Bez obzira što su bujični vodotoci srazmjerno male površine i dužine toka, redovno se pojavljuju bujične poplave. Bujične pojave na manjim vodotocima uslovljavaju velike vode koje se gotovo svake godine pojavljuju na pojedinim vodotocima i često izazivaju rušenje saobraćajnica, mostova i drugih objekata, što dovodi do značajnih šteta [4].

Poplave na bujičnim vodotocima su praćene dopunskim fenomenima kao što su pojava bujične lave, odrona, klizišta. Uslijed naglog nailaska velikih voda, bujični talasi imaju izraženo strmo čelo koje ima veliku destruktivnu moć, ruši obale, uništava vegetaciju i objekte u koritu i priobalju, noseći sa sobom otpad i površinski nanos iz pojasa zahvaćenim vodom [4].



Slika 4: Rušenje mosta uslijed bujičnog toka - rijeka Hoča,Zvornik (maj 2014.god.)



Slika 5: Srušeni Most kod "Vitaminke" na rijeci Vrbas u banjalučkom naselju Česma (15. maj 2014. god.)

S druge strane, bujice nastaju od kiša velikog intenziteta koje padaju iz oblaka poznatih kao kumulonimbusi, koji su također i uzročnik gradonosnih padavina. Grad pogađa srazmerno uzak prostor od 100m do 300 m, dok kiša iz ovih oblaka pokriva površinu od 10 km² do 30 km². Ono što zabrinjava jeste pojava sistema kumulonimbusa, koji pokriju površinu veću od 600 km², uz izuzetno velike padavine u kratkom vremenu (1 – 5 sati). Takve kiše u najkraćem roku pretvore i srazmjerno velike rijeke u rušilačke bujice koje, osim uništavanja svega što im je na putu, odnose i ljudske žrtve [3].

Razvijene su brojne metode i vrste objekata za regulaciju rijeka i uređenje bujica, kojima je tokom vremena povećavana efikasnost zaštite. To ne znači da je uklonjena opasnost od bujica i poplava.Ona je samo smanjena i uvijek postoji vjerovatnoća neke pojave koja će prevazići odbrambenu sposobnost izgrađenog zaštitnog sistema. Ljudi u poznatim bujičnim područjima na kojima je izgrađen zaštitni sistem bili su ubijeđeni da su zaštićeni od bujica. To je donekle i bilo tačno, ali samo do pojava poplava koje su prevazišle nivo zaštitnog sistema, projektovanog za vjerovatnoću pojave stogodišnje poplave (1 %) [4].

S obzirom na rasprostranjenost brdsko-planinskih područja u Bosni i Hercegovini i razvijenu hidrografsku mrežu, bujične poplave se javljaju vrlo često, skoro svake godine. Kao što je poznato, geneza velikih voda se odvija u gornjem dijelu sliva, dok se poplave javljaju u riječnim dolinama, u donjem toku. U vezi s tim, treba istaći da donji tokovi većine bujičnih vodotoka u Bosni i Hercegovini, sa razvijenim riječnim dolinama, imaju veliki socijalni i privredni značaj. U tim dolinama se nalazi veliki broj gradskih i seoskih naselja, kao i značajna saobraćajna infrastruktura. Većina riječnih dolina ima poljoprivrednu namjenu, dok se pored naselja često nalaze i industrijske zone.

2.3 Erozija i njen uticaj na mostove

Stabilnost korita vodotoka ovisi o režimu pronosa nanosa. Nestabilnost korita je prirodni fenomen koji nastaje kao posljedica procesa erozije i zasipanja koritoformirajućeg materijala, a razvija se postupno pri normalnim uvjetima tečenja ili naglo za vrijeme poplava [1]. Ako je narušena prirodna ravnoteža u pronosu nanosa, dolazi do produbljivanja korita (globalna erozija) i urušavanja obala ili pak do smanjenja protočnog profila i lokalnog premještanja matice ili cijelog glavnog korita. Rijeke s velikim pronosom vučenog nanosa su podložnije eroziji i imaju nestabilna korita. Tipovi erozije koji se javljaju na dionicama koje premošćuju mostovi su [1]:

a) globalna erozija
b) erozija uslijed suženja toka
c) lokalno podlokavanje

Globalna erozija nastaje neovisno o postojanju mosta i posljedica je snižavanja razine dna uslijed hidrometeoroloških i geomorfoloških promjena i/ili ljudskih aktivnosti na slivu. Erozija korita uslijed suženja toka se javlja kada je prirodni protjecajni profil korita sužen uslijed izgradnje građevine u riječnom koritu. Lokalno podlokavanje oko stupova mosta javlja se zbog lokalnog ubrzanja čestica vode oko građevine i formiranja vrtloga [1]. Erozija korita ima potencijal sudjelovanja u svim slučajevima otkazivanja stabilnosti mosta i vjeruje se da je najčešći uzrok rušenja ili oštećenja mostova poplavni događaj, iako neposredni uzrok mogu biti drugi faktori kao što su pritisak vode na rasponsku konstrukciju mosta ili sile uzrokovane plutajućim nanosom [5]. Najčešći uzrok povećane erozije korita za vrijeme poplava je kontrakcija protočnog profila uslijed izgradnje mosta, a uzrok najveće kontrakcije su nasipi prometnica na inundacijama. Rezultirajuće brzine u mostovskom profilu za vrijeme poplave su stoga znatno veće od granične brzine pokretanja nanosa i dolazi do erozije korita uz temelje. Općenito

su stoga više pogođeni manji i stariji mostovi te pločasti propusti [6].

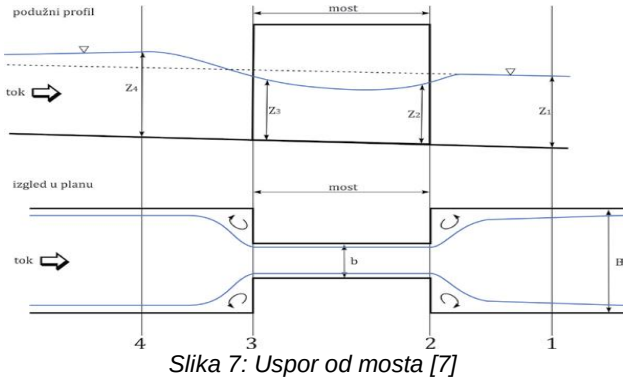


Slika 6: Most preko rječice Bistrice u Prijedoru(maj 2014. godine)

3. UTJECAJ MOSTA NA RIJEČNI TOK

3.1 Otpori u suženju korita kod mosta

Izgradnja mosta sa prilaznim navoznim rampama koje pregrađuju inundacije bitno mijenja uslove tečenja, naročito pri velikim vodama, kada mostovski profil predstavlja "usko grlo". Usljed toga javlja se povišenje nivoa u odnosu na prirodno stanje ili "uspor od mosta" (slika 7). Ono zavisi od stepena suženja, karakteristika obalnih stubova, kao i broja, veličine i oblika stubova u koritu [7].



Slika 7: Uspor od mosta [7]

Proračun uspora od mosta je neophodna komponenta u projektu ove vrste objekata, jer se na osnovu njega određuje visinski položaj konstrukcije. Naime, da bi se most osigurao od prelivanja ili tečenja pod pritiskom donja ivica konstrukcije mora da bude iznad nivoa mjerodavne velike vode (u uslovima izgrađenog mosta), uz određeno slobodno nadvišenje koje omogućava prolaz plivajućih predmeta. U okviru proračuna tečenja u zoni mosta, moraju se definisati zone uticaja, koje su ograničene poprečnim profilima (slika 7) [7]:
Zona 1 je između nizvodnog lica mosta (profil 2) i poprečnog profila 1 nizvodno od mosta gdje se tok širi. Dužina ove zone ($X_{1\text{-}2}$) varira u zavisnosti od protoka, dužine navoznih rampi (L_1 i L_2), oblika suženja i hrapavosti. Prema različitim istraživačima:

$$X_{1-2} \approx (1{,}5\ do\ 4)(L_1 + L_2) \qquad (1)$$

gdje su L_1 i L_2 dužine oporaca mosta (m)
Zona 2 je dio toka ispod mosta, zona 3 je uzvodno od mosta i u njoj se javlja postepeno suženje toka, od profila 4 do uzvodnog lica mosta. Dužina ove zone, prema različitim izvorima, iznosi:

$$X_3 \approx (0{,}5\ do\ 1{,}5)(L_1 + L_2) \qquad (2)$$

U profilu 4 tok je neporemećen.

Gubici na proširenju i suženju nastaju usled povećanja prosečne brzine toka u mostovskom suženju u odnosu na neporemećen tok, čime se povećava gubitak na trenje) i stvaranja velikih vrtloga u oblasti širenja toka (zona 1). Najčešće se proračun uspora od mosta radi uz pretpostavku uslova ustaljenog nejednolikog tečenja, korišćenjem Bernulijeve jednačine i to polazeći od profila 1 (u mirnom režimu). Detaljan prikaz postupka proračuna može se naći u [7]. Pri definisanju raspona mosta je bitno da se profil ne suzi previše, jer bi se u tom slučaju u profilu mosta javilo tečenje u burnom režimu, sa hidrauličkim skokom nizvodno od suženja. Ovakav režim bi izazvao eroziju korita i ugrozio stabilnost mosta i obala. Preporuka je da suženje σ = b/B ne bude veće od kritičnog :

$$\frac{(2+\frac{1}{\sigma})^3 \cdot Fr_4^2}{(1+2Fr_4)^3} \qquad (3)$$

gdje je: B – širina profila bez mosta (m), b – širina mosta (m), Fr4 – Frudov broj u profilu 4.

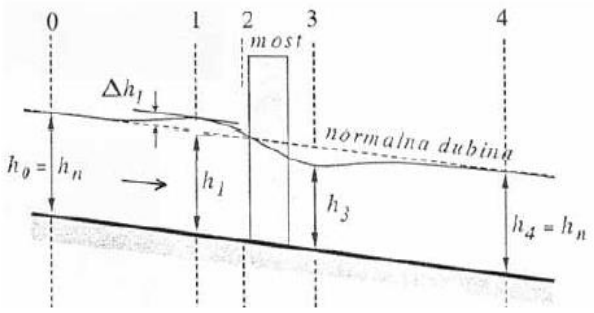
Utjecaj suženja na tok ovisi o geometrijskim karakteristikama vodotoka i protoku vode. Režim strujanja u suženju može biti miran ili turbulentan. Slika 7. prikazuje slučaj kratkog suženja u prizmatičnom koritu u kojem daleko od mosta vlada jednoliko strujanje vode, a u suženju se javljaju hidraulički poremećaji nastali kratkim suženjem u uvjetima jednolikog strujanja vode. Kod mirnog režima strujanja javlja se uspor uzvodno od suženja, tako i u suženju, a nizvodno se na kratkom odstojanju uspostavlja normalna dubina, dok slučaj sa mirnim režimom sa kritičnom dubinom u suženju ima hidraulički skok nizvodno. Pojavom turbulentnog režima strujanja vode dolazi do lokalnog izdizanja nivoa u suženju, ali se poremećaj ne prenosi nizvodno, ako je stepen suženja tako velik da važi uvjet En< Ek, na kratkom odstojanju dolazi do zagušenja i formiranja hidrauličkog skoka, gdje je En

- energija jednolikog toka izvan suženja, a Ek energija kritičnog toka u suženju [7].

3.2 Metode za određivanje uspora ispod mosta

3.2.1 Metoda D'Aubuisson

Često korištena metoda za proračun uspora kod mosta je pomoću obrasca D'Aubuissona. Zasniva se takođe na Bernouli-jevoj jednačini za presjeke 1 i 3, neposredno uzvodno i nizvodno od mjesta suženja [8][9].



Slika 8: Šema za proračun izdizanja nivoa vode po metodi D'Aubuisson [9]

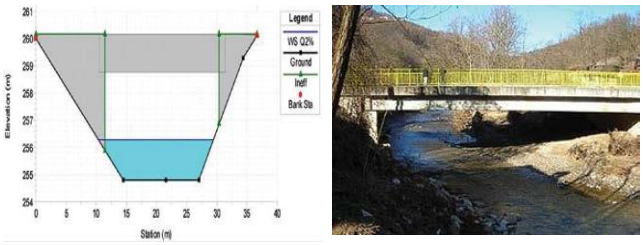
$$\Delta h_1 = \frac{\alpha Q^2}{2g} * \left(\frac{1}{(A_m * K)^2} - \frac{1}{(A_0 + B * \Delta h_1 + {\Delta h_1}^2)^2}\right) \quad (4)$$

gdje je:
Δh_1 - veličina maksimalnog uspora [m]
Q - proticaj [m³/s]
α - Koriolisov koeficijent
A_m - neto površina proticajnog presjeka pod mostom [m²]
K - Koeficijent kontrakcije, najčešće se određuje iz dijagrama prema podacima Lebedeva (usvojeno 0.95)
A_0 - površina proticajnog presjeka vodotoka na mjestu gdje nije suženje [m²]
B - širina korita na gornjem dijelu proticajnog profila [m].

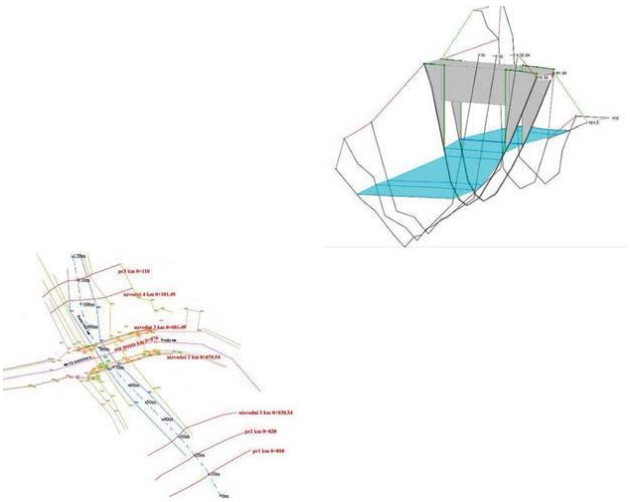
Jednačina se ne može riješiti direktno jer veličina Δh_1 nije data eksplicitno pa se u tom slučaju može koristi grafička metoda [9].
Uz maksimalnu vrijednost uspora potrebno je i odrediti njegovu dužinu uzvodno od mosta (miran režim strujanja). Dužina se određuje proračunom nejednolikog tečenja, polazeći od zadanog nizvodnog graničnog uvjeta. Tamo gdje je dubina jednaka normalnoj dubini proračun se zaustavlja [8,9].

3.3 Hidraulika mostova u HEC-RAS –u

Za proračune tečenja u zoni mosta koristi se takođe program HEC-RAS (slike 9 i 10). U njemu se gubici energije koje prouzrokuje suženje toka u profilu mosta računaju iz 3 dijela [10]: (1) gubici energije neposredno nizvodno od mosta, nastali usljed širenja toka; (2) gubici na samom mostu; (3) gubici neposredno uzvodno od mosta, nastali usljed suženja toka. Za proračun gubitaka se koriste koeficijenti uticaja navoznih rampi i stubova u koritu. Hidrauličkim proračunom se određuje kota nivoa vode neposredno uzvodno od mosta, pri mjerodavnoj velikoj vodi (zavisi od kategorije saobraćajnice, najčešće velika voda povratnog perioda 100 ili 1000 godina). Kada se na tu kotu doda zaštitna visina dobija se kota donje ivice konstrucije mosta [2][10].



Slika 9: Izgled mosta i šematizovani poprečni profil mosta u HEC-Ras-u [2]



Slika 10: Situacija zone mosta sa snimljenim profilima i prostorni prikaz rezultata proračuna uspora od mosta u HEC-RAS-u [2]

Zaštitna visina treba da kompenzira nesigurnost hidrauličkog proračuna i obezbjedi sigurnost od uticaja talasa, nagomilavanja leda i plivajućeg otpada. Zaštitna visina zavisi prije svega od karakteristika vodotoka i preporučuje se da bude 1,0 – 1,5 m. Ako se očekuju znatne deformacije korita pri velikim vodama i transport plivajućeg nanosa

(stabla drveća itd.) visina slobodnog otvora treba da bude veća [11].

4. HIDRAULIČKA ANALIZA I PRORAČUN PROPUSNE MOĆI MOSTA NA RIJECI OGRAJINI – OPĆINA ŽEPČE

4.1 Uvod

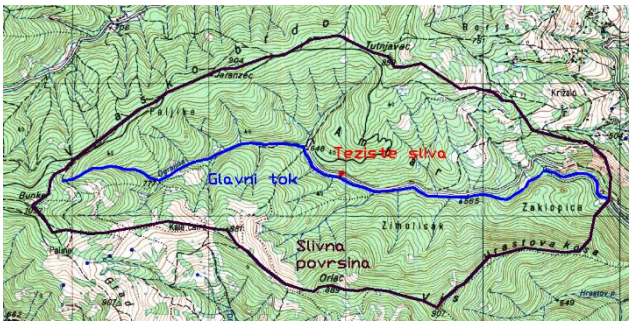
Zbog povećanog saobraćajnog opterećenja preko starog mosta na rijeci Ograjini – općina Žepče, došlo je do oštećenja mostovske konstrukcije koje ugrožava bezbjednost saobraćaja. Da bi se obezbijedio nesmetan saobraćaj i garantovao bezbjedan prelazak preko mosta predviđeno je da se na lokaciji starog mosta izgradi savremena betonska mostovska konstrukcija. Izgradnja mosta može dovesti do ozbiljnije deformacije linije nivoa velikih voda u odnosu na prirodno stanje, naročito u vrijeme poplava kada mostovski profil može predstavljati "usko grlo" za evakuaciju velikih voda usporavajući tok na uzvodnim dionicama [12].

U skladu s prethodno navedenim, a na osnovu raspoloživih podataka, cilj ovog rada je bio obraditi problematiku lokalnih otpora u vodotoku za slučaj lokalnih suženja (mostova) sa ciljem da se analizira utjecaj stupova mosta na propusnu moć riječnog korita te na osnovu raspoloživih podloga i podataka provede hidraulička analiza i proračun propusne moći mosta na rijeci Ograjini kao i proračun nivoa vode duž riječnog toka. Svi proračuni i analize provedeni su empirijskim metodama i numeričkim modelom u programu HEC-RAS. Na kraju je sračunata i lokalna erozija oko stubova mosta. Na osnovu provedenih analiza i proračuna izvedena su zaključna razmatranja [13].

4.2 Podloge za hidrauličku analizu ispod mosta

4.2.1 Hidrološke podloge

Osnovu hidrografske mreže na području općine Žepče čini tok rijeke Bosne, koja od većih pritoka sa desne strane prima Pepelarsku rijeku, Želećku rijeku, Orahovačku rijeku, i Bistričku rijeku a sa lijeve strane Željeznicu, Rakovicu, Ograjinu, Papratnicu, Ljubnu, Krajnjaču te Liješnicu koja se ulijeva u Bosnu na općini Maglaj [12].



Slika 11: Topografska karta sliva rijeke Ograjine [12]

Za potrebe proračuna velike vode rijeke Ograjine na raspolaganju je bila topografska karta (slika 11.) na osnovu koje su određene karakteristike sliva neophodne za analizu velikih voda [12].

Hidrološki proračun, odnosno određivanje mjerodavnog proticaja za stogodišnji povratni period rijeke Ograjine, preuzet je iz projekta [12] kao podloga za dalju hidrauličku analizu i proračun uspora od suženja izazvanog mostom na rijeci Ograjini [13]. Obzirom da na razmatranoj slivnoj površini do sada nisu vršena mjerenja veličina relevantnih za definiranje maksimalnog oticanja (padavine, vodostaji, proticaji) mjerodavnog za dimenzioniranje otvora mosta na rijeci Ograjini za proračun je primjenjeno sljedećih nekoliko metoda:

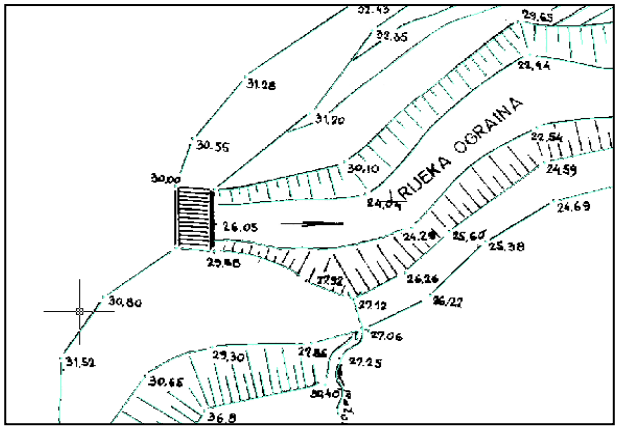
1. Racionalna metoda
   - određivanje vremena koncentracije sliva Tc
   - određivanje koeficijenta direktnog oticanja
2. Sintetički jedinični hidrogram
   - određivanje "vremena zakašnjenja sliva" tp i T0
   - parametri vremenske baze jediničkog sintetičkog hidrograma Tp i Tr
3. grafička metoda(SCS TR-55 metoda)

Na osnovu proračuna velike vode rijeke Ograjine povratnog perioda 100 godina, mogu se uočiti velika odstupanja u rezultatima dobivenih navedenim metodama (tablica 1). Budući da svaka od metoda u obzir uzima određeni broj parametara određenih pomoću karakteristika sliva i iskustva, ovakva rasipanja su očekivana. Obzirom na kvalitet ulaznih podataka u pojedinim metodama, te njihovu testiranost na ovim prostorima, realno je pokloniti povjerenje metodi sintetičkog jediničnog hidrograma, što u konačnici znači da velika voda rijeke Ograjine povratnog perioda 100 godina iznosi [12]:

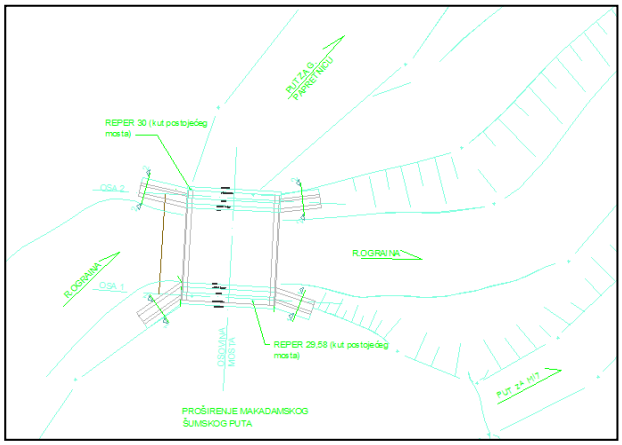
$$Q_{max}^{100} = 29,97 \approx 30\ m^3/s$$

4.2.2 Geodetske podloge

Od geodetskih podloga na raspolaganju je bio geodetski snimak užeg i šireg područja terena stare/nove lokacije mosta. Kao osnova za provedbu hidrauličkog proračuna propusne moći mostovskog otvora novoprojektovanog mosta na rijeci Ograjini koristila se navedena geodetska situacija (podloga) sa ucrtanom lokacijom starog mosta [12].



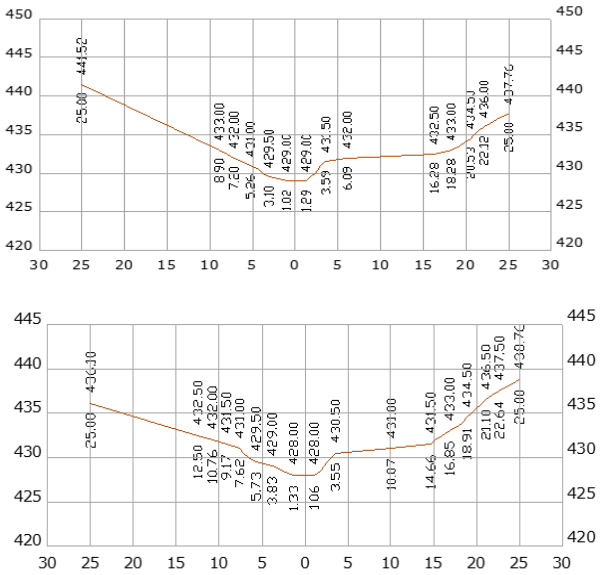
Slika 12: Dio geodetskog snimka sa ucrtanim starim mostom[12]



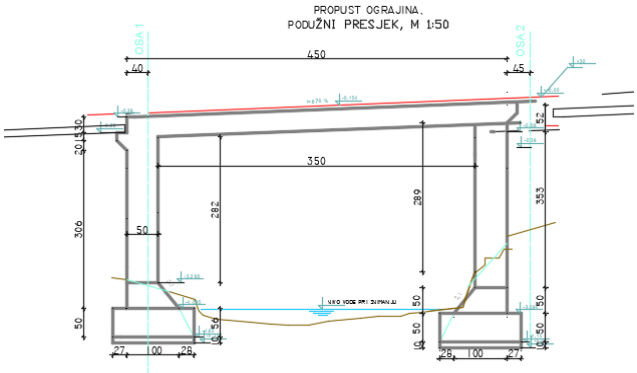
Slika 13: Dio geodetskog snimka sa ucrtanim novim mostom[12]

Na raspologanju su i 3 karakteristična poprečna profila [12]:

- *Profil neposredno uzvodno od mosta na stacionaži 2500 m;*
- *Profil nizvodno od mosta na stacionaži 2490 m;*
- *Profil mosta na stacionaži 2499 m.*



Slika 14: Poprečni presjek korita uzvodno/nizvodno od mosta [12]



Slika 15: Poprečni presjek korita u profilu mosta [12]

4.3 Proračun propusne moći korita

Za određivanje nivoa vode u profilu mosta neophodno je utvrditi režim tečenja u zoni mosta i hidrauličke efekte koje suženje korita vodotoka u profilu mosta izaziva na uzvodnoj i nizvodnoj dionici vodotoka. Za određivanje režima tečenja potrebno je izračunati normalnu i kritičnu dubinu kao i pad dna kanala I.
Sa uzdužnog profila očitan je pad terena za uzvodne i nizvodne profile od mosta i iznosi 10,5 % dok se na kraćem dijelu dionice na kojoj se nalazi i most, pad smanjuje i iznosi 6 %. S obzirom da se radi u bujičnom vodotoku sa velikim uzdužnim padom dna korita, za očekivati je buran režim tečenja što će se dokazati i proračunom. Manning-ov koeficijent hrapavosti za rijeku Ograjinu usvojen je za riječno korito sa grubim dnom od kamena i zaraslim zemljanim kosinama i njegova vrijednost u proračunu iznosi n = 0,030 [13].

Dubina vode za mjerodavni proticaj od Q = 30.0 m^3/s se određuje pomoću jednačine kontinuiteta:

$$Q = v \cdot A \quad (5)$$

gdje je:

Q – proticaj [m^3/s],
v – brzina vode [m/s]
A - površina proticajnog profila [m^2]

Za određivanje brzine vode kod bujičnih vodotoka koristi se dopunjena Chezy-jeva jednačina [13]:

$$v = K \cdot C \cdot \sqrt{R \cdot I} \quad (6)$$

gdje je:

K - koeficijent bujičnosti (usvajamo K=0.9 jer je riječ o izrazito bujičnom toku)
C - Chezy-jev koeficijent brzine za bujične vodotoke

$$C = \frac{1}{n} R^{y} \quad (7)$$

y=1.5√n za veličinu R 0.1-1.0 m
y=1.3√n za veličinu R 1.0-3.0 m

R - hidraulički radijus (odnos površine proticajnog profila i okvašenog obima) [m]
I - pad dna riječnog korita na posmatranoj dionici (prosječna vrijednost) [%]
n - Manning – ov koeficijent hrapavosti.

Proračun propusne moći korita vodotoka u profilu mosta i neposredno uzvodno i nizvodno proveden je tabelarno [13]. Na osnovu rezultata proračuna koji su grafički predstavljeni ošitane su dubine vode za mjerodavnu veliku vodu od 30, m^3/s. Nakon proračuna dubina vode sračunate su kritične dubine za prirodno korito iz uslova da je Frudov broj jednak 1, odnosno:

$$Fr = \frac{\alpha Q^2 \cdot B}{g \cdot A^3} = 1 \quad \Rightarrow \quad \frac{\alpha Q^2}{g} = \frac{A^3}{B} \quad (8)$$

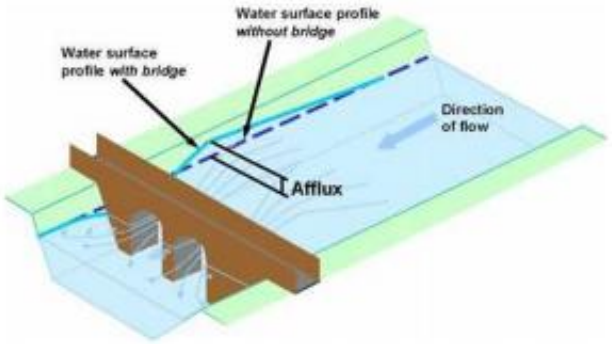
gdje je:
α=Koriolisov koeficijent korekcije =1,15

Nakon usporedbe Hkr sa normalnom dubinom vode u pojedinim profilima može se zaključiti da za sva 3 poprečna profila (uzvodno, na mostu i nizvodno od mosta) važi da je **Hn < Hkr** tako da je potvrđeno da se radi o **burnom režimu tečenja** čitavim dijelom dionice, odnosno [13]:

- *Hn (uzvodno) = 0.90 < Hkr(uzv) = 1,68 m*
- *Hn (nizvodno) = 0,94 m < Hkr(nizvodno) = 1,72 m*
- *Hn (profil mosta – bez mosta) = 1,17 m < Hkr(profil mosta) = 1,93 m*
- *Hn(profil mosta sa mostom) = 0,81 m < Hkr (profil mosta) = 1,30 m*

4.4 Proračun uspora od mostovskog suženja na rijeci Ograjini

Općenito, uspor ispod mosta se najčešće određuje ptimjenom Bernouli-jeve jednačine, metodom D'Aubuissiona, Yarnella, "direktnom" metodom i drugim metodama preporučenim u literaturi (empirijskim izrazima) [14].



Slika 16: Ilustracija pojave uspora ispred mosta [4]

Postoji još mnogo metoda koje su zasnovane na empirijskim relacijama kao što su [14]:

- Biery and Delleur metoda (za lučne mostove)
- HR metoda (za lučne mostove)
- Nagler (mostovi sa stubovima)
- Molesworth (za suženja)
- Homak (za suženja)

U ovom radu opisan je postupak nekih od najčešće korištenih metoda iako iz različitih razloga nisu sve primjenjive na konkretan slučaj mosta na Ograjini. Što se tiče software-a za proračun uspora osim HEC RAS-a često se primjenjuju i drugi numerički modeli kao što su ISIS i MIKE 11 [15].

4.4.1 Rezultati proračuna uspora primjenom Bernulijeve jednačine

Na osnovu hidrauličke analize za proračun uspora ispod mosta primjenom Bernulijeve jednačine dobije se da je dubina vode u presjeku neposredno uzvodno od mosta h_1 = 0,97 m, pa kota donje ivice mosta iznosi kada se doda i propisano nadvišenje od 0,80 m sljedeću vrijednost [13]:

Z_{DIK}=429+0.97+0.8=430.77 mn.m.

S obzirom da se donja ivica izgrađenog mosta nalazi na koti 431.8 m, jasno je da most može propustiti velike vode ranga pojave 1/100. Imajući u vidu da je riječ o bujičnom vodotoku u kome je za mjerodavni proticaj povrtanog perioda T = 100 godina koji iznosi Q = 30,0 m3/s u cijelom vodotoku buran režim toka, pa i u zoni novoizgrađenog mosta, to u pravilu ne dolazi do pojave uspora uzvodno od mosta, odnosno most ne pravi uspor usljed suženja, ali se ispod mosta dubina vode povećava i ti uticaji se prenose nizvodno od mosta. Dobiveno lokalno povećanje dubine je u granicama dozvoljenih vrijednosti, odnosno iznad maksimalne kote nivoa vode ispod mosta ostaje zahtjevani 1,0 m nadvišenja do donje konstrukcije mosta [13].

4.4.2 Rezultati proračuna uspora primjenom metode D'Aubuissona

Prethodnim proračunom kote donje ivice mosta praktično smo već dobili veličinu uspora koje pravi mostovsko suženje mosta na rijeci Ograjini. Poređenjem dubine vode neposredno uzvodno od mosta prije i poslije njegove izgradnje dolazi se do vrijednosti uspora od 7 cm (430.70 m prije izgradnje i 430.77 metara poslije izgradnje mosta) [13].

Vrijednost uspora provjerava se i pomoću metode D'Aubuissona [13]:

$$\Delta h_1 = \frac{1.15 * 30.0}{2 * 9.81} * \left(\frac{1}{3.5 * 0.97)^2} - \frac{1}{3.3 + 4.3 * \Delta h_1 + \Delta {h_1}^2)^2} \right) = 0.05\ m$$

Sa dijagrama se očitava vrijednost Δh = 0.05 m, odnosno 5 cm što je nešto manje u odnosu na uspor dobiven direktno iz jednačine Bernoulija (7,0 cm) [13].

4.5 Proračun lokalne erozije oko stupova mosta

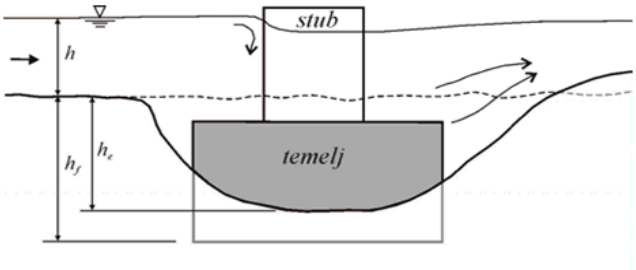
Proračun lokalne erozije proveden je korištenjem formule ,,CSU" (Colorado State University, 1988), koja važi za nevezani pješčani materijal [9,13] :

$$\frac{\mathrm{h_e}}{\mathrm{h}} = 2K_1 \cdot K_2 \left(\frac{b_s}{h}\right)^{0,65} \cdot \mathrm{Fr}^{0,43} \qquad (9)$$

h = 0.90 m
K1 =K2 = 1.1 m (pravougaoni stubovi)
bs = 0.5 m
Fr = 2.90

gdje je:
he – najveća eroziona dubina u odnosu na referentno dno korita
h – lokalna dubina u neporemećenom strujnom polju uzvodno od stuba, bs – širina stuba, Fr – lokalni Frudov broj, u – brzina toka osrednjena po dubini h , g – gravitaciono ubrzanje, K1 – koeficijent koji odražava uticaj oblika stuba, K2 – koeficijent koji odražava uticaj napadnog ugla pod kojim tok deluje na stub. Kod cilindričnih stubova je: K1 = K2=1.
Na osnovu proračuna po izrazu (9) dobije se da jdubina erozione jame iznosi h_e = 2,35 m.

$$\frac{\mathrm{h_e}}{0.9} = 2 \cdot 1.1 \cdot 1.1 \left(\frac{0.5}{0.9}\right)^{0,65} \cdot 2.9^{0,43} \Rightarrow \mathrm{h_e} = 2.35\ \mathrm{m}$$



Slika 17: Lokalna erozija ispod mosta [9]

5. MODEL RIJEKE OGRAJINE U HEC-RAS-U

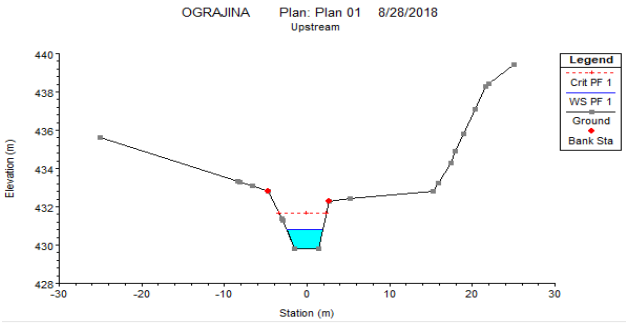
U svrhu postizanja što tačnijih rezultata kao i same kontrole prethodnog proračuna urađen je model rijeke Ograjine u software-u Hydrologic Engineering Center's - River Analysis System (HEC-RAS), bez mosta i sa mostom. Model je urađen za stogodišnju vodu Q=30.0 m^3/sec i za Manning-ov koeficijent hrapavosti n = 0.03. Dužina rzmatranog poteza iznosi oko 6,0 km [13].

5.1 Opis modela HEC-RAS

Numerički model HEC-RAS (HEC – Hydrologic Engineering Center, USA, US Army Corps of Engineers), omogućava računanje jednodimenzionalnog (1D) stacionarnog i nestacionarnog tečenja u otvorenim vodotocima [15]. Ulazni podaci koji su potrebni za kreiranje hidrauličkog modela su opis geometrije riječnog korita i priobalnog prostora do definiranja tačaka pojedinih poprečnih profila u lokalnim koordinatnim sistemima, određivanje koeficijenata hrapavosti korita i ostalih parametara koji bi mogli uticati na hidrauličke veličine u vodotoku. Rezultati modela HEC RAS daju osim normalnih i kritičnih dubina još veliki broj izlaznih podataka koji mogu poslužiti za dalju analizu [15].

5.2 Rezultati proračuna Modela rijeke Ograjine u prirodnom stanju bez mosta

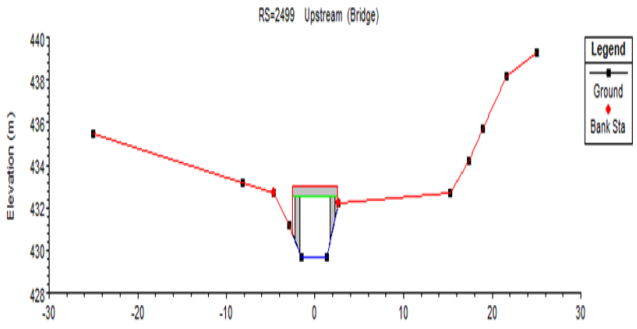
Nakon uspostave modela u HEC - RAS-u (unosa geometrije, početnih i graničnih uvjeta, HD parametara modela) provedena je simulacija stogodišnje velike vode te su dobiveni rezultati hidrauličke analize za stacionarne uslove toka u prirodnom stanju rijeke Ograjine bez mosta. Modelirane su normalne i kritične dubine koje se mogu porediti sa vrijednostima dobivenim analitičkim putem. Izlazni podaci – rezultati modela HEC RAS-a upoređeni su sa prethodno izračunatim vrijednostima normalnih i kritičnih dubina dobivenim analitičkim putem te su dobivena dobra slaganja, a samim tim potvrđen je i buran režim tečenja na cijeloj dionici vodotoka [13].



Slika 18: Poprečni presjek na profilu uzvodno od mosta sa proračunatom dubinom vode u HEC-RAS-u bez mosta [13]

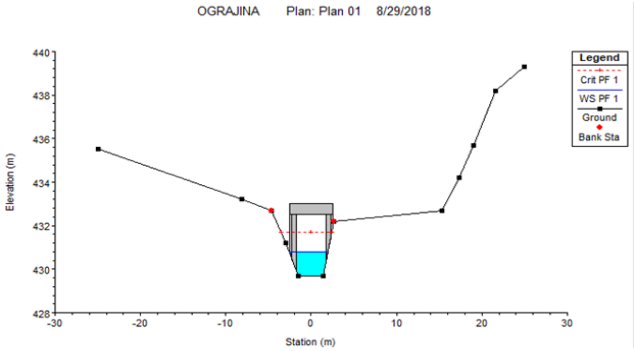
5.3 Rezultati proračuna Modela rijeke Ograjine sa mostom

Razlika ovog modela i prethodno opisanog modela bez mosta, je samo što ovaj model ima most. Uz te profile je trebalo očitati i unijeti u model za dijelove mosta i to nasip mosta, stupove mosta i kolničku konstrukciju mosta. Što se tiče podloge i unosa podataka za protoke i vodostaje ostaje isto sve kao i kod modela bez mosta [13].



Slika 19: Poprečni profil sa ucrtanim mostom(HEC-RAS)

Nakon uspostave modela za daljnju usporedbu su izvučeni poprečni profili uzvodno i nizvodno od mosta te na mostu, uzdužni presjek i tablica podataka o karakteristikama profila kao i kod modela bez mosta. Kao rezultat dobiju se novi nivoi vode koji su pod utjecajem mostovskog suženja, a onda su isti upoređeni sa dubinom vode u prirodnom stanju. Istovremeno se dobiva veličina uspora koja se poredi sa prethodno dobijenim rezultatima primjenom Bernouli-jeve jednačine i metodom D'Aubuissona [13].



Slika 20: Poprečni presjek na profilu uzvodno od mosta sa proračunatom dubinom vode u HEC-RAS-u sa mostom [13]

Na ovom profilu očitan je nivo vode od 0.99 m, dok je dubina vode u prirodnom stanju neposredno uzvodno od mosta iznosila hn = 0.90 m. To znači da je mostovsko suženje izazvalo uspor od Δh=0.09 m. Analitičkim putem dobivena je vrijednost od Δh= 0.07 m. Također, vidljivo je da se na profilu stacionaže 2500 m (1 m uzvodno od mosta) dostiže vrijednost hn što pokazuje da se uspor ne prenosi dalje uzvodno [13].

Tablica 1: Veličina uspora za različite metode proračuna [13]

	Metoda	*Veličina uspora (cm)*
Bernulijeva jednačina	*analitička*	*7,0*
Metoda D'Aubuissona.	*analitička*	*5,0*
HEC-RAS model	*numerička*	*9,0*

U tablici 1. dat je pregled dobivenih veličina uspora korištenjem različitih analitičkih metoda i numeričkom metodom izradom hidrauličkog modela rijeke Ograjine u HEC-RAS-u. Dobivene vrijednosti uspora ispod mosta su neznatno i kreću se od 5 do 9 cm. Na osnovu usporedbe dobivenih rezultata može se reći da se rezultati numeričkog modela sa mostom dobro slažu sa rezultatima analitičkog proračuna uspora ispod mosta na rijeci Ograjini.

6. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Promjena geometrije korita vodotoka u aluviju prirodni je proces. Često se prilikom projektiranja

mostova taj fenomen zanemaruje, a što za posljedicu može imati narušavanje stabilnosti, pa sve do potpunog rušenja mosta. Usprkos činjenici da većina mostova u mirnodopskim uvjetima stradava od utjecaja vode, tome se problemu ne daje dovoljno pozornosti. Pojava navedenih utjecaja mosta na riječni tok može se predvidjeti, mogu se procijeniti posljedice na korito koje mogu izazvati te u skladu s tim odrediti mjere kako posljedice ne bi ugrozile niti građevinu niti stabilnost korita vodotoka.

Mostovi predstavljaju cjelovit zadatak inženjera pred kojim se postavljaju sve složeniji zahtijevi kako u projektovanju i građenju tako i u održavanju objekata. Posljedice neadekvatnog održavanja odražavaju se na smanjenje eksploatacionog vijeka i povećanja troškova za obezbeđenje upotrebljivosti i trajnosti objekta. Poplave definitivno ne možemo predvidjeti, ali se sprovođenjem niza mjera možemo potruditi da njihovo dejstvo bude manje razorno.

Danas je moguće relativno pouzdano procijeniti moguće utjecaje mosta na korito vodotoka, a također i potencijalne promjene korita. Za inženjersku procjenu promjena korita primjenjuju se matematički i/ili fizikalni modeli a za koje treba poznavati fiziku procesa, te posjedovati i prikupiti kvalitetne podloge na osnovu kojih je moguće izraditi matematičke i/ili fizikalne modele. Na stabilnost korita vodotoka utječe niz faktora čije je promjene vrlo teško opaziti i na koje uglavnom ne možemo utjecati (ili vrlo teško). Stoga je veoma važno promatrati vremenske promjene na koritu te ocijeniti jesu li to očekivane promjene ili ne. Današnje savremene tehnike omogućavaju vrlo kvalitetno i brzo prikupljanje podataka o promjenama u vodotoku, bilo da se radi o geometrijskim promjenama korita ili se radi o promjeni hidrološko – hidrauličkih parametara.

Cilj ovog rada bilo je odrediti propusnu moć korita kao i utjecaj mostovskih stubova na istu, odnosno odgovoriti na pitanje da li novoizgrađena mostovska konstrukcija omogućava nesmetano propuštanje velikih voda ili izaziva plavljenje rijeke Ograjine. S tim cliljem bilo je potrebno izračunati i visinu uspora uzvodno od mosta i minimalnu kotu donje ivice mosta koja obezbjeđuje siguran protok vode ispod mosta.

Poslije urađenih proračuna i analize pomoću analitičkih metoda i izradom hidrauličkog modela rijeke Ograjine u programu Hec Ras, može se zaključiti da izgrađeni most ispunjava sve uslove i ne mijenja u velikoj mjeri prirodni tok rijeke Ograjine.
Hidrauličkim proračunom došlo se do zaključka da novoizgrađeni most na rijeci Ograjini može propustiti vode povratnog perioda od 100 godina (30.0 m^3/sec) na koje se hidrotehničke građevine i proračunavaju. Međutim, određivanje mjerodavne poplave određenog povratnog perioda na osnovu ograničenih historijskih podataka i uz prisutne klimatske promjene je često vrlo nepouzdano, pogotovo na manjim i bujičnim slivovima.

S obzirom da se radi u bujičnom vodotoku sa velikim uzdužnim padom dna korita u cijelom vodotoku je buran režim tečenja što se i pokazalo proračunom. Uzimajući u obzir da je riječ o bujičnom vodotoku i burnom režimu toka, a na osnovu provedenih hidrauličkih analiza uočeno je da su u cijelom vodotoku velike brzine, a također i na samoj lokaciji mosta što može izazvati pojavu globalne, a i lokalne erozije oko stubova mosta. Proračunom se dobilo da ta vrijednost iznosi 2,35 m te je neophodno izvršiti osiguranje stubova mosta kamenim nabačajem ili nekim drugim materijalom.

Donja ivica mosta nalazi se na 431,8 metara nadmorske visine i s obzirom na izračunatu minimalnu kotu donje ivice mosta od 430,7 m, jasno je da postoji i velika „rezerva“ u propusnosti mostovskog otvora, odnosno da iznad maksimalne kote nivoa vode ima cca 1,1 m nadvišenja do donje ivice mosta, a samim tim smanjene su mogućnosti za stvaranje „uskog grla“, a tme i plavljenja Dobivena veličina uspora od 5 do 9 cm dobivena različitim metodama nije velika i ima veoma mali utjecaj na uzvodni tok rijeke Ograjine što je bilo i očekivano s obzirom na izrazito bujični tok rijeke i same karakteristike izgrađenog mosta.

LITERATURA

[1] Kuspilić, N., Bekić, D., Gilja, G. **Praćenje morfodinamičkih promjena korita vodotoka u zoni stupova mostova**. Prometnice - nove tehnologije i materijali. Zagreb: Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu; p. 69-112., 2010.g.

[2] Babić – Mladenović, M. **Uređenje vodotoka**, Institut za vodoprivredu Jaroslav Černi, Beograd, 2018.g.

[3] Stojić, N. **Uticaj poplava na mostove**. Nauka i praksa, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Niš, Srbija, 217-220., 2009.g.

[4] Jahić, M. **Uređivanje bujica**, Sarajevo 2008.g.

[5] Jovanović, M. **Ocena rizika od erozije rečnog korita oko mostovskih stubova**, VODOPRIVREDA 0350-0519, 38 (2006) 222-224 p. 167-179., 2006.g.

[6] Ali, A. M.; Di Baldassarre, G.; Solomatine, D. P. **The impact of bridges on flood**

propagation and inundation modelling. Proceedings of the 35th IAHR World Congress, Chengdu, 2013.

[7] Barbalić, Z. **Riječna hidrotehnika**, Sarajevo,1989.

[8] Agroskin, I.I. . **Hidraulika**, Tehnička knjiga Zagreb,1964.g.

[9] Jovanović, M. **Regulacija reka**, Građevinski fakultet Beograd, 2002.g.

[10] P. Costabile , F. Macchione , L. Natale and G. Petaccia. **Comparison of Scenarios with and without Bridges and Analysis of Backwater Effect in 1-D and 2-D River Flood Modeling**, CMES, vol.109-110, no.2, pp.81-103, 2015.

[11] Picek, T.; Havlik, A.; Mattas, D.; Mares, K. **Hydraulic calculation of bridges at high water stages.** Journal of Hydraulic Research, vol. 45, no. 3, pp.400–406., 2007.

[12] Građevinski fakultet Sarajevo, **Most na rijeci Ograjini, hidrološko–hidraulički proračun propusne moći mostovskog otvora**, **Idejni projekat,** 2009.g.

[13] Šahović, A. **Hidraulička analiza i proračun propusne moći mostovskog otvora**, master rad, Građevinski fakultet u Sarajevu, 2018.g.

[14] Seckin, G.; Haktanir, T.; Knight, D. W. **A simple method for estimating flood flow around bridges**. Proceedings of the Institution of Civil Engineers Water Management, vol. 160, no. WM4, pp. 195–202., 2007.

[15] Dixon, J. **Bridge Modeling in HEC-RAS**. https://www.freese.com/blog/bridge-modeling-hec-ras, 2013.

ODREĐIVANJE KARATA OPASNOSTI OD POPLAVA U SLUČAJU MOGUĆEG RUŠENJA BRANE TRIBISTOVO

MAPPING THE FLOOD AREAS IN CASE OF A POSSIBLE DAM BREAK FOR TRIBISTOVO RESERVOIR

Prof.dr. Gordan Prskalo,
dipl.ing.građ.,
Građevinski fakultet
Sveučilišta u Mostaru, Matice
hrvatske bb, 88000 Mostar
gordan.prskalo@tel.net.ba

Željko Lozančić,
dipl.ing.građ.,
Građevinski fakultet Univerziteta
u Sarajevu, Patriotske lige 30,
71000 Sarajevo
zeljko.lozancic@gmail.com

Ajla Mulaomerović-Šeta,
dipl.ing.građ.,
Građevinski fakultet Univerziteta
u Sarajevu, Patriotske lige 30,
71000 Sarajevo
ajlasam@yahoo.com

Sažetak: Rušenje brane je događaj male vjerojatnoće, koji se rijetko ostvaruje, ali nosi veliku opasnost s katastrofalnim posljedicama. U radu je prikazan način određivanja karata opasnosti od poplava usljed mogućeg rušenja brane Tribistovo locirane u općini Posušje, Bosna i Hercegovina. Karte opasnosti od poplava izrađene su koristeći rezultate provedenih hidrauličkih proračuna propagacije poplavnih valova za različite scenarije rušenja brane. Usvojena metodologija izrade karata opasnosti od poplava i modela propagacije poplavnih valova implementirana je koristeći raspoložive alate za prikupljanje, obradu i grafički prikaz geoprostornih podataka i alata za hidrodinamičko modeliranje. Poplavna područja za navedene slučajeve dobivena su temeljem hidrauličkih analiza uz najnepovoljnije pretpostavke: maksimalni nivo i maksimalni dotok u akumulaciju (povratni period T = 10.000 godina), trenutno/postupno i totalno rušenje brane što rezultira ekstremnim uvjetima plavljenja.

Ključne riječi: karte opasanosti od poplava, propagacija poplavnog vala, brana Tribistovo

Abstract: Dam break is an event with a small probability, which does not happen very often, but with a great danger and catastrophic consequences if it occurs. In this work a flood maps are identified in case of a possible dam break for the Tribistovo reservoir located in the Municipality Posušje, Bosnia and Herzegovina. These maps are derived based on the results of a hydraulic analysis of a flood wave propagation for different dam break scenarios. Methodology adopted for derivation of flood maps and development of the flood wave propagation model is implemented using available tools for collection, processing and graphical display of geospatial data and tools for hydrodynamic modeling. Flood areas are obtained on the basis of hydraulic calculations with the most unfavorable assumptions: maximum water level in the reservoir, maximum inflow in the reservoir (with the return period of T = 10,000 years), instantaneous / gradual and total dam break, all of which result in the extreme flooding.

Key words: flood maps, flood wave propagation, Tribistovo reservoir

1. UVOD

Moguće rušenje brana direktno utječe na urbanistički razvoj, sigurnost, zaštitu i spašavanje ljudi i njihovih dobara koja se nalaze nizvodno od akumulacija formiranih branama. Do rušenja brana može doći u slučaju katastrofalnih potresa, naknadnih nepredviđenih slijeganja, gubljenja nosivih svojstava tla u zoni brane i akumulacije i u ratnim djelovanjima. Kako bi se što više umanjili rizici rušenja brana i utjecaja na nizvodna područja potrebno je:

- Pri projektiranju i građenju velikih brana primjenjivati najviše građevinske i sigurnosne standarde
- Promatrati brane u vremenu njihova korištenja
- Utvrditi posljedice mogućeg rušenja brana na stanovnike, njihova materijalna dobra, gospodarske djelatnosti i druge moguće utjecaje
- Izraditi karte opasnosti i rizika te ih koristiti pri prostornom planiranju razvoja područja nizvodno od brana
- Izraditi planove i vršiti mjere osiguranja i umanjenja mogućeg štetnog utjecaja rušenja brana na nizvodna područja, a koji trebaju biti sastavni dijelovi programa mjera zaštite i spašavanja ljudi i materijalnih dobara od prirodnih i drugih nesreća
- Odrediti i provoditi mjere praćenja i promatranja mjerodavnih veličina, prognoze i pravovremenog obavještavanja o razini opasnosti, te izraditi planove evakuacije i spašavanja ljudi i dobara u slučaju rušenja brana

Specifičnosti velikih brana[1] kao objekata od općeg interesa i od čije sigurnosti ovise životi ljudi i gospodarstva cijelog nizvodnog područja uvjetuju da se građenje ovih objekata mora obaviti s velikim faktorom sigurnosti uz isključivanje svakog rizika. Pitanje sigurnosti visokih brana i akumulacija dobiva sve veći značaj i zbog psihološkog djelovanja na stanovništvo područja nizvodno od velikih vodnih akumulacija.

Zbog stohastičnog karaktera mnogih parametara koji su bitni pri projektiranju, izgradnji i održavanju brana (meteorološki, hidrološki, seizmički, geološki i dr.) zadatak koji se stavlja pred projektante, izvođače i upravitelje brana je izrazito složen.

Iskustva s rušenjima velikih brana pokazuju važnost analize širenja poplavnog vala nastalog zbog samog rušenja brane, kao temeljnih istraživanja nužnih za izradu prostorno-planske dokumentacije područja nizvodno od brana, a koja podrazumijevaju i izradu planova evakuacije stanovništva te mjere i aktivnosti potrebne za zaštitu naselja, gospodarskih i ostalih objekata kao i prirodnih resursa.

U radu je prikazana procedura određivanja karata opasnosti od poplava za mogući slučaj rušenja brane Tribistovo [1].

Pristup izradi studije kretanja vodnoga vala je konzervativan pa su dobiveni rezultati u pravilu najgora moguća varijanta. Poplavna područja za navedene slučajeve dobivena su temeljem hidrauličkih analiza uz najnepovoljnije pretpostavke: maksimalni nivo u akumulaciji, maksimalni dotok u akumulaciju (maksimalni protok na koji su dimenzionirani objekti, velika voda povratnog perioda T = 10.000 godina), trenutno/postupno i totalno rušenje brane što sve daje i ekstremne uvjete plavljenja. Potrebno je naglasiti da je trenutno rušenje nasutih brana nemoguć događaj.

2. OPIS LOKACIJE I ZNAČAJKI AKUMULACIJE TRIBISTOVO

Akumulacija Tribistovo formirana je na vodotoku Ričina i pripada općini Posušje koja se nalazi u jugozapadnom dijelu FBiH i graniči s Republikom Hrvatskom. Površina općine je 461,10 km^2, a prema rezultatima popisa stanovništva iz 2013. godine u 20 naselja živi 20.477 stanovnika [2].

Reljef je brdsko-planinski i obuhvaća 4 stupnjevito poredane krške zaravni: Posuško i Virsko polje, Tribistovo, Rakitski biser, te planinsko područje oko Blidinjskog jezera.

Razmatrano područje nalazi se na granici sredozemne i umjereno kontinentalne klime, a u planinskom području, prostor parka prirode Blidinje, postoji utjecaj i planinske klime. Temperature variraju od -15°C do +35°C. Ljeta su duga, topla i sušna, a zime kratke i blage uz obilne padaline, najčešće kiše, ali i manje snjegove. Prosječna godišnja količina padalina za prostor općine Posušje je oko 1500 mm, ali s izrazitom vremenskom neravnomjernosti [2].

U geološkoj građi prevladavaju uslojeni krečnjaci i dolomiti te gromadasti do debelo uslojeni krečnjaci, dolomiti, krečnjačke breče i rožnjaci.

[1] Prema prema definiciji ICOLD-a velika brana je svaka brana kojoj je visina od najniže kote temeljne plohe do krune jednaka ili veća od 15 m. Pored toga velika brana je i ona brana kojoj je visina od najniže kote temeljne plohe do krune brane jednaka ili veća od 5 m, a manja ili jednaka 15 m, ako je volumen akumulacijskog jezera jednak ili veći od 3,0 x 10^6 m^3.



Slika 1 Položaj općine Posušje unutar BiH



Slika 2 Položaj glavnih rasjeda na području BiH

Ovaj prostor pripada geotektonskoj jedinici vanjskih Dinarida, odnosno zoni Visokog krša sa specifičnim površinskim i podzemnim hidrogeološkim odnosima kao posljedicom zajedničkog djelovanja tektonike i geokemizma. Hidrogeološka jedinstvenost ovog kraškog sliva rezultat je duboke i izuzetno jake regionalne karstifikacije što uzrokuje razvoj ekstremnih kraških oblika, kao i razvoj kompleksnog sustava podzemnih kanala [3].

Područje Bosne i Hercegovine pripada središnjem dijelu Dinarskog planinskog masiva smještenom sjeveroistočno od geotektonskog kontakta između Jadranskog masiva i Dinarida i predstavlja jedan od seizmički aktivnijih dijelova Balkanskog poluotoka. Prema raspoloživim podacima u prošlosti se na području Bosne i Hercegovine dogodilo više razornih potresa s najjaćim intenzitetima iz žarišnih zona Imotsko polje, Ljubinje, Treskavica i Banja Luka.

Predmetna lokacija pripada tektonskoj jedinici Čitluk, a u smislu mikrolokacije, smještena je u strukturnu jedinicu Kočerin građenu od nekoliko uskih poremećenih bora koje se pružaju od Broćanca preko Kočerina, planine Trtle do Bivoljeg brda, te naboranog bloka Ljubotića-Uzarići.

Uspoređujući tektonske podatke sa ranijim potresima očigledna je veza između rasjednih struktura i potresa. Na bazi postojećih podataka može se zaključiti kako se jaka seizmička aktivnost javlja uz granice geotektonskih jedinica (pravac SZ-JI), duž longitudinalnih dislokacija (pravac SZ-JI) i poprečnih rasjeda (pravac SI-JZ i S-J) [4].

Najznačajniji zabilježeni potresi u blizini akumulacije Tribistovo su potres u Počitelju od 01.08.1907. godine s magnitudom M = 5,7 i intenzitetom u epicentru I = 7 MCS, te potres u Imotskom 15.03.1923. godine magnitude M = 6,2 i intenziteta između 8 i 9 stupnjeva po MCS ljestvici [5].

U ovoj zoni hipocentri potresa su na dubinama između 2 i 22 km. Prema prognostičkoj karti seizmičkih intenziteta u BiH za razdoblje od 100 godina prema MCS ljestvici [4] predmetno područje je u blizini žarišne zone u kojoj se predviđaju potresi vrlo velikog intenziteta. Prema seizmološkoj karti šire regije za povratni period od 500 godina [6] ovo područje je na prijelazu između seizmoloških zona 8 i 9 prema MCS ljestvici.

Osnovno obilježje prostora Općine Posušje u hidrološkom pogledu je to da je površinska hidrografska mreža slabo razvijena. Uglavnom se radi o povremenim površinskim tokovima, dok se glavnina otjecanja sa sliva odvija podzemljem. Rijeka Ričina, na kojoj je formirana akumulacija Tribistovo, dio je sliva rijeke Trebižat.

Zavod za vodoprivredu iz Sarajeva izradio je hidrološke podloge koje su poslužile za izradu projektne dokumentacije akumulacije Tribistovo. Predmetne hidrološke podloge korištene su i u ovom radu kao ulazi u hidraulički model.

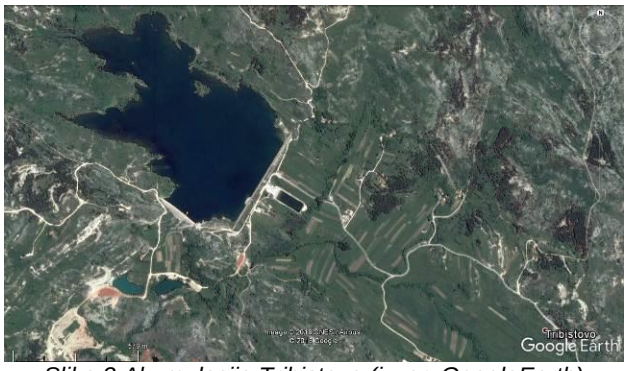
U svrhu rješavanja problema vodoopskrbe grada Posušja i drugih okolnih naselja formirana je 1989. godine akumulacija Tribistovo. Planskim dokumentima predviđeno je njeno korištenje i u svrhe navodnjavanja, energetike i kontrole poplavnih valova. Akumulacija je formirana izgradnjom zemljane brane građevinske visine 21 metar na Ružičkom potoku u slivu rijeke Ričine i pregradnog nasipa građevinske visine 13 metara na dijelu vododijelnice između potoka Močila i Ružičkog potoka (Slika 3). Akumulacija se nalazi sjeveroistočno od Posušja na udaljenosti od oko 7 km. Umjetno akumulacijsko jezero Tribistovo ima površinu vodnog

lica od 700.000 m^2. Ukupni volumen jezera pri koti normalnog uspora od 913,50 m n.m. je $5x10^6$ m^3, od čega je iskoristivi volumen 4,5 milijuna m^3, a ostatak je predviđen za deponiranje nanosa. Iskoristivi volumen određen je kako bi se ostvarilo sezonsko izravnanje voda, odnosno predviđena su dva punjenja akumulacije na godišnjoj razini.

Brana je izgrađena od kamenog nabačaja s uzvodnim armirano-betonskim ekranom. Kruna brane nalazi se na koti 915,50 m n.m., dužina joj je 234,10 m, dok je ukupna širina 4,00 metra. Na lijevom boku brane nalaze se preljev i brzotok za evakuaciju velikih voda. Pregradni nasip se nalazi na lijevom boku akumulacije i dijeli je od bočne depresije. Nasip je formiran od kamenog nabačaja s glinenom jezgrom i nema injekcijsku zavjesu. Kota krune nasipa je na 915,50 m n.m., dok je dužina u kruni nasipa 548,50 m.

Na brani i pregradnom nasipu akumulacije Tribistovo projektom tehničkog promatranja predviđena su i vrše se sljedeća mjerenja: razina vode u akumulaciji, pomjeranja kontrolnih točaka u horizontalnom i vertikalnom smislu, procjedne vode, razine podzemnih voda, vizualna promatranja građevinskih objekata i tla, promatranje obala i slivnog područja akumulacije. Temperatura zraka i padaline prate se na gradskoj HM postaji u Posušju. Zaleđenost akumulacije se ne evidentira.

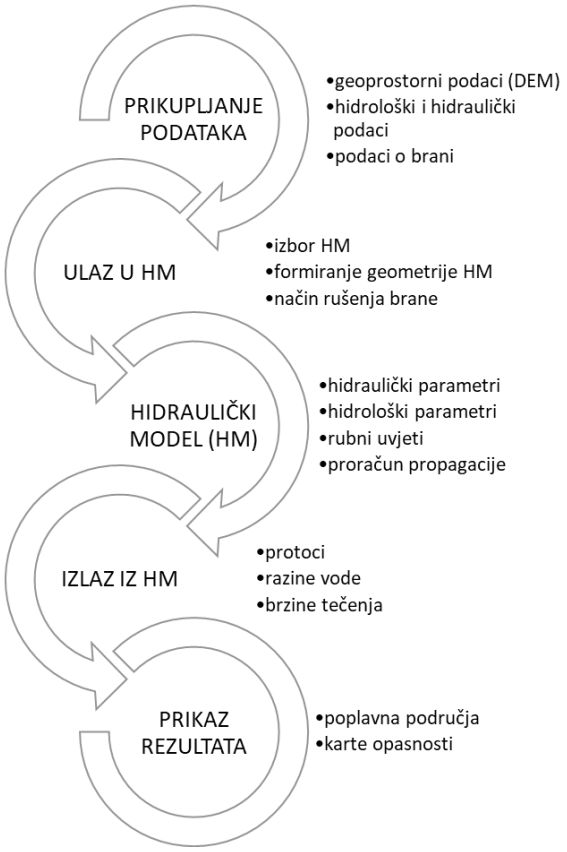
Razine jezera se kreću od 906 m n.m. do projektirane razine vode u akumulaciji od 913,50 m n.m. + visina slobodnog preljevnog mlaza (do cca 0,5 m). Apsolutni najviši dosadašnji vodostaj zabilježen je 2005. godine i iznosio je 913,99 m n.m. Akumulacija do sada nije nikad u potpunosti pražnjena. Iz akumulacije svake godine u zimskom periodu dolazi do prelijevanje vode.



Slika 3 Akumulacija Tribistovo (izvor: GoogleEarth)

3. METODOLOGIJA

Metodologija određivanja karata opasnosti od poplava usljed mogućeg rušenja brane može se prikazati shematski:



Slika 4 Shematski prikaz usvojene metodologije

Usvojena metodologija zasnovana je na uporabi raspoloživih alata za prikupljanje i rad s geoprostornim bazama podataka i njihovim grafičkim prikazivanjem, te alata za hidrodinamičko modeliranje tečenja pri nestacionarnim uvjetima koji vladaju pri tečenju uvjetovanom rušenjem brana.

Modeli tečenja mogu se klasificirati prema broju dimenzija koje simuliraju, prema jednadžbama na kojima se temelje i numeričkim shemama primijenjenim za rješavanje ovih jednadžbi u tijeku simulacije. Izbor modela ovisi o potrebama korisnika, topografskim karakteristikama predmetnog područja i uvjetima tečenja koje treba modelirati.

Uvođenjem uvjeta slobodne površine i osrednjenih brzina po dubini u Navier-Stokesovim jadnadžbama, dobije se 2D model plitkih voda koji je određen Saint Venantovim jednadžbama. Saint Venantove jednadžbe čine jednadžba zakona očuvanja mase i jednadžba zakona očuvanja količine gibanja za nestacionarno 2D strujanje koje, uz odsutnost ponora i izvora fluida, glase [7]:

$$\frac{\partial(v_x h)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}\left(v_x^2 h + \frac{1}{2}gh^2\right) + \frac{\partial(v_x v_y h)}{\partial y} = gh(S_{bx} - S_{fx}) \quad (1)$$

$$\frac{\partial(v_y h)}{\partial t} + \frac{\partial(v_x v_y h)}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y}\left(v_y^2 h + \frac{1}{2}gh^2\right) = gh(S_{by} - S_{fy})$$

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(v_x h)}{\partial x} + \frac{\partial(v_y h)}{\partial y} = 0 \quad (2)$$

gdje je h dubina vode, t vrijeme, x i y prostorne koordinate, v_x i v_y komponente vektora brzina osrednjenih po dubini, S_{bx} i S_{by} nagibi dna u x i y smjeru, a S_{fx} i S_{fy} nagibi trenja u x i y smjeru koji se proračunavaju prema izrazima:

$$S_{fx} = v_x\sqrt{v_x^2 + v_y^2}\left(\frac{n^{3/2}}{h}\right)^{4/3}$$

$$S_{fy} = v_y\sqrt{v_x^2 + v_y^2}\left(\frac{n^{3/2}}{h}\right)^{4/3} \quad (3)$$

gdje je n Manningov koeficijent.

Većina modela koji se koriste za proračune tečenja nakon rušenja brane koriste 1D ili 2D hidrodinamičke modele zasnovane na numeričkom rješavanju Saint Venantovih parcijalnih diferencijalnih jednadžbi.
Prednosti modeliranja tečenja 1D modelima ogledaju se u jednostavnijem formiranju modela, bržem proračunu i manjem broju potrebnih podataka. Moguće ih je koristiti kod riječnih tokova koji nemaju izražene 2D efekte ili oni nisu od značaja. Najčešće se koriste za modeliranje dugih dionica vodotoka ili vodotoka s malo promjenljivim poprečnim presjecima. U ovim slučajevima može se pretpostaviti da će rezultati 1D modela biti usporedivi s rezultatima 2D modela. 1D modeli mogu se koristiti i kako bi se opisali neki 2D uvjeti tečenja, ali to zahtijeva značajne vještine i iskustvo ukoliko se želi postići dovoljna razina točnosti [8]. Gdje god nije moguće tečenje dovoljno dobro opisati 1D modelom potrebno je koristiti 2D modele.
Model propagacije poplavnog vala uzrokovanog rušenjem brane mora razmotriti sljedeće aspekte:

- Modeliranje vodnog vala uzvodno od brane
- Modeliranje rušenja brane
- Modeliranje propagacije poplavnog vala nizvodno od brane

Pri modeliranju poplavnog vala uzvodno od brane, odnosno za transformaciju nadolazećeg poplavnog vala u akumulaciju, može se koristiti nekom od sljedećih metoda:

- jednodimenzionalni neustaljeni tok (pune Saint Venantove jednadžbe)
- dvodimenzionalni neustaljeni tok (pune Saint Venantove jednadžbe ili jednadžbe difuznog vala
- transformacija razine akumulacije

Općenito, puna neustaljena transformacija vodnog vala (1D ili 2D) dat će bolje rezultate bilo da se radi o scenarijima sa ili bez rušenja brane. Nestacionarna metoda transformacije vodnog vala može opisati nagib površine vode kroz akumulaciju pri nailasku ulaznog hidrograma, kao i promjenu nagiba vodene površine koja se javlja tijekom rušenja brane. Akumulacije koje su duge i uske, u smislu tlocrtnih dimenzija, imat će veći nagib vodnog lica uzvodno od brane od kratkih i širokih akumulacija. Stoga je najbolje za duge i uske akumulacije primijeniti tehniku modeliranja propagacije potpunog dinamičkog vala (neustaljeno strujanje). Za široke i kratke akumulacije može se dovoljno dobro opisati propagacija vodnog vala i metodom transformacije razine akumulacije.
Procjena značajki rušenja brane, odnosno procjena mjesta rušenja brane, dimenzija i vremena razvoja ključni su u svakoj procjeni potencijalnog rizika od rušenja brane. Parametri rušenja izravno utječu na procjenu vršnog toka koji izlazi iz brane, kao i na sva moguća vremena upozorenja nizvodnim lokacijama. Dimenzije rušenja i vrijeme razvoja moraju se procijeniti za svaki scenarij koji se želi ispitati. Parametri rušenja povezani s ekstremnim hidrološkim uvjetima značajno se razlikuju od parametara pri prosječnim hidrološkim stanjima, stoga ih je potrebno odrediti za svaku kombinaciju hidroloških uvjeta i scenarija rušenja brane. Parametri rušenja mogu se procijeniti na nekoliko načina:

- usporedna analiza (uspoređujući razmatranu branu sa zabilježenim rušenjima brana slične veličine, materijala i volumena vode)
- regresijske jednadžbe (jednadžbe razvijene na osnovu zabilježenih slučajeva rušenja brana za procjenu vršnog otjecanja ili veličina rušenja i vremena razvoja - Froehlich (1995a), Froehlich (2008), MacDonald i Langridge-Monopolis (1984), Von Thun i Gillette (1990), Xu i Zhang (2009))
- korištenje brzine (ili smičućeg napona) u odnosu na razvoj erozije
- fizički bazirani računalni modeli (softver koji pokušava modelirati proces fizičkog rušenja korištenjem sedimentnih transportnih / erozijskih jednadžbi, mehanike tla i načela

hidraulike. Najčešće korišteni model za određivanje parametara rušenja brane je BREACH model.)

Navedene metode imaju ograničenja kojih se treba biti svjestan kada se primjenjuju. Ukoliko se radi o branama visokog rizika potrebno je odrediti parametre rušenja brane s većom sigurnosti nego u slučaju brana niskog rizika u smislu posljedica na nizvodno područje.
Pitanje modeliranja poplavnog vala nizvodno od brane usljed rušenja brane jedan je od najtežih problema neustaljenog tečenja. Najčešće se nizvodno područje modelira na neki od sljedećih načina: (i) kao kombinacija jednodimenzionalnog strujanja i prostora za skladištenje, (ii) kombinacija jednodimenzionalnog strujanja, prostora za skladištenje i područja dvodimenzionalnih strujanja ili (iii) kao jedinstveno dvodimenzionalno područje strujanja. Mnogo je toga što pri modeliranju treba uzeti u obzir kako bi se dobila što bolja procjena nizvodnih vodostaja i protoka. Prilikom izrade modela neustaljenog strujanja vodnog vala nakon rušenja brane potrebno je pažnju posvetiti sljedećim stvarima, a većinom su vezane za zabrinutosti pri 1D modeliranju uz primjenu poprečnih presjeka: razmak poprečnih presjeka i hidraulička svojstva; proračunski vremenski korak; Manningovi koeficijenti hrapavosti; nizvodne pritoke, rukavci i retenzije; modeliranje križanja mostova i propusta; modeliranje strmih tokova; padovi dna protočnog profila; početni uvjeti; nizvodni rubni uvjeti.

4. SCENARIJI RUŠENJA BRANE

Rušenje velike brane može biti uzrokovano čitavim nizom razloga od kojih se mogu izdvojiti: pogreške pri projektiranju (poddimenzioniranje dijelova konstrukcije brane koji se odnose na stabilnost zbog karakteristika temeljnog tla i ulaznih hidroloških parametara), pogreške kod izvođenja brane (neispunjavanje projektom propisanih standarda i kvalitete materijala), neodgovarajuće tehničko održavanje i provedba nadzora glavnih dijelova brane i izvanredni ekstremni događaji kao što su potres, klizanja tla, ratno djelovanje i sl.
Način rušenja velike brane prvenstveno je u funkciji njezinih tehničkih karakteristika, a osobito vrste materijala (nasute zemljane, betonske, itd.), odnosno konstruktivnog rješenja (gravitacijske, lučne, itd.). U tom se smislu definiraju i mogući scenariji rušenja, prvenstveno zbog načina određivanja oblika i vremena rušenja brane. Navedenim uvjetima određuju se ulazni parametri koji čine osnovu za izradu modela rušenja brane te praćenje širenja poplavnog vala koji nastaje kao poslijedica rušenja brane [7].

Nasute brane se često grade zbog niskih troškova izgradnje i očuvanja prirodnog izgleda lokacije. Glavni razlog otkazivanja nasutih brana je prelijevanje preko tijela brane do kojega najčešće dolazi pri pojavi ekstremnih protoka u kombinaciji sa zakazivanjem preljevnih polja zbog nedovoljnih dimenzija ili kvara na ustavama [9]. U tablici koja slijedi prikazani su mogući načini otkazivanja različitih tipova brana.

Tablica 1 Mogući načini otkazivanja različitih tipova brana [10]

Način otkazivanja	Nasuta zemljana	Betonska gravitacijska	Betonska lučna	Betonska poduprta	Betonska višelučna
Prelijevanje	x	x	x	x	x
Procurivanje	x	x	x	x	x
Greške u temeljima	x	x	x	x	x
Klizanje	x	x		x	
Prevrtanje		x	x		
Pucanje	x	x	x	x	x
Otkazivanje opreme	x	x	x	x	x

Dosadašnja praksa u izradi modela širenja poplavnog vala nastalog zbog rušenja velikih brana je takva da su kod provedenih simulacija na modelima za ulazne podatke najčešće primijenjeni ekstremni početni uvjeti (potpuno ispunjena akumulacija, trenutačni nestanak dijela tijela brane, uz paralelnu pojavu maksimalnih protoka) što rezultira velikim poplavnim područjima i velikim štetama.
Odabrani scenariji rušenja brane Tribistovo za koje su provedene simulacije su sljedeći:

- Trenutno rušenje brane
- Trenutno rušenje pregradnog nasipa
- Postupno rušenje brane
- Postupno rušenje pregradnog nasipa
- Trenutno istovremeno rušenje brane i pregradnog nasipa

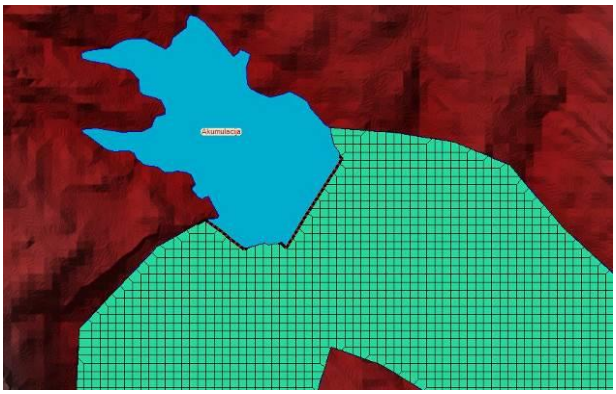
5. HIDRAULIČKI PRORAČUNI

U radu se koristi hidrodinamički model HEC-RAS, a usvojen je pristup rješavanja punih 2D Saint Venantovih jednadžbi zahtijeva više računske snage i time rezultira duljim vremenima rada. Kako bi se izbjegla numerička nestabilnost, potrebna je finija mreža u područjima 2D mreže gdje se profil ili smjer toka brzo mijenja. Solver modela koristi implicitni algoritam rješavanja metodom konačnih zapremina koji omogućava veći računski vremenski korak. Procedura računanja je sljedeća: početna dubina - kretanje vode između elemenata izračunato na

osnovu početne dubine i krivulje protoka - nova zapremina u elementu određena na osnovu protoka tijekom proračunskog vremenskog koraka - dubina u svakojm elementu određena iz krivulje zapremina-dubina - nova početna dubina. Ovaj proračunski algoritam je vrlo robustan i omogućuje da 2D elementi mogu biti popunjeni vodom ili prazni, tako da može opisati naglu pojavu vode u elementima. Dijelovi 2D mreže uzimaju u obzir nivoe terena unutar elemenata tako što stvaraju geometrijske i hidrauličke tablice svojstava koje predstavljaju nivoe u odnosu na zapreminu elemenata i nivoe u odnosu na protočnu površinu profila za svaki element. Elementi mreže u HEC-RAS 2D modelu prema tome nemaju ravno dno ili jedinstvenu dubinu. Svaka površina ćelije tretira se poput poprečnog presjeka za koji su određene detaljne tablice hidrauličkih svojstava. Navedeno omogućava upotrebu većih 2D elemenata mreže, a da se ne izgube informacije o stvarnim karakteristikama terena. HEC-RAS može generirati samo uniformne 2D mreže [11].

3.1 Formiranje modela

Kao ulazni podaci za proračune korišteni su geodetski podaci, hidraulički i hidrološki podaci i podaci o brani.
Geodetski podaci u prvom koraku služe za formiranje geometrijskih granica hidrauličkog modela. Podaci o brani poslužili su pri izboru načina rušenja brane, ograničenja, odnosno rubnih uvjeta modela, kao i transformacije hidroloških podataka (hidrograma). Hidraulički i hidrološki podaci odnose se na zapreminu akumulacije, hidrograme vodnih valova, Manningove koeficijente, i druge parametre potrebne u hidrauličkom modelu.
Kako je u metodologiji rada usvojen 2D model proračuna tečenja potrebno je koristiti trodimenzionalni model terena što veće rezolucije. Geometrija modela je formirana koristeći raspoložive geodetske podatke, odnosno digitalni model terena rezolucije 5m x 5m. Pod geometrijom modela podrazumijeva se i unos i opis karakteristika objekata, brana i akumulacije. U modelu je označeno 2D proračunsko područje i unutar njega generirana mreža s 51.529 elemenata prosječne veličine 630 m^2. Na slikama koje slijede prikazane su karakteristike generirane proračunske mreže i njen prostorni obuhvat.

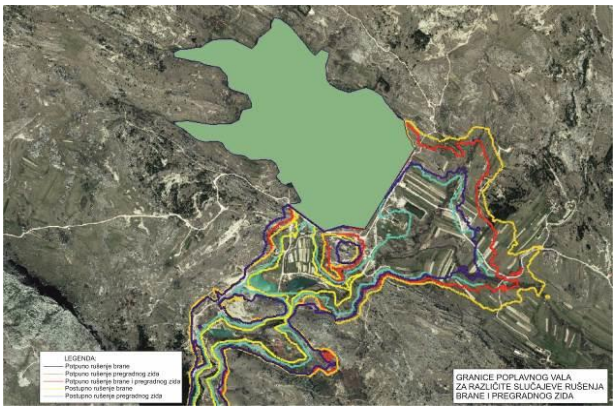


Slika 5 Detalj akumulacije s generiranom proračunskom mrežom

Nakon unosa geometrijskih i hidrauličkih elemenata, te generiranja proračunske mreže, izvršen je unos početnih i rubnih uvjeta, te su za odabrani model tečenja izvršeni proračuni.

3.2 Rezultati modela

Kao rezultati modela dobiveni su nivoi vode, protoci i brzine tečenja. Rezultati hidrauličkih modela poslužit će kao ulaz u GIS alate u kojima će se iskoristiti postojeći geoprostorni podaci (topografske karte, satelitske fotografije velike rezolucije i digitalni modeli terena) kako bi se na njima prikazali rezultati hidrauličkih proračuna čime će se dobiti konačni rezultati – karte poplavnih područja.

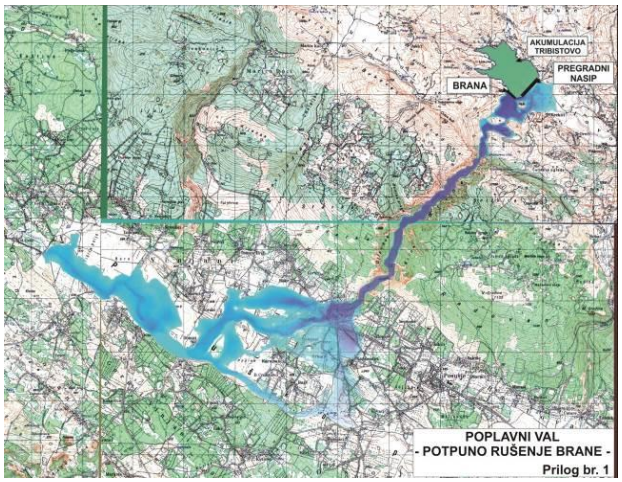


Slika 6 Granice poplavnih valova za razmatrane slučajeve rušenja objekata, detalj uz akumulaciju

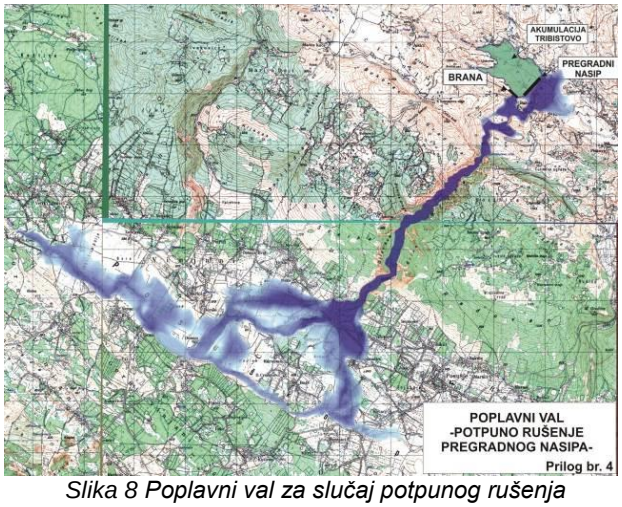
3.3 Kartiranje ugroženog područja

Karte zona plavljenja formirane su na osnovu rezultata proračuna i odgovarajućih topografskih ili drugih geoinformacijskih podloga. Na osnovu karata se mogu odrediti karte rizika i pripremiti planovi prevencije i upravljanja katastrofom koja može nastati u slučaju rušenja brana za područja koja mogu biti pod utjecajem nastale katastrofe. Na osnovu karata rizika se trebaju definirati kriteriji i načini proglašenja i

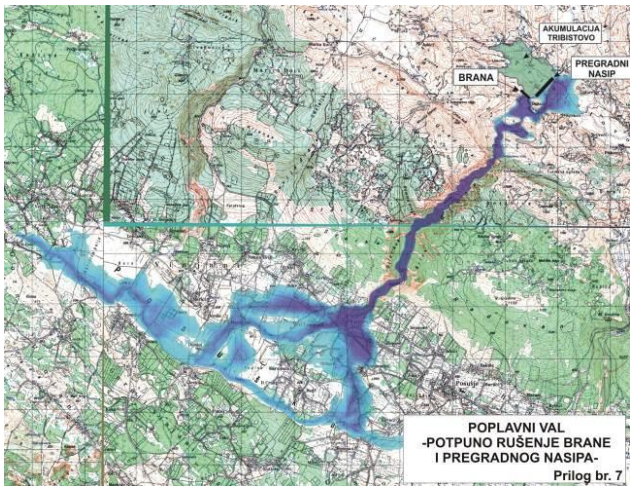
provođenja mjera obavještavanja i uzbunjivanja. U nastavku je dan prikaz poplavnih područja, odnosno karata opasnosti za razmatrane slučajeve rušenja brane: slučajevi potpunog rušenja brane i/ili pregradnog nasipa i slučajevi postupnog rušenja brane ili pregradnog nasipa. Rezultati su prikazani na topografskim kartama.



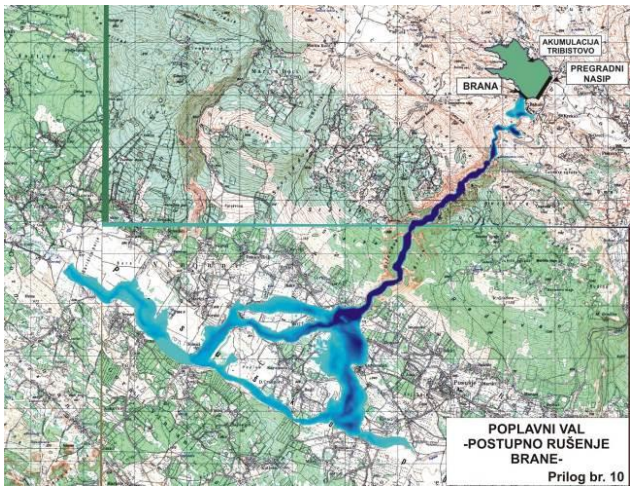
Slika 7 Poplavni val za slučaj potpunog rušenja brane



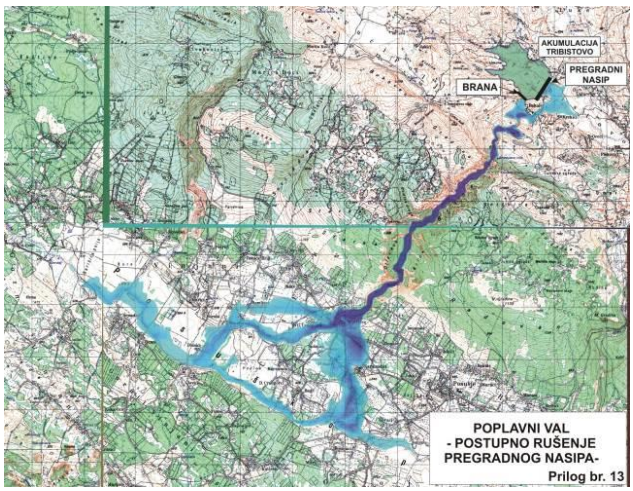
Slika 8 Poplavni val za slučaj potpunog rušenja pregradnog nasipa



Slika 9 Poplavni val za slučaj potpunog rušenja brane i pregradnog nasipa



Slika 10 Poplavni val za slučaj postupnog rušenja brane



Slika 11 Poplavni val za slučaj postupnog rušenja pregradnog nasipa

6. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA I PREPORUKE

Rušenje brane je događaj male vjerojatnoće pojave, ali sa sobom nosi veliku opasnosti i katastrofalne posljedice. Rušenje brane predstavlja ozbiljnu prijetnju svim ljudima i imovini koji se nalaze nizvodno od građevine.
U razmatranom primjeru brane Tribistovo, vrijeme dolaska poplavnog vala do naseljenih područja je vrlo kratko pa je kratko i raspoloživo vrijeme za djelovanje nakon rušenja brane. Iz tog razloga potrebno je usredotočiti se na preventivne radnje pod kojima se podrazumijeva:

- stalna kontrola statičkih karakteristika brane,
- saniranje oštećenja,
- donošenje Plana upravljanja i održavanje objekta i upravljanje u skladu sa donesenim Planom upravljanja,
- uspostavljanje odgovarajućeg sustava uzbune i dojave

Na osnovu razina vode u akumulaciji Tribistovo mogu se odrediti i različite razine budnosti:

- ako razina vode u akumulaciji dosegne kotu maksimalne razine (915,00 m n.m.), situacija se može smatrati hitnom. U ovom trenutku dostupno je samo nekoliko minuta za poduzimanje bilo kakvih akcija.
- ako se razina vode podigne iznad kote krune brane (915,50 m n.m.) i brana se počne rušiti, situacija se smatra katastrofom. U ovoj fazi ništa se ne može učiniti kako bi se spriječilo rušenje brane.

U cilju pravovremene intervencije na moguću opasnost od rušenja brana i izlijevanje vode iz akumulacije Tribistovo, potrebno je organizirati kontinuirana:

- fizikalna motrenja i mjerenja (vizualno i optičkim instrumentima),
- geodetska motrenja i mjerenja,
- seizmološka motrenja i mjerenja,
- klimatološka motrenja i mjerenja,
- hidrološka motrenja i mjerenja

i obavljati stalne analize i interpretacije rezultata i uspoređivati ih s projektnim parametrima kroz izrade studija stanja i stabilnosti brana.

Formirane karte opasnosti trebaju poslužiti za određivanje ugroženih područja, te izradu prostorno planske dokumentacije područja nizvodno od brana, a koja podrazumijevaju i izradu planova evakuacije stanovništva te mjere i aktivnosti potrebne za zaštitu naselja, gospodarskih i ostalih objekata kao i prirodnih resursa.

LITERATURA

[1] OKON. Projekt propagacije vodnog vala u slučaju rušenja brane Tribistovo sa obrađenim elementima obavještavanja i uzbunjivanja, OKON Mostar, 2018

[2] ENOVA. Lokalni ekološki akcijski plan (LEAP) općine Posušje za period 2016.-2026., ENOVA Sarajevo, 2016.

[3] O. Bonacci, L. Zeljković, A. Galić. Karst rivers' particularity: An example from Dinaric karst. Environmental Earth Sciences, v. 70, no. 2, p. 963-974, 2013.

[4] I. Brlek. Pregled zemljotresa na području Bosne i Hercegovine. Federalni hidrometeorološki zavod Sarajevo, 2016.

[5] D. Trkulja. Seizmičnost Bosne i Hercegovine

[6] INTEGRA & OKON. Studija za izdavanje prethodne vodne suglasosti, Male hidroelektrane MHE-1 i MHE-2 na vodoopskrbnom sustavu Posušje. Integra Mostar & Okon Mostar, 2017.

[7] L. Sopta, S. Družeta, D. Holjević. Analiza posljedica poplavnog vala nastalog prolomom velike brane, Građevinar, no. 63, p. 741-748, 2011.

[8] M. Morris. CADAM Concerted Action on Dambreak Modelling, 2000.

[9] P. L. Bjerke. Dam Break Analysis for Aparan Reservoir, Armenia, Norwegian Water Resources and Energy Directorate, 2011.

[10] G. W. Brunner. Using HEC-RAS for Dam Break Studies, US Army Corps of Engineers, 2014.

[11] G. W. Brunner, CEIWR-HEC. HEC-RAS River Analysis System: 2D Modeling User's Manual, Version 5.0, CEIWR-HEC, 2016

INTEGRALNO UPRAVLJANJE VODAMA NA PRIMJERU IMPLEMENTACIJE PROJEKTA WATSAN FBIH - "VODOSNABDIJEVANJE I ODVODNJA OTPADNIH VODA U FEDERACIJI BOSNE I HERCEGOVINE"

INTEGRATED WATER MANAGEMENT IN THE EXAMPLE OF IMPLEMENTATION OF WATSAN FBIH PROJECT - "WATER SUPPLY AND SANITATION IN THE FEDERATION OF BOSNIA AND HERZEGOVINA"

Sukavata Bejdić, MSc okolinskih nauka, BSc dipl.ing građ.
Federalno ministarstvo poljoprivrede, vodoprivede I šumarstva
Hamdije Čemerlića 2, Sarajevo
Služba za upravljanje projektima
Email: sukavata.bejdic@fmpvs.gov.ba

Sažetak: Projekat „Vodosnabdijevanje i odvodnja otpadnih voda u Federaciji Bosne i Hercegovine" – WATSAN FBiH pokrenut je sa ciljem poboljšanja stanja u oblasti vodosnabdijevanja, odvodnje i tretmana otpadnih voda u 20 općina u Federaciji Bosne i Hercegovine. Projekat se sastoji od općinskih potprojekata koji podrazumijevaju izradu idejnih i glavnih projekata, izgradnju ili rekonstrukciju vodovodne mreže, izgradnja rezerovara, radove na istražnim bušenjima za pronalaženja novih izvora vode za piće, izgradnja postrojenja za prečišćavanje pitke vode, izgradnja kolektora i kanalizacione mreže, izgradnja uređaja ze prečišćavanje otpadnih voda i radovi na regulaciji rijeke sa ciljem omogućavanja izgradnje kolektora koji se polažu uz riječno korito. Ovi općinski projekti za svrhu imaju poboljšanje stanja u domenu javnog zdravstva i zaštiti okoliša, sa posebnim fokusom na smanjenje zagađenja koje se stvara preko vode, što se nastoji postići prikupljanjem i prečišćavanjem otpadnih voda koje se trenutno bez ikakvog tretmana puštaju u okoliš. Ciljevi Projekta WATSAN FBiH uključuju pružanje podrške za poboljšanje trenutnih životnih uslova stanovništva, osiguranje adekvatnih higijenskih uslova u vodosnabdijevanju i odvodnji komunalnih otpadnih voda i provedbu mjera zaštite okoliša u skladu s obavezama pristupanja EU i usklađivanje s zakonodavstvom EU-a, u posebno sa Okvirnom direktivom o vodama, Direktivom o pitkoj vodi i Direktivom o komunalnim otpadnim vodama. Namjera ovog rada je da na primjeru Projekta WATSAN FBiH i analize implementacije oko 100 završenih općinskih projekata prikaže uspjehe i neuspjehe Integralnog upravljanja vodama u Federaciji Bosne i Hercegovine. Također će dati odgovor na pitanje da li uopšte u Federaciji Bosne i Hercegovine postoji integralno upravljanje vodama, i da li su sve strane koje trebaju biti uključene u upravljanje vodama zaista uključene. Kao zaključak će biti navedene naučene lekcije provedbe integralnog upravljanja vodama na primjeru Projekta WATSAN FBiH kao i preporuke za poboljšanje mjera i aktivnosti u primjeni Integralnog upravljanja vodama u Federaciji Bosne i Hercegovine.

Ključne riječi: integralno upravljanje vodama, vodosnabdijevanje i odvodnja otpadnih voda, Projekat WATSAN u Federaciji Bosne i Hercegovine

Abstract: The project "Water Supply and Sanitation in the Federation of Bosnia and Herzegovina" - WATSAN FBiH has been initiated with the aim of improving the situation in the field of water supply, sewerage network and wastewater treatment in 20 municipalities in the Federation of Bosnia and Herzegovina. The project consists of municipal subprojects which include the preparation of preliminary and main designs, construction or reconstruction of the water supply network, construction of reservoirs, exploration drilling works for new sources of drinking water, construction of drinking water treatment plants, construction of collectors and sewage network, construction of wastewater treatment plants, and river regulation constriction works with the aim of enabling the construction of collectors. These municipal projects aim to improve public health and environmental protection, with a particular focus on reducing pollution generated by water, which is sought through the collection and treatment of wastewater which is currently discharge into the environment without any treatment. The objectives of the Project include providing support for improving the current living conditions of the population, ensuring adequate hygiene conditions in the water supply and sanitation and implementing environmental protection measures in line with EU accession obligations and alignment with EU legislation, in particular with the Water Framework Directive, the Drinking Water Directive and the Urban Waste Water Treatment Directive. The purpose of this paper is to present the successes and failures of integrated water management in Federation of Bosnia and Herzegovina, based on the WATSAN FBiH Project and analysis of implementation of about 100 completed municipal projects. It will also answer the question of whether there is an Integrated water management system in the Federation of Bosnia and Herzegovina at all, and whether all parties that need to be involved in water management are truly involved, In conclusion, lessons learned from the implementation of integrated water management will be outlined, as exemplified by the WATSAN FBiH Project, as well as recommendations for improving measures and activities in the implementation of integrated water management in Federation of Bosnia and Herzegovina.

Key words: integrated water management, water supply and sanitation, WATSAN Project in Federation of Bosnia and Herzegovina

1. PROJEKAT „VODOSNABDIJEVANJE I ODVODNJA OTPADNIH VODA U FEDERACIJI BOSNE I HERCEGOVINE“ – WATSAN FBIH

Projekat „Vodosnabdijevanje i odvodnja otpadnih voda u Federaciji Bosne i Hercegovine“ – Water and Sanitation in Federation BiH (WATSAN FBiH) pokrenut je da bi se odgovorilo na zahtjeve općina iz Federacije BiH za poboljšanje vodosnabdijevanja i stanja u javnom zdravstvu, kao i na zahtjeve za smanjenje zagađenja voda.

Ugovor o finansiranju Projekta potpisali su u augustu 2008. godine predstavnici Evropske investicione banke (EIB), Bosne i Hercegovine i Federacije Bosne i Hercegovine. U skladu sa Ugovorom, Federacija Bosne i Hercegovine je preuzela odgovornost za upravljanje Projektom, sastavljenim od investicionih pod-projektata općina, koje putem Federalnog ministarstva finansija (FMF) i Federalnog ministarstva poljoprivrede, vodoprivrede i šumarstva (FMPVŠ) implementira 20 općina u Federaciji Bosne i Hercegovine uključenih u Projekat. Federalno ministarstva finansija je potpisnik ugovora sa općinama o kreditnom zaduženju i o dodjeli grant sredstava za Projekat, dok je Federalno ministarstvo poljoprivrede, vodoprivrede i šumarstva, koje nije supotpisnik tih ugovora, zaduženo za upravljanje Projektom WATSAN FBiH. Projekat se implementira korištenjem kreditnih sredstava u iznosu od 60 miliona eura, iz čega se pokriva 50% investicija na Projektu, a drugih 50% potrebnih sredstava za svaki ugovor se osigurava iz vlastitog učešće općina, grant sredstvima IPA fonda EU-a, grant sredtstvima SIDA-e i grant sredstvima Federalnog fonda za zaštitu okoliša (FFZO), što daje ukupnu vrijednost Projekta od 121,3 miliona eura.

1.1. Svrha i obuhvat WATSAN FBiH Projekta

Cilj WATSAN FBiH Projekta je razvoj integriranog i održivog plana za upravljanje sistemom vodosnabdijevanja i odvodnjom otpadnih voda u Federaciji Bosne i Hercegovine (Federacija BiH, FBiH), u skladu sa standardima Evropske unije (EU). Projekt se sastoji od općinskih projekata iz oblasti vodosnabdijevanja i odvodnje otpadnih voda uključenih općina sa teritorije FBiH, koji imaju prioritet investiranja. Ovi općinski pod-projekti za svrhu imaju poboljšanje stanja u domenu javnog zdravstva i zaštiti okoliša, sa posebnim fokusom na smanjenje zagađenja koje se stvara preko vode, što se nastoji postići prikupljanjem i prečišćavanjem otpadnih voda koje se trenutno bez ikakvog tretmana puštaju u okoliš.

Ova aktivnost će pomoći da se zadovolje potrebe Bosne i Hercegovine vezane za buduću usklađenost sa okolišnom legislativom EU, a posebno Direktivom EU o prečišćavanju gradskih otpadnih voda (91/271/EC) i Direktivom EU o pitkoj vodi (98/83/EC).[1]

Projekat se implementira u sljedećim općinama:
Bosanska Krupa, Bosanski Petrovac, Široki Brijeg, Tomislavgrad, Velika Kladuša, Orašje,Doboj Jug, Usora, Grad Mostar, Prozor-Rama,Tešanj, Jajce, Glamoč, Gračanica,Kupres, Čitluk, Konjic,Bosansko Grahovo, Gornji Vakuf Uskoplje i Lukavac

2. INSTITUCIONALNI OKVIR UPRAVLJANJA VODAMA U FEDERACIJI BIH

Zakonom o vodama Federacije BiH se navodi da je upravljanje vodama u nadležnosti Bosne i Hercegovine, Federacije, kantona, grada i općine. Entitetskim Zakonima o vodama su određeni institucionalni okviri upravljanja vodama. Zakonima o vodama je utvrđena nova struktura za upravljanje vodama i to tako da je osnovna jedinica za upravljanje Vodno područje.

Za Federaciju BiH to su vodno područje rijeke Save i vodno područje Jadranskog mora.

Organizaciono, radi provođenja zadataka upravljanja vodama, Zakonom o vodama su
osnovane agencija za vode, Agencija za vodno područje rijeke Save (AVP Sava) i Agencija za vodno područje Jadranskog mora (AVP Jadransko more), sa sjedištima u Sarajevu i Mostaru.[2]

1.2. Federalno ministarstvo poljoprivrede, vodoprivrede i šumarstva

Upravljanja vodama na nivou Federacijie BiH je u nadležnosti Federalnog ministarstva poljoprivrede, vodoprivrede i šumarstva (FMPVŠ), koje vrši upravne i stručne poslove utvrđene zakonom, a koji se odnose na nadležnost Federacije u sektoru vodoprivrede, oblasti poljoprivrede, vodoprivrede i šumarstva. Aktivnostikoje se vrše u sektora vodoprivrede a odnose se na, razvojne planove, korištenje voda, zaštitu voda i zaštitu od voda.

1.3. Kantonalna ministarstva nadležna za oblast upravljanja vodama

U Federaciji BiH, pored federalnog, u poslovima upravljanja vodama učestvuju i kantonalna ministarstva, nadležna za predmetnu oblast:

- Unsko-sanski kanton, Kantonalno ministarstvo poljoprivrede, vodoprivrede i šumarstva,
- Posavski kanton, Ministarstvo poljoprivrede, vodoprivrede i šumarstva,
- Tuzlanski kanton, Ministarstvo poljoprivrede, vodoprivrede i šumarstva,

[1] Priručnik za procedure projekta - WATSAN FBiH

[2] Strategija upravljanja vodama Federacije Bosne i Hercegovine 2010.-2022.

- Zeničko-dobojski kanton, Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede,
- Bosansko-podrinjski kanton, Kantonalno ministarstvo za privredu,
- Srednjobosanski kanton, Ministarstvo šumarstva, vodoprivrede i poljoprivrede,
- Hercegovačko-neretvanski kanton, Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede,
- Zapadnohercegovački kanton, Ministarstvo prostornog uređenja, resursa i zaštite okoliša,
- Kanton Sarajevo, Ministarstvo privrede, Sektor za poljoprivredu, vodoprivredu i šumarstvo.
- Livanjski kanton, Ministarstvo poljoprivrede, vodoprivrede i šumarstva,

Nadležnosti upravljanja vodama su uglavnom na kantonalnim ministarstvima poljoprivrede, vodoprivrede i šumarstva, slično kao na federalnom nivou, dok su u nekim slučajevima nadležnosti pri ministarstvima privrede. Opće nadležnosti kantonalnih ministarstava za oblast voda, bilo da imaju ili nemaju zasebne službe i sektore, su:

I. Zaštita voda, zaštita od voda i uređenje režima
II. Zaštita od poplava, erozija i bujica
III. Vodosnabdijevanje stanovništva i korištenje voda za potrebe privrede;
IV. Odvođenje voda sa poljoprivrednih površina i
V. Planiranje razvoja sektora voda.[3]

4. DEFINICIJA INTEGRALNOG UPRAVLJANJA VODAMA

Jedinstvena definicija pojma Integralno upravljanje vodama ne postoji, ali se često koristi definicija Globalnog partnerstva za vode (Global Water Partnership – GWP), po kojoj je Integralno upravljanje vodama proces koji promoviše koordinirani razvoj i upravljanje vodama, zemljištem i ostalim povezanim resursima, kako bi se na pravičan način maksimiziralo ekonomsko i socijalno blagostanje bez ugrožavanja održivosti vitalnih ekosustava i okoliša.[4]
Integralno upravljanje podrazumijeva i koordinirani rad institucija nadležnih za upravljanje vodama.
U ovom radu je fokus na Integralnom upravljanju vodama sa ciljem efikasnog vodosnabdijevanja i odvodnje otpadne vode za domaćinstva u općinama i gradovima Federacije Bosne i Hercegovine, koje možemo nazvati i gradskim/općinskim vodama.
Integralno upravljanje gradskim/općinskim vodama treba da predstavlja sistem kojim treba da se upravlja integralno, odnosno da jedan subjekt upravlja i snabdijevanjem vodom domaćinstava, odvodnjom otpadne voda domaćinstava i atmosferske vode, prečišćavanjem pitke i otpadne vode, a ne da to budu izolirani subjekti.
Integralno upravljanje vodama treba da bude usklađeno sa urbanim razvojem i upravljanjem slivnim područjima radi postizanja održivih ekonomskih, socijalnih i ekoloških ciljevi.
Planiranje u sektor vodnih usluga, odnosno gradskim/općinskim vodama, mora biti integrirano sa drugim gradskim/općinskim sektorima, poput korištenje zemljišta, stanovanje, energije i transporta.
Za uspješan pristup integralnom upravljanu gradskim/općinskim vodama je potrebno uključivanje lokalnih zajednica u rješavanje problema upravljanja vodama. Saradnja treba da uključuje sve sudionike u postavljanju prioriteta, djelovanja i preuzimanju odgovornosti.

5. IMPLEMENTACIJA PROJEKTA WATSAN FBIH

Kako bi se ispunile obaveze iz Ugovora, Federalno ministarstvo poljoprivrede, vodoprivrede i šumarstva je formiralo Jedinicu za upravljanje projektom (PMU). Općine/gradovi iz FBiH koji učestvuju u Projektu su krajnji korisnici Projekta, a unutar općina, odlukama općinskih načelnika i općinskih vijeća, formirani su timovi za implementiranje projekta (PIT tim). Agencija za vodno područje rijeke Save (AVP Sava) i Agencija za vodno područje Jadranskog mora (AVP Jadransko more) su imenovale po jednu osobu kao člana PMU i isti pružaju tehničku pomoć općinama.

Uprkos mnogobrojnim problemima i preprekama u realizaciji, do sada je u okviru WATSAN FBiH Projekta, izrađeno i provedeno:

- 11 Studija izvodljivosti
- 20 Projektnih zadataka (Project Fishes)
- 30 idejnih i glavnih projekata
- 11 tendera za uređaj za prečišćavanje otpadne vode (žuta knjiga)
- 2 tendera za uređaj za prečišćavanje pitke vode (žuta knjiga)
- 86 potpisanih ugovora za radove.

5.1. Vremenski okvir Projekta WATSAN FBiH

U skladu sa Ugovorom o finansiranju, prvobitni vremenski okvir Projekta obuhvatao je razdoblje provedbe od 2008.-2012. godine. Međutim, iz višestrukih razloga i zastoja u provedbi, navedeni Ugovor je tri puta produžavan:

- I produženje ugovora: od 2012. do 2014. godine
- II produženje ugovora: od 2014. do 2018. godine

[3] Strategija upravljanja vodama Federacije Bosne i Hercegovine 2010.-2022.

[4] https://www.gwp.org

- III produženje ugovora: od 30. juna 2018. do 30. juna 2021. godine.

Razlozi za produženje Ugovora ogledaju se prvenstveno u sljedećem:

- neriješenim imovinsko–pravnim odnosima odnosno procedurama eksproprijacije u općinama koje dugo traju, što znatno usporava implementaciju pod-projekata u općinama.
- nespremnosti općina po pitanju tehničke dokumentacije, što je uveliko usporilo implementaciju Projekta (projektni zadaci, studije izvodljivosti, idejni projekti i sl.).
- nepripremljenosti glavnih projekata u većini općina, zbog čega su isti realizirani kroz Projekat putem javnih nabavki.
- zastoji u implementaciji Projekta uslijed žalbi ponuđača Uredu za žalbe BiH tokom javne nabavke i poništenje niza tendera po tom osnovu.
- poništenim tenderima za postrojenja za prečišćavanje otpadne i pitke vode, uslijed enormno visokih cijena dostavljenih ponuda.

6. UPRAVLJANJE PROJEKTOM WATSAN FBIH

Na državnom nivou, Bosnu i Hercegovinu kao glavnog Korisnika Projekta, po svom ministru zastupa Ministarstvo financija i trezora (MFT) kao Zajmoprimac.
Federaciju Bosne i Hercegovine (FBiH), ovisno o slučaju, zastupaju po svojim ministrima Federalno ministarstvo financija (FMF) i/ili Federalno ministarstvo poljoprivrede, vodoprivrede i šumarstva (FMPVŠ), u ulozi Entiteta.
Zastupanje po općinskim načelnicima, općinske projekte implementiraju općine sa
teritorije FBiH, za koje se izvode investicioni općinski projekti. Općine učesnice imaju
ulogu Krajnjih korisnika Projekta.[5]

6.1. Federalno ministarstvo poljoprivrede, vodoprivrede i šumarstva - Jedinica za upravljanje Projektom (PMU)

U okviru obaveza upravljanja Projektom, Federalno ministarstvo poljoprivrede, vodoprivrede i šumarstva je zajedno sa Federalnim ministartsvom finansija osiguralo pripremu i donošenje sljedećih dokumenata:

• Dokumenti o politici prosljeđivanja kreditnih sredstava EIB-a i grant sredstava IPA 2008 i
• IPA 2009 krajnjim korisnicima Projekta koji su odobreni od strane Ministarstva i FMF,
• Priručnike o operativnim i finansijskim procedurama Projekta, koji su odobreni od strane EIB-a.

Jedinica za upravljanje projektom (PMU) pomaže općinama/gradovima u implementaciji njihovih pod-projekata, sa ciljem da bi sve procedure bile u skladu sa procedurama WATSAN FBiH Projekta i procedurama Evropske investicijske banke. PMU jedinica pomaže općinama i na taj način što priprema i dostavlja aplikacije za grant sredstva kod WBIF-a za tehničku pomoć projektu, za grant sredstva od SIDA-e, kao i za grant sredstva kod Fond za zaštitu okoliša Federacije BiH.

6.2. Upravni odbor Projekta

U cilju kvalitetnijeg upravljanja i praćenja implementacije ovog projekta, Vlada FBiH je na svojoj 119. sjednici održanoj 14.09.2017. godine, na zahtjev FMPVŠ-a, donijela Rješenje o imenovanju Upravnog odbora za WATSAN FBiH Projekat koji sačinjavaju predstavnici sljedećih institucija: Federalnog ministarstva finansija, Federalnog ministarstva poljoprivrede, vodoprivrede i šumarstva, Federalnog ministarstva okoliša i turizma, Agencije za vodno područje rijeke Save i Agencija za vodno područje Jadranskog mora.
Značajan je doprinos Upravnog odbora Projekta, čiji su zadaci:

- Unapređenje dinamike realizacije i učinkovitije provedbe Projekta
- Podrška Projektu u donošenju odluka koje su od važnosti za realizaciju projektnih aktivnosti
- Praćenje realizacije projektnih aktivnosti
- Podnosenje izvješća o radu Vladi Federacije BiH, putem Federalnog ministarstva poljoprivrede, vodoprivrede i šumarstva.

6.3. Fond za zaštitu okoliša Federacije Bosne i Hercegovine

Vlada Federacije FBiH je zadužila Fond za zaštitu okoliša Federacije BiH (Fond) da pomogne WATSAN FBiH Projektu na taj način što Fond već nekoliko godina objavljuje javni poziv za sufinansiranje projekata putem bespovratnih sredstava, u kojem se pored ostalih kategorija nalazi i kategorija koja je predviđena samo za općine uključene u WATSAN FBiH Projekat.
Fond za zaštitu okoliša Federacije BiH pomaže općinama i na način što je u javnom pozivu za bespovratna sredstva pored ostalih kategorija objavljivao kategoriju kojom je FMPVŠ moglo da aplicira za bespovratna sredstva za plaćanje usluga centraliziranog nadzora za općine iz WATSAN FBiH Projekta, a koji je jedinstven za sve općine.
Na ovj način su općine dobile značajna bespovratna sredstva od Fonda za izgradnju vodnih infrastrukturnih projekata kao i za izradu tehničke dokumentacije. Također su dobivena značajna

[5] Priručnik za procedure projekta WATSAN FBiH

bespovratna sredstva za sufinansiranje centraliziranog nadzora u sklopu WATSAN FBiH Projekta.

6.4. Agencije za vode

Pomoć za tehnička pitanja općinama uključenim u WSATSAN FBiH Projekat osigurana je preko inženjera iz Agencija za vodno područje rijeke Save (AVPS) i Agencije za vodno područje Jadranskog mora (AVPJM). U sastavu jedinice PMU je i po jedan tehnički stručnjak iz svake od agencija, Projektni koordinatori, koji su stalni članovi jedinice PMU.
Za svaku općinu iz Projekta WATSAN FBiH je zadužen po jedan inženjer iz Agencije za vode zavisno kojem slivu pripada općina. Inženjeri iz Agencija za vode su dodijeljeni općinama kao pomoć u implementaciji njihovih projekata i oni prate izvođenje radova, varijacione naloge i privremene situacije za plaćanje

6.5. Kantonalna ministarstva

Kako je navedeno u Poglavlju 2.2. ovog rada, u Federaciji BiH, pored federalnog ministarstva, u poslovima upravljanja vodama učestvuju i kantonalna ministarstva nadležna za sektor vodnih usluga.
Općine iz WATSAN FBiH Projekta su iz sljedećih Kantona:
Orašje – Posavski kanton
Bosanski Petrovac, Bosanska Krupa, Velika Kladuša - Unsko – sanski kanton
Široki Brijeg - Zapadnohercegovački kanton
Tomislavgrad, Bosansko Grahovo, Glamoč, Kupres - Livanjski kanton
Doboj Jug, Tešanj, Usora - Zeničko-dobojski kanton
Mostar, Prozor-Rama, Čitluk, Konjic - Hercegovačko-neretvanski kanton
Gračanica,Lukavac - Tuzlanski kanton
Gornji Vakuf Uskoplje, Jajce - Srednjobosanski kanton
Tokom realizacije Projekta WATSAN FBiH Kantoni i njihova ministarstva ministarstva nadležna za sektor vodnih usluga nisu pokazali interes za projekte u općinama. Projekat traje od 2008. godine i još nikad nijedno kantonalno ministarstvo nije pozvalo na sastanak nijednu općinu iz projekta niti su došli da posjete općinu i da pogledaju koji se radovi izvode.
Što se tiče finansijske pomoći općinama, za proteklih jedanaest godina od početka projekta WATSAN FBiH samo je općina Tešanj dobila od Kantonalnog ministarstva za poljoprivredu, šumarstvo i vodoprivredu iz Zeničko-dobojskog kanton, sredstva za sufinansiranje ugovora za izgradnju kolektora.

6.6. Općine uključene u WATSAN FBiH Projekat

Kako je navedeno u Poglavlju 2, Zakonom o vodama Federaciji BiH se navodi da je upravljanje vodama u nadležnosti i grada i općine.
U svakoj općini/gradu je formiran tim za implementaciju projekta, rješenjem načelnika i koji s naziva PIT tim, (engleski: Project implementatio team), i odgovorni su za provedbu općinskih projekata.
PIT u svom sastavu ima financijskog službenika i tehničku osobu iz reda općinskih službenika koji su uključeni u svaki segment projekta odnosno ugovora koji se implementiraju i koji je u skladu sa projektnim procedurama nabave i procedurama Projekta WATSAN FBiH.
PIT tima radi u tijesnoj saradnji sa PMU jedinicom i sa inženjerima iz Agencije za vodno područje rijeke Save i Agencije za vodno područje Jadranskog mora.
Prema proceduram Projekta WATSAN FBiH svaka općina je prilikom izrade svoje finansijke konstrukcije i potpisivanja ugovora o kreditu iz sredstava Evropske investicijke banke sa Federalnim ministrasvom finansija obavezna da pored ostalih izvora finansiranja obezbijedi i vlastito učešće iz svog budžeta. Mnoge općine nisu spremne ili kako one kažu nisu u mogućnosti da obezbijede planirani iznos ulaganja iz općinskog budžeta.

7. ZAKLJUČAK

Tema ovoh rada je integralno upravljanje vodama u sektoru vodnih usluga koji je dat kroz primjer implementacije Projekta WATSAN FBiH.
Zakonom o vodama Federaciji BiH se navodi da je upravljanje vodama u nadležnosti Bosne i Hercegovine, Federacije, kantona, grada i općine.
Integralno upravljanje podrazumijeva da svi subjekti koji su nadležni za upravljanje vodama, učestvuju u poslovima i aktivnostima upravljanja i u sektoru vodnih usluga.
Kako je već navedeno i objašnjeno, Vlada Federacije putem svojih resornih ministarstava Federalnog ministarstva poljoprivredem vodoprivrede i šumarstva i Federalnog ministarstva finansija, kao i putem Fonda za zaštitu okoliša Federacije Bosne i Hercegovine aktivno učestvuju u upravljanju i implamentaciji projekta WATSAN FBiH.
Kantoni i njihova ministarstva koja su bliža općinama i koja bi trebala da učestvuju u upravljanju i da pomažu općinama u implementaciji projekta se uopšte ne uključuju u općinske projekte, čak i nisu upoznati koji se ugovori implementiraju u općinama koje su u sastavu njihovog kantona. Jedino sa čime su upoznati je izdavanje okolinskih dozvola za postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda koja su u njihovoj nadležnosti kao i urbanističkih dozvola za ta ista postrojenja.
Tokom realizacije Projekta WATSAN FBiH Kantoni i njihova ministarstva ministarstva nadležna za sektor

vodnih usluga nisu pokazali interes za projekte u općinama. Projekat traje od 2008. godine i još nikad nijedno kantonalno ministarstvo nije pozvalo na sastanak nijednu općinu iz projekta niti su došli da posjete općinu i da pogledaju koji se radovi izvode.
Kantoni primaju 45% od vodnih naknada, a Fond za zaštitu okoliša Federacije Bosne i Hercegovine prima 15 % od vodnih naknada, i Fond od tih 15 % objavljuje javne pozive i dodjeljuje općinama bespovratna sredstva, dva puta u godini, a kantoni od 45% koliko primaju od vodnih naknada ne pomažu općinama u njihovim kapitalnim vodnim infrastrukturnim projektima.
Od svih 10 kantona u FBiH samo je općina Tešanj ove godine, nakon jedanaest godina koliko traje projekat WATSAN FBIH dobila bespovratna sredstva kantona.
Nezainteresiranost kantona za realizaciju kapitalnih vodnih infrastrukturnih objekata je nejasna.
Federacija pomaže općinama u realizaciji projekata i upravljanju projektima, a kantoni koji su također nadležni za sektor voda se ne uključuju i ne pomažu općinama ni finansijski ni tehnički.
Kako je navedeno u Poglavlju 3, planiranje u sektoru vodnih usluga, odnosno gradskim/općinskim vodama, mora biti integrirano sa drugim gradskim/općinskim sektorima, poput korištenje zemljišta, stanovanje, energije i transporta, što nije slučaj u općinama koje su u sklopu WATSAN FBiH Projekta. Veoma često projekti kasne iz razloga što nije riješena eksproprijacija zemljišta, odnosno što nije koordiniran rad općinskih sektora.
Kako je navedeno u Poglavlju 5.6,. prema proceduram Projekta WATSAN FBiH svaka općina je prilikom izrade svoje finansijke konstrukcije i potpisivanja ugovora o kreditu iz sredstava Evropske investicijke banke sa Federalnim ministrasvom finansija obavezna da pored ostalih izvora finansiranja obezbijedi i vlastito učešće iz svog budžeta. Mnoge općine nisu spremne ili kako one kažu nisu u mogućnosti da obezbijede planirani iznos ulaganja iz općinskog budžeta.
Za jedanaest godina koliko traje Projekat WATSAN FBiH nijedna općina/grad još nije uložila sredstva iz svog budžeta koja su navedena u ugovoru o kreditu koji je potpisan sa Federalnim ministarstvom finansija. Općine se pravdaju time da će svoja sredstva uložiti zadnja, kada potroše sva ostala sredstva. Potrebno je napomenuti da cijelom Projektu WATSAN FBiH, i iz ovog razloga, nedostaje veliki iznos sredstava.
Namjera ovog rada je bila da na primjeru Projekta WATSAN FBiH i analize implementacije oko 100 završenih općinskih projekata prikaže uspjehe i neuspjehe Integralnog upravljanja vodama u Federaciji Bosne i Hercegovine. Također je bila namjera dati odgovor na pitanje da li uopšte u Federaciji Bosne i Hercegovine postoji integralno upravljanje vodama, i da li su sve strane koje trebaju biti uključene u upravljanje vodama zaista uključene.

Na osnovu svega navedenog ovaj rad je pokazao na primjeru implementacije Projekta WATSAN FBiH da Integralno upravljanje vodama postoji na federalnom nivou, gdje su svi akteri koji su nadležni za upravljanje vodama uključeni u Projekat WATSAN, dok kantonalna ministarstva koja bi trebala biti dio ovog projekta se još nikada nisu uključila pa čak nisu ni informisani o ovom Projektu i općinskim pod-projektima.
Preporuka ovog rada je da općine/gradovi treba više da se bave upravljanjem vodama u sektoru vodnih usluga, i da više ulažu u ovaj sektor.
Što se tiče kantona i njihovih ministarstava nadležnih za sektor vodnih usluga, potrebno je poboljšati koordinaciju između općina i gradova na jednu stranu i Federacije na drugu stranu, u svrhu što uspješnijeg Integralnog upravljanja vodama u Federaciji Bosne i Hercegovine.

LITERATURA:

(1) Strategija upravljanja vodama Federacije BiH 2010.-2022.
(2) Zakon o vodama Federacije BiH
(3) Priručnik za procedure projekta - WATSAN FBiH
(4) http://www.watsanfbih.org
(5) https://www.gwp.org
(6) http://www.mynanbo.org/public/documents/outils/uploaded/lts46ngv.pdf

UREDBA O METODOLOGIJI UTVRĐIVANJA NAJNIŽE OSNOVNE CIJENE VODNIH USLUGA U FEDERACIJI BOSNE I HERCEGOVINE
- RADNI TEKST UREDBE -

Branko Vučijak, Ph.D.
Mašinski fakultet Univerziteta u Sarajevu, Vilsonovo šetalište 9,
e-mail:
bvucijak@gmail.com

Alisa Grabus, B.Sc.
UNDP, Zmaja od Bosne bb,
e-mail:
alisa.grabus@undp.org

Amer Husremović, B.Sc.
Federalno ministarstvo poljoprivrede, vodoprivrede i šumarstva, Hamdije Čemerlića 2,
e-mail:
amer.husremovic@fmpvs.gov.ba

Sažetak: Sektor vodno komunalnih usluga u BiH pokazuje jasne znake nedostatne financijske samoodrživosti, brojna komunalna poduzeća koja pružaju usluge vodoopskrbe/vodosnabdijevanja i odvodnje i tretmana urbanih otpadnih voda su došla u stanje nemogućnosti pokrivanja troškova redovnog zanavljanja infrastrukture kojom upravljaju, nekada čak niti pokrivanja osnovnih operativnih troškova. Sve se to događa u periodu sve većih obaveza ovog sektora na putu pristupanja EU, naročito u oblasti izgradnje i upravljanja postrojenjima za prečišćavanje otpadnih voda. Sredstva uložena putem grantova i kredita odobrenih od strane međunarodnih financijskih institucija su po izvještajima tih istih institucija više puta bila neuspješno investirana, jer nova infrastruktura nema stalne osigurane izvore financiranja, nekada se čak niti ne koristi u svojim kapacitetima. U tom smislu su i relevantne međunarodne institucije ukazale BiH administraciji da su reforme koje će voditi ka izgradnji samoodrživosti navedenih vrsta usluga neophodne. Sve je to bio razlog da Federalno ministarstvo poljoprivrede, vodoprivrede i šumarstva formira Radnu grupu za izradu Uredbe o metodologiji utvrđivanja najniže osnovne cijene vodnih usluga u Federaciji Bosne i Hercegovine, u suradnji sa projektom GoAL WaSH / Waters kojeg provodi UNDP. Ovaj rad predstavlja dosadašnje rezultate Radne grupe i temeljne pravce reformi koje ista Uredba inicira.

Ključne riječi: tarifna metodologija, uredba, vodne usluge

Abstract: BiH water services sector shows clear signs of lack of financial sustainability, and many utilities providing water supply and sewerage and wastewater treatment services have been unable to cover the investment maintenances for existing infrastructure, sometimes even not being able to cover basic operating costs. All this is happening in the period of increasing commitment of this sector on the EU accession road, especially in the field of construction and management of wastewater treatment plants. According to IFI reports, funds invested through grants and loans approved by these IFIs have repeatedly been unsuccessfully invested, since new infrastructure does not have permanent secured financing sources, and is sometimes not even used in its built capacity. In this regard, relevant international institutions have also indicated to the BiH administration that reforms that will lead to building the sustainability of provision of these services are necessary. All this was the reason for the Federal Ministry of Agriculture, Water Management and Forestry to create a Working Group for the development of the Decree on the Methodology for Determining the Lowest Tariff of Water Services in the Federation of Bosnia and Herzegovina, in cooperation with the GoAL WaSH/Waters project run by UNDP. This paper presents the PRESENT results of the Working Group and the basic directions of the reforms initiated by the same Regulation.

Key words: Tariff Methodology, Decree, Water Services

1. UVOD

Reguliranje cijene vodnih usluga i odnosna zakonska regulativa, te financiranje razvoja sektora vodnih usluga u BiH su:

- najduže razmatrani,
- trenutno najaktuelniji,
- do danas neriješeni,

problemi upravljanja vodama u BiH.

Rješavanje ovih problema otpočelo je „Sporazumom o stabilizaciji i pridruživanju BiH sa EU“ (2008), kojim je BiH preuzela obavezu transpozije i implementacije direktiva EU. Reguliranje vodnih usluga je posebno propisano članom 9. Okvirne direktive o vodama EU.

EU je financirala nekoliko projekata koji su se ticali i tarifa vodnih usluga u BiH – tu spadaju:

1. **Vodna politika u BiH** (2011, konačni dokument nije usvojen od strane Vijeća ministara BiH) između ostalog konstatira:
   Glavne opasnosti (pritisci) za vodne resurse prvenstveno su povezane sa prekomjernim / nekontroliranim zahvaćanjem voda, kao i nekontroliranim ispuštanjem otpadnih voda koje potiču iz naselja. EU vodna politika rješava ovu problematiku kroz ključni princip uspostave realnih cijena vodnih usluga koje trebaju osigurati puni povrat ostvarenih troškova. Takva politika će proizvesti koristi kakve su smanjenje zagađenja i poboljšanje prečišćavanja otpadnih voda, efikasnije i efektnije korištenje vodnih resursa uslijed uvođenja ekonomski realnih cijena vode, te porast osjećaja kod svih interesnih grupa da su oni stvarni vlasnici vodnih resursa, kao rezultat pojačanog učešća javnosti na donošenje ključnih odluka.

2. **ENVIS BiH -** jačanje okolišnih institucija u BiH i priprema za predpristupne fondove (2014), rezultira narednim dokumentima vezanim za vodne usluge**:**
   EAS BiH (BiH Strategija približavanja propisa pravnoj stečevini EU u zaštiti životne sredine), usvojena 2017. godine od Vijeća ministara BiH i time su odblokirana IPA sredstva za oblast okoliš/voda za BiH;
   DSIPs za DWD i UWWD (Specifični planovi za implementaciju vodno-komunalnih direktiva: o vodi za piće i urbanim otpadnim vodama);
   APIDs za DWD i UWWD (Akcioni planovi za implementaciju vodno-komunalnih direktiva).
   DSIPs (u pravilu usvaja nivo BiH) i APIDS (u pravilu usvajaju Entiteti i BD) nisu usvojeni, niti su osigurani adekvatni grant fondovi za njihovu provedbu u narednih oko 30 godina, što zahtjeva proces pristupa EU.

3. **Jačanje sektora voda u BiH** (2015), kroz ovaj projekt je, pored izrade pune transpozicije vodne legislative, pripremljena i Okvirna politika vodnih tarifa u BIH, kojom je dat detaljan status vodnih tarifa i zakonske legislative sektora vodnih usluga, te smjernice za dalje postupanje u ovom sektoru.

4. **UNDP GoAL WaSH projekt,** koji je u svojoj ranoj fazi (2015/2016) rezultirao izradom dva ključna dokumenta, „*Metodologija za određivanje cijene usluga vodosnabdijevanja/vodoopskrbe i kanalizacije u BiH*“ i „*Studija o najboljem načinu administrativnog pozicioniranja regulatornog tijela u postupku utvrđivanja cijena usluga vodo-snabdijevanja i odvodnje i prečišćavanja otpadnih voda*“

5. **UNDP GoAL Waters** kao nastavak projekta GoAL WaSH**,** vrši testiranje metodologije u 4 vodovodna poduzeća (Teslić i Tešanj u 2017, a zatim i Trebinje i Ljubuški u 2018), te na zahtjev Ministra poljoprivrede, vodoprivrede i šumarstva FBiH od kraja 2018 i u toku 2019 organizira sastanke radne grupe za pripremu Uredbe o metodologiji utvrđivanja najniže osnovne cijene vodnih usluga u Federaciji Bosne i Hercegovine, koju je isto ministarstvo i formiralo.

6. **UNDP MEG projekt** (2016-2020), projekt općinskog okolišnog i ekonomskog upravljanja u 18 jedinica lokalne samouprave u BiH, koji operativno provodi institucionalno jačanje sektora vodnih usluga uz primjenu navedene Metodologije za određivanje cijene usluga vodosnabdijevanja/ vodoopskrbe i kanalizacije u BiH. U ovom projektu su se jedinice lokalne samouprave potpisivanjem Ugovora o pružanju javnih usluga (Public Service Agreement – PSA) sa vodovodnim poduzećem ujedno i obavezale na primjenu metodologije.

7. **Pregled institucionalnog okvira vodoopskrbe i sanitacije u BiH**, projekt Svjetske banke (2017), kojim se naglašava ugroženost financijske samoodrživosti vodovodnih poduzeća u BiH.

8. **Dokument o vodnim politikama** (Water Policy paper, 2019) Aquasan mreže u BiH, kojim se cilja sveobuhvatno unaprjeđenje sektora vodnih usluga u Bosni i Hercegovini izradom posebnog zakona.

9. **Pregled sektora vodnih usluga u BiH**, koji su izradili Ministarstvo vanjske trgovine i

ekonomskih odnosa BiH i Direkcija za Europske integracije BiH (2019), izvještaj koji je predstavljao uvjet Delegacije Europske unije u BiH za alociranje granta IPA 2018 sektoru okoliša u BiH. Ovaj izvještaj navodi potrebu za „*uvođenjem obvezujuće tarifne metodologije za proračun cijena vodnih usluga*".

10. **Zakon o izmjenama i dopunama zakona o vodama** (2017-2019), koji je u parlamentarnu proceduru uputilo Ministarstvo poljoprivrede, vodoprivrede i šumarstva FBiH i trenutno je u raspravi na 2. Domu parlamenta. Usvajanje je pravni osnov za stavljanje nacrta Uredbe o metodologiji utvrđivanja najniže osnovne cijene vodnih usluga u Federaciji Bosne i Hercegovine u dalju zakonsku proceduru.

Dakle kako se može uočiti iz navedenog, već duže vrijeme postoji namjera rješavanja pitanja cijena vodnih usluga u BiH koje bi osigurale financijsku samoodrživosti pružatelja ovih usluga, ali i podržala povećanje učinkovitosti rada tih pružatelja. Ipak, konačan cilj još nije dostignut, a da pri tome raste pritisak međunarodnih faktora (EU, međunarodne financijske institucije (IFI), agencije za međunarodnu pomoć i dr.) čiji se doprinos razvoju sektora svakako očekuje, pa je stoga moguće skoro usvajanje Uredbe o metodologiji utvrđivanja najniže osnovne cijene vodnih usluga u Federaciji Bosne i Hercegovine od izuzetne važnosti.

2. STRUKTURA RADNOG TEKSTA UREDBE

Federalno ministarstvo poljoprivrede, vodoprivrede i šumarstva je u postupku izrade nacrta Uredbe o metodologiji utvrđivanja najniže osnovne cijene vodnih usluga u Federaciji Bosne i Hercegovine formiralo radnu grupu koju čine predstavnici narednih institucija:

- Federalno ministarstvo poljoprivrede, vodoprivrede i šumarstva (FM PVŠ)
- Udruženje poslodavaca komunalne privrede FBiH (UPKP FBiH)
- Savez općina i gradova FBiH (SOG FBiH)
- Agencija za vodno područje Jadranskog mora
- Agencija za vodno područje rijeke Save
- Federalno ministarstvo okoliša i turizma (FMOiT)

uz podršku stručnjaka UNDPa i pro-bono eksperata.

Radna grupa je počela sa radom krajem 2018 i do ljeta 2019 je održano 8 sastanaka, svi članovi su davali primjedbe i komentare za poboljšanje tekuće verzije nacrta Uredbe [1]. Kada su se iscrpili prijedlozi i komentari unutar radne grupe, radni tekst Uredbe se počinje predstavljati svim zainteresiranim stranama (npr. SOG 9.10.2019, kantonalnim resornim ministarstvima 10.10.2019.).
Također je izražen interes Asocijacije vodovoda RS za ovu uredbu, UNDP prezentacija održana 8.10.2019. godine.

Radni tekst ove Uredbe je podijeljen u nekoliko cjelina, kako slijedi:

Dio prvi – osnovne odredbe

U ovom dijelu u članovima 1. do 4. su predstavljeni predmet i ciljevi uredbe, definicije koje koristi, te vrste vodnih usluga na koje se odnosi. Potrebno je naglasiti da ciljevi metodologije uključuju postizanje priuštivosti usluge, redovno održavanje i osiguranje trajne održivosti infrastrukture, neprekidno i kvalitetno pružanje usluga, stvaranje preduvjeta za investiranje i uredno vraćanje kredita, kao i za postupno i potpuno zadovoljenje svih temeljnih načela / principa koji se navode ovom uredbom, zaštitu od moguće zlouporabe monopolnog ili dominantnog položaja pružatelja vodnih usluga, kao i stvaranje uvjeta za poštivanje važećih kolektivnih ugovora.

Dio drugi –temeljna načela metodologije

Članovima 5. do 13. se najprije navode, a zatim i pojašnjavaju ključna načela na kojima je izgrađena metodologija Uredbe, a to su:
- Načelo/princip pokrivanja troškova
- Načelo/princip priuštivosti
- Načelo/princip korisnik plaća
- Načelo/princip solidarnosti i jednakosti
- Načelo/princip zagađivač plaća
- Načelo/princip ekonomske i operativne efikasnosti/
- učinkovitosti
- Načelo/princip pravičnosti
- Načelo/princip ekološke efikasnosti/učinkovitosti

Tako je npr. pojašnjeno da se *načelo/princip pokrivanja troškova odnosi na formiranje cijene usluge na način da ista uključi sve odnosne troškove samo te vrste usluge, uključujući i pripadajući dio zajedničkih troškova više vrsta usluga*, ali i da je *preduvjet za primjenu ovog načela/principa računovodstveno razdvajanje svih troškova i prihoda po definiranim troškovnim centrima, gdje svaka vrsta usluge ima odvojeno knjižene odnosne troškove i prihode.*

Sa druge strane je naglašeno da *načelo/princip ekonomske efikasnosti podrazumijeva optimizaciju svih vrsta troškova pružanja vodno-komunalnih usluga, poboljšanje naplate prihoda, redovno vršenje revizije tarifnih stopa i dugoročno postizanje potpunog povrata finansijskih troškova, a da se time*

ne naruši kvaliteta vodnih usluga, te da se *operativna efikasnost postiže se optimiziranjem i boljim korištenjem ljudskih resursa, energetskom efikasnošću, adekvatnim korištenjem opreme u sistemu i kontrolom neprihodovane vode.*

Dio treći – preduvjeti za provedbu metodologije

Ovaj dio radnog teksta Uredbe sadrži dvije cjeline, to su Računovodstveni uvjeti i Poslovni plan.

Članovima 14.-18. se pojašnjavaju potrebni računovodstveni preduvjeti za primjenu tarifne metodologije određene ovom Uredbom, preciziranjem potrebnog načina knjiženja troškova i prihoda, uključujući i knjiženje indirektnih troškova i onih koji se odnose na ostale usluge koje poduzeće pruža, što će omogućiti nedvojbeno prepoznavanje svih troškova koje treba pokriti cijenom usluge. Također se naglašava potreba cjelovitog popisa (prema definiranim troškovnim centrima) i periodične revalorizacije te obračuna amortizacije svih stalnih sredstava koja se koriste za pružanje predmetnih usluga. Obzirom na postojeće stanje u kojem značajan dio infrastrukture u upotrebi nije uopće knjižen pa se i ne obračunava amortizacija na isti, ostavlja se period od 10 godina nakon stupanja na snagu Uredbe za potpun proračun troška amortizacije i uključenje istoga u cijenu vodnih usluga.

Članovi 19 i 20 govore o sadržaju poslovnog plana, kao glavnog izvora podataka procjene budućih troškova, dakle i potrebnih prihoda kojima se isti pokrivaju. Član 19 precizira potrebni sadržaj poslovnog plana - npr. određuje da pored obaveznih elemenata poslovnog plana određenih propisima o javnim preduzećima, poslovni plan operatora koji pružaju vodne usluge mora dodatno sadržavati i *Plan optimizacije broja zaposlenih za naredni period, dodatno sa tranzicijskim planom i projekcijom kada će se broj zaposlenih koji su angažirani u funkciji pružanja ukupnih vodnih usluga, svesti na preporučenu ciljnu vrijednost, ovisno o veličini i složenosti infrastrukturnog sistema*, kao i *Plan smanjenja i/ili kontrole neprihodovane vode za naredni period, dodatno sa projekcijom kada će se postotak gubitaka svesti na veličinu poslije koje više nije isplatno dalje smanjivanje, te kada će se infrastrukturni indeks curenja ILI svesti na vrijednost manju od 4*.

Član 20. navodi odabrane ključni pokazatelje / indikatore uspješnosti operatora kojima se treba pratiti unaprjeđenje poslovanja, gdje se traži da poslovni *mora sadržavati vrijednosti za prethodne tri godine (odnosno za cijeli prethodni period pružanja ovih usluga ako je isti kraći od tri godine), projekcije vrijednosti za najmanje naredne tri godine, te dugoročne ciljne vrijednosti i očekivano vrijeme njihovog dostizanja*.

Odabrani pokazatelji/indikatori uspješnosti uključuju neprihodovanu vodu, postotak mjerenja, prosječan broj dana naplate i postotak naplate, produktivnost operatora, pokrivenost operativnih troškova i priuštivost usluga.

Dio četvrti – vrsta i način proračuna cijene vodnih usluga

Članovima 19.-26. se najprije podsjeća na vrste cijena za koje se može odlučiti operator usluga, nakon čega se navode kategorije korisnika usluga za koje se odvojeno određuje cijena usluge (Fizičke osobe (građani), Privredni subjekti (privredna društva i obrti), Javne ustanove i institucije, te Ostali korisnici). Ipak, Uredba propisuje i da se cijena za sve kategorije mora izjednačiti u roku od 10 godina od dana stupanja na snagu (te kategorije ne uzrokuju različite troškove pružanja ovih usluga), kao i da operator uz prvi svoj Izvještaj o poslovanju treba pripremiti tranzicijski plan izjednačenja cijena za sve kategorije korisnika usluga.

Naredna dva člana definiraju pretplatu ili fiksni dio cijene, čija je osnovna funkcija da pokrije troškove (sada u prosjeku u BiH vrlo nekvalitetnog) mjerenja u mreži, uz mogućnost da se u ovaj dio cijene uključe i još neki dijelovi fiksnih troškova pružanja usluga, te određuju kako se jedino može koristiti prihod ostvaren pretplatom.

Naredna dva člana na sličan način određuju način proračuna jedinične cijene m^3 vode, kao i način korištenja prihoda ostvarenih na ova način. U pitanje je klasična formula odnosa svih poslovnim planom predviđenih troškova djelatnosti (u KM) i predviđene količine isporučene vode (u m^3), koja dodatno uzima u obzir i moguću naplativost (koja mora biti veća od 95%). Prihodi ostvareni na ovaj način služe za pokrivanje rashoda nastalih pokrivanjem operativnih troškova, investicijskim održavanjem (zanavljanjem i održavanjem mreže), te kapitalnim investicijama.

Dio peti – postupak razmatranja promjene cijene vodnih usluga

Članovi 27. do 30. ovog dijela radnog teksta Uredbe najprije predstavljaju zahtjev i dokumentaciju potrebnu za razmatranje i odobrenje cijene, a zatim i strukturu predložene cijene. Naime iako se cijena svake od usluga predlaže kao jedan zbirni iznos, zahtijeva se i da se navedu *pojedinačne stvarne vrijednosti i u postotku u odnosu na ukupnu cijenu, i to kao dio koji se odnosi na:*

- *pokrivanje procijenjenih troškova zaposlenih,*
- *procjenu očekivanih troškova energije,*
- *ostale operativne troškove,*
- *troškove investicijskog održavanja,*
- *troškove odobrenih kapitalnih investicija,*
- *sve ostale troškove.*

Time se zapravo inzistira na prepoznavanju (vrste i visine) troškova koje treba pokriti cijenom, ali i otežava eventualni politizirani zahtjev za nižom cijenom bez argumentiranja na koji dio se takvo snižavanje odnosi.

Naredna dva člana određuju postupak odobrenja i zasebno slučaj neodobrenja cijene, gdje je posebno važno istači stav 1. člana 30 koji glasi:
Osnivač koji na osnovu opravdanog zahtjeva i odobrene dokumentacije iz čl. 27.- 29. ove Uredbe javnom operatoru ne odobri novu cijenu vodnih usluga, neće imati pristup sufinanciranju kapitalne javne vodno-komunalne infrastrukture iz sredstava kredita i grantova međunarodnih financijskih institucija, budžeta kantona i Federacije BiH, ako je:

- *otplata kredita i sufinanciranje granta planirano kroz cijenu vodnih usluga,*
- *sredstvima kredita i granta planirana izgradnja objekata, za čiji pogon i održavanje je preduslov povećanje cijene vodnih usluga u svrhu osiguranja njihove održivosti.*

Dakle iz navedenog je vidljivo da jedinice lokalne samouprave i dalje imaju punu odgovornost i nadležnost određivanja cijena vodno-komunalnih usluga, ali se ovim stavom otežava mogućnost pojave novih investicija u sektoru koje nisu samo-održive, a što je važna primjedba međunarodnih institucija koje se aktivne u ovom sektoru u BiH.

Dio šesti – prijelazne i završne odredbe

Članovima 31.-35. se uobičajeno za ovakve podzakonske akte propisuje primjena i nadzor nad primjenom Uredbe, navode prijelazne odredbe i stupanje na snagu, kao i prilozi/aneksi Uredbe.

Aneksi uredbe

Uredba sadrži 4 aneksa, i to:

- *Aneks 1, Obrazac za proračun indeksa ILI,*
- *Aneks 2, Proračun indikatora produktivnosti operatora,*
- *Aneks 3, Procedura ocjene usuglašenosti prijedloga izračuna vodnih tarifa sa Uredbom,*
- *Aneks 4, Pregled ključnih indikatora poslovanja operatora.*

Aneks 1, Obrazac za proračun indeksa ILI, predstavlja *Infrastrukturni indeks gubitaka (Infrastructure Leakage Index – ILI), kao ključni pokazatelj kojeg su definirale IWA (International Water Association – Međunarodna asocijacija za vode) i AWWA (American Water Works Association – Američka udruga vodovoda). On predstavlja odnos između aktualnih godišnjih stvarnih gubitaka i neizbježnih godišnjih stvarnih gubitaka, tj. opisuje koliko puta u vodovodnom sistemu više curi voda nego što se ne može izbjeći.*
Ovo je danas u svijetu najvažniji indikator za mjerenje gubitaka u mreži, ali njegov proračun zahtjeva dovoljno tehničko znanje zaposlenika u vodovodu o načinu proračuna vodnog bilansa, kao i provođenje potrebnih mjerenja. Ipak, potrebno je naglasiti da je bez takvog znanja nerealno očekivati smanjenje gubitaka i zato je ovaj pokazatelj potrebno uvoditi u praksu BiH vodovoda, naviklih da neprihodovanu vodu izražavaju samo u postotcima.
Formula za računanje vrijednosti ILI je dana sa:

$$ILI = CARL / UARL$$

Pri tome su CARL (Current Annual Real Losses) Aktualni godišnji stvarni gubici, te UARL (Unavoidable Annual Real Losses) Neizbježni godišnji stvarni gubici, također definirani od strane IWA i AWWA.

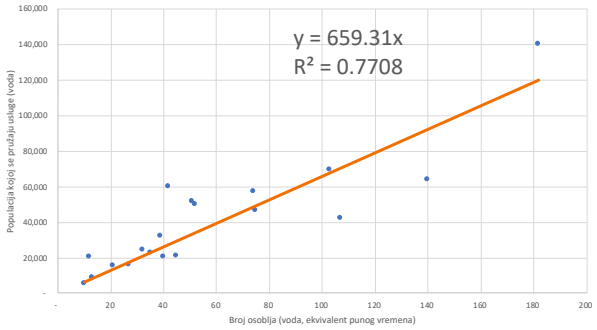
Aneks 2, Proračun indikatora produktivnosti operatora, određuje kompleksnu formulu za proračuna maksimalnog broja uposlenih kod javnog operatora vodovoda, kanalizacije i tretmana otpadnih voda, na kraju ciljnog perioda (10 godina od donošenja Uredbe).

Može se bez ustručavanja reći da je jedan od najvažnijih ciljeva ove Uredbe depolitizacija samog sektora. Postojeća prepoznata politizacija se ogleda prije svega u održavanju cijena niskim i kada one ne osiguravaju pokrivanje odnosnim troškova, ali i u pritisku na zapošljavanje kadrove koji se obično nazivaju „podobnima“.

Broj uposlenih svakako prije sve ovisi o broju priključaka i/ili broju korisnika usluga, kao i od broja i kapaciteta postrojenja za prečišćavanje pitke vode ili prečišćavanje otpadnih voda, te od složenosti samog sistema (npr. dužine cjevovoda po jednom korisniku usluga), to su elementi date formule.
Važno je naglasiti da je prosječan broj uposlenih u ovom sektoru u BiH u odnosu na 1000 korisnika usluga značajno veći nego ne samo u razvijenim zemljama EU, nego i u drugim zemljama koje su prolazile ili još uvijek prolaze kroz proces tranzicije.

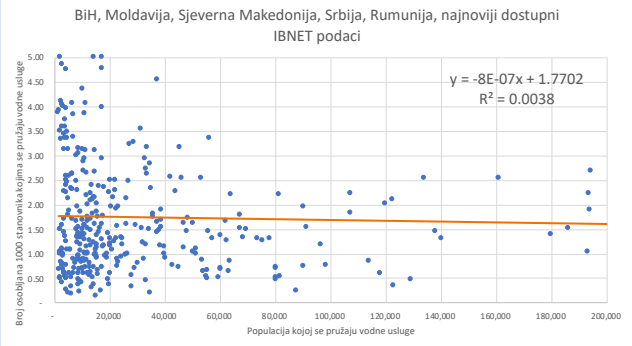
Analizom poduzeća iz BiH koja sudjeluju u MEG projektu, koristeći dostupne podatke, strani konzultant angažiran na ovom projektu dolazi do

narednog grafika korelacije broja uposlenih i broja korisnika usluga:



Slika 1: korelacija broja uposlenih i korisnika sluga u BiH

Dakle vidljiv je ekonomski teško opravdan model ponašanja u kojem za veći broj korisnika je potreban još veći broj uposlenih na 1000 korisnika, posve suprotno principu „economy of scale". Nasuprot tome, grafik koji uključuje i Moldaviju, Sjevernu Makedoniju, Rumunjsku, Srbiju, pokazuje logično očekivani pad:



Slika 2: Korelacija broja uposlenih i korisnika sluga u više zemalja

Još je interesantnije uočiti da BiH spada u rijetke zemlje u kojima taj broj uposlenih na 1000 korisnika usluga raste u periodu kada razvoj IT tehnologija omogućava puno efikasniji rad:

Tabela 1: Dinamika broja zaposlenih u vodovodnim poduzećima

	Maksimum	Min	Smanjenje / povećanje	Maksimum godišnje	Min godišnje	Trajanje u godinama
Armenija	1.73	1.34	(0.39)	2006.	2016.	10
BiH	1.97	1.38	0.59	2017.	2005.	12
Gruzija	2.71	2.33	0.38	2004.	2002.	2
Mađarska	3.01	2.27	(0.74)	1995.	2005.	10
Kazahstan	1.76	1.14	0.62	2015.	2000.	15
Kosovo	1.25	1.09	(0.16)	2012.	2016.	4
Moldavija	3.05	2.07	(0.98)	2004.	2017.	13
Sjeverna Makedonija	2.53	1.01	(1.52)	2002.	2010.	8
Rusija	1.71	1.13	(0.58)	2003.	2015.	12
Srbija	1.63	1.01	(0.62)	2008.	2017.	9
Ukrajina	2.43	1.67	0.76	2014.	2000.	14

Može se pretpostaviti da će se o ovom sadržaju Uredbe voditi iscrpna diskusija, ali treba i ponoviti da se ciljna vrijednost odnosi na period od 10 godina nakon usvajanja Uredbe, do kada se prirodnim odlivom zaposlenih i bez opuštanja u velikoj većini poduzeća ovaj problem može riješiti (test na skoro 50 poduzeća iz BiH pokazuje da ih više od pola ima zadovoljavajući broj uposlenih ili najviše do 5 više nego određuje formula; sukladno napomeni o politizaciji zapošljavanja (u javnim institucijama, ne samo u sektoru) najveći broj prekobrojnih je u populacijom brojčano većim jedinicama lokalne samouprave, naročito ako je dolazilo do češće promjene stranaka u vlasti).

Aneks 3, Procedura ocjene usuglašenosti prijedloga izračuna vodnih tarifa sa Uredbom, je jednostavan popis pitanja na koje odgovor može biti samo DA ili NE, kojim se provjerava kompletnost i potrebni sadržaj dostavljene dokumentacije, uključujući Analize provedbe važećeg Poslovnog plana operatora za prethodni period, kao i važeći Poslovni plan operatora, te pregled proračuna cijene.

Ova procedura je posebno važna za prelazni period primjene uredbe i u početnoj fazi uspostave regulatora vodnih usluga, kao neophodan alat za potvrđivanje predložene cijene u skladu sa zahtjevima uredbe.

Aneks 4, Pregled ključnih indikatora poslovanja operatora, daje format tabelarnog zahtjeva za tekućom i procijenjenom budućom vrijednosti ključnih indikatora poslovanja:

Tabela 2: Pregled ključnih indikatora poslovanja operatora

Indikatori vodne tarife / godina	**2021**	2022	2023	2024	…	**2031**	**2032**
Vodna tarifa (KM/m³) Ukupno volumetrijski dio							
Vodoopskrba (KM/m³)							
Odvodnja urbanih otpadnih voda (KM/m³)							
Tretman urbanih otpadnih voda (KM/m³)							
Fiksni dio cijene (KM/m³)							
% stvarno potrebne amortizacije obračunat u cijeni						100%	
% stvarno potrebne amortizacije amortizacije prikupljen i utrošen za svrhe redovnog zanavljanja infrastrukture							
% izjednačenja cijena za fizička i pravna lica						100%	
Produktivnost zaposlenih (broj zaposlenih / '000 korisnika usluga ili / '000 priključaka)	Početno stanje					100%	
% učešća kredita u ukupnoj tarifi							
% priuštivosti važeće tarife							
% pokrivenosti operativnih troškova							
% mjerenja potrošača							
Prosječan broj dana naplate							
% gubitaka u VS (dugoročni cilj je 25% ili manje)	Npr. 61%					Npr. 41%	….itd.
Status definiranosti i izgrađenosti² zona mjerenja (Status DMA - District Metering Areas)						100%	
Dodatni ili indikatori po procjeni potrebe lokalne samouprave							

Ovo je važan alat za jednostavno praćenje i uvid u unaprjeđenja rada poduzeća, podaci koje je potrebno ispuniti u tabeli su oni iz poslovnog plana ili duže projekcije istog.

3. ZAKLJUČAK

Više međunarodnih relevantnih institucija poput Delegacije EU u BiH, Svjetske banke, IFI-a, agencija za međunarodnu pomoć i ambasada/veleposlanstava koje su aktivne u sektoru vodnih usluga u BiH, naglašavaju da ovaj sektor trenutno nije samoodrživ i da su investicije koje se očekuju na putu pristupanja Europskoj uniji rizične sa stanovišta trajnog rada. Nekoliko investicija Svjetske banke iz prethodnih godina su se posebno često navodile kao primjeri neodgovarajućeg financiranja koje bi osiguralo njihovu dugoročnu funkcionalnost.

Radni tekst ove Uredbe pokušava odgovoriti na takve primjedbe, kao i na također često navođeni zahtjev za depolitizacijom rada ovih poduzeća. Nakon usvajanja Zakona o izmjenama i dopunama zakona o vodama, kojim će se osigurati pravni osnov za stavljanje nacrta Uredbe o metodologiji utvrđivanja najniže osnovne cijene vodnih usluga u Federaciji Bosne i Hercegovine u dalju zakonsku proceduru (alternativno je ostavljena mogućnost da Uredbu donese Vlada FBiH), slijediće proces javnih rasprava.

Problemi koje adresira Uredba nisu novi niti nepoznati, na njih se već dugo vremena traži odgovor ali to nije rezultiralo dovoljno konkretnom regulatornom aktivnošću do sada. Paralelne inicijative za izradu integralnog i zasebnog Zakona o vodno-komunalnim uslugama može biti i dugoročno bolje rješenje, ali ta inicijative postoji nekoliko godina i do sada nije napravila značajnije institucionalne iskorake, pa se svakako predlaže što brži postupak usvajanja i otpočinjanja provedbe Uredbe, koju kasnije kada se steknu uvjeti (politička volja) može i dodatno podržati navedeni novi Zakon.

LITERATURA

[1] RADNI TEKST Uredbe o metodologiji utvrđivanja najniže osnovne cijene vodnih usluga u Federaciji Bosne i Hercegovine, dostupan je na: www.fmpvs.gov.ba.

ULOGA NEDRŽAVNIH AKTERA U SEKTORU VODNIH USLUGA U FEDERACIJI BOSNE I HERCEGOVINE

THE ROLE OF NON-STATE ACTORS IN WATER SERVICES IN FEDERATION OF BOSNIA AND HERZEGOVINA

Irma Bejdić MSc ekonomije/menadžmenta,
M.A. međ. odnosi i diplomatija
UN agencija ILO –
Medjunarodna organizacija rada
Fra Andjela Zvizdovica 1, Sarajevo
Email: bejdic@ilo.org

Sukavata Bejdić, MSc okolinskih nauka, BSc
dipl.ing građ.
Federalno ministarstvo poljoprivrede,
vodoprivede I šumarstva
Hamdije Čemerlića 2, Sarajevo
Služba za upravljanje projektima
Email: sukavata.bejdic@fmpvs.gov.ba

Sažetak: Namjera ovoga rada je da sagleda ulogu nedržavnih aktera u razvoju sektora vodnih usluga u Federaciji Bosne I Hercegovine, i da analizira njihove aktivnosti u skladu sa provedbom ciljeva Ujedinjenih naroda (UN) održivog razvoja sa fokusom na Cilj 6, koji glasi: “Osigurati pristup pitkoj vodi za sve, te osigurati higijenske uslove za sve.” Nedržavni akteri su suvereni entiteti koji imaju značajne ekonomske, političke ili društvene moći i uticaj na nacionalnom ili međunarodnom nivou. Oni obuhvataju međunarodne organizacije, transnacionalne kompanije, privatne kompanije, nevladine organizacije i različite oblike organizacije civilnog društva. EU predstavlja jedinstvenu nadnacionalnu strukturu, odnosno jedinstven nedržavni akter. EU je primjer nadnacionalne vanjske politike, koja je i konceptualno i sadržajno, ali i po svojim mogućnostima i ograničenjima drugačija od one koju vode države. U radu ce biti predstavljeni konkretni primjeri izgradnje i rekonstrukcije vodovodne mreže, kanalizacione mreže i uređaja za tretman otpadnih voda u lokalnim zajednicama u FBiH koji su cjelokupno finansirani ili sufinansirani od strane nedržavnih aktera. Zaključna razmatranja će utvrditi značaj uloge nedržavnih aktera u razvoju sektora vodnih usluga, odnosno u vodosnabdijevanju i odvodnji otpadnih voda u Federaciji Bosne iHercegovine.

Ključne riječi: sektor vodnih usluga, nedržavni akteri, UN-ov Cilj 6 održivog razvoja

Abstract: The purpose of this paper is to review the role of non-state actors in development of water services sector in the Federation of Bosnia and Herzegovina, and to analyze their activities in accordance with the implementation of the United Nations (UN) Sustainable Development Goals with a focus on Goal 6, named as “Ensuring access to water and sanitation for all.” Non-state actors are sovereign entities that have significant economic, political or social powers and influence at national or international level. They include international organizations, transnational companies, private companies, non-governmental organizations and various forms of civil society organizations. European Union represents a specific supranational structure, a unique non-state actor. EU is an example of supranational foreign policy, which is conceptually and substantively and in its capabilities and limitations different than the one conducted by states. Specific examples of construction and reconstruction of the water supply network will be present in the paper, as well as sewage system, wastewater treatment plants in local communities in the Federation of Bosnia, and Herzegovina fully financed or co-financed by non-state actors. Concluding remarks will determine the importance of the role of non-state actors in development of water services sector, respectively water supply and sanitation in Federation of Bosnia and Herzegovina.

Key words: water services sector, non-state actors, UN Sustainable Development Goal 6

1. UVOD

Ovaj rad se će dati analizu razvoja sektora vodnih usluga u Federaciji Bosne i Hercegovine (FBiH), sa fokusom na finansijsku pomoć nedržavnih aktera i koliko je ona značajna za Federaciju FBiH u slučaju kada izostaju ulaganja Federacije, kantona i općine, ili su minimalna.
Pod vodnim uslugama podrazumijevaju se sve usluge koje za domaćinstva, javne ustanove ili bilo koju privrednu aktivnost osiguravaju:
a) zahvatanje, skladištenje, prečišćavanje i distribuciju površinske ili podzemne vode,
b) prikupljanje i prečišćavanje otpadnih voda koje se zatim ispuštaju u površinske vode;
Usljed slabo razvijene infrastrukture vodosnabdijevanja i odvodnje otpadnih voda Federacija BiH trpi štetne uticaje kako na situaciju u javnom zdravstvu tako i u zaštiti okoliša. Trenutno 60% stanovništva ima pristup sistemu javnog vodosnabdijevanja, njih 33% ima pristup javnom sistemu odvodnje otpadnih voda, a oko 2% stanovništva je priključeno na uređaje za prečišćavanje otpadne vode. Uz navedenu statistiku, potreba za poboljšanjem stanja u ovoj oblasti je jasna.

2. CILJEVI ODRŽIVOG RAZVOJA UJEDINJENIH NARODA

Na konferenciji Ujedinjenih naroda (UN) o održivom razvoju u New Yorku 25. septembra 2015., usvojena je UN-ova Agenda 2030 za održivi razvoj.u okviru kojeg je doneseno 17 ciljeva održivog razvoja (Sustainable Development Goals – SDG). Ovi su ciljevi, nazvani globalnim ciljevima održivog razvoja, nadogradnja na osam milenijskih razvojnih ciljeva koji su obilježili razdoblje do 2015. godine.

2.1. Cilj 6 održivog razvoja UN-a

Cilj 6 održivog razvoja UN-a glasi: Osigurati pristup pitkoj vodi za sve, održivo upravljati vodama te osigurati higijenske uslove za sve, drugim riječima, obavezuje sve državet da svim ljudima uz zaštitu okoline i smanjenje onečišćenja osigura i siguran pristup pitkoj vodi.
Univerzalna dostupnost čistoj vodi i sanitarnim uslovima jedan je od 17 globalnih ciljeva koji čine Program održivog razvoja do 2030. godine.
Pristup pitkoj vodi je jedno od osnovnih ljudskih prava. UN je usvojio rezoluciju 2010. godine kojom ističe da svaki čovjek ima pravo na pitku vodu u dovoljnoj količini i po prihvatljivoj cijeni.
Snabdijevanje vodom za piće po pristupačnoj cijeni do 2030. godine zahtjeva investicije u adekvatnu infrastrukturu i sanitarne objekte. Zaštita i obnavljanje ekosistema koji su povezani sa vodom, kao što su: šume, planine, močvare i rijeke, neophodni su da bi se ublažila nestašica vode. Vodne krize se često pojavljuju u različitim krajevima svijeta a najviše su zastupljene u vodom siromašnim krajevima i rastućim urbanim sredinama.
Neophodna je međunarodna saradnja sa ciljem organizovanje podrške za prečišćavanje voda u zemljama u razvoju.
Generalna skupština UN je rezolucijom od 22. februara 1993. odlučila da se 22. marta svake godine obilježi kao Svjetski dan voda i da se na taj dan, skrene pažnja na probleme u vezi sa vodom i vodnim resursima. Svjetski dan voda se svake godine obilježava uz drugi moto. Neophodna je međunarodna saradnja sa ciljem organizovanje podrške za prečišćavanje voda u zemljama u razvoju. Donošenje odluka u oblasti snabdijevanja vodom i kreiranje strategija za dostupnost pitkoj vodi u svim zemljama treba uključiti nedržavne aktere.

3. NEDRŽAVNI AKTERI

Nedržavni akteri su nesuvereni entiteti koji imaju značajne ekonomske, političke ili društvene moći i uticaj na nacionalnom ili međunarodnom nivou.
U nedržavne aktere ubrajaju se organizacije i pojedinci koji nisu povezani, upravljani ili finansirani od strane vlade.
Globalizacija je dovela do pojave novih, nedržavnih aktera koji obuhvataju međunarodne organizacije, transnacionalne korporacije, privatne kompanije i različite oblike organizacije civilnog društva.
Evropska unija (EU) predstavlja jedinstvenu nadnacionalnu strukturu, odnosno jedinstven nedržavni akter koji vodi ekonomsku diplomatiju.
Nedržavni akteri preuzimaju ulogu koju su ranije imale samo države. Podržani su finansijskim, informacionim i tehnološkim resursima koji su zahvaljujući globalizaciji, široko dostupni. Raste autonomija nedržavnih aktera koji definišu nova pravila u ekonomskoj diplomatiji nekad djelujući efikasnije od država, kao na primjer NVO u slučajevima humanitarne katastrofe.
U analiziranju nedržavnih aktera značajno je da države i dalje imaju ulogu i velik uticaj u međunarodnim odnosima i ekonomskoj diplomatiji koja je u mnogim slučajevima nezamjenjiva. Koegzistencija država sa nedržavnim akterima zahtijeva razvijanje nove vrste diplomatskih odnosa. Za razliku od bilateralnih i multilateralnih odnosa koji su tradicionalno razvijeni između država, polilateralizam predstavlja odnose između država i nedržavnih aktera. Nedržavni akteri djeluju drugačije od država i u tom smislu imaju ograničenja. Oni ne mogu obavezati na sprovođenje određenih aktivnosti, ne mogu postaviti sankcije ili zavisno od vrste aktera nemaju stručno znanje u diplomatskim odnosima. S druge strane, nije jasno kakvu vrstu moći imaju u

pregovorima i kako mogu garantovati da će poštovati međunarodne ugovore. Izvor njihove legitimnosti u odnosu prema državama je upravno njihova sposobnost da ostvare željeni rezultat.
Iako nedržavnim akterima nedostaje "demokratski legitimitet" koji imaju suverene države, oni dobivaju podršku građana na drugi način. Javnost pruža podršku i ukazuje povjerenje ne samo glasajući na demokratskim izborima već, na primjer radom u NVO ili finansijskim donacijama. Legitimnost nedržavnih aktera je usko povezana sa moralnim autoritetom koji demonstriraju ili dosljednom primjenom svojih principa i vrijednosti.

3.1. Evropska unija

Evropska unija (EU) je međuvladina i nadnacionalna zajednica u Evropi, osnovana je Ugovorom o evropskoj uniji koji je potpisan u Mastrihtu 10 decembra 1991. godine.
Glavne institucije vlasti Evropske unije uključuju Vijeće ministara, Evropsku komisiju, Evropski parlament i Sud pravde.
Evropska unija predstavlja jedinstvenu nadnacionalnu strukturu, odnosno jedinstven nedržavni akter koji vodi ekonomsku diplomatiju. Vanjska politika Evropske unije primjer je postnacionalne vanjske politike, koja je i konceptualno i sadržajno, ali i po svojim mogućnostima i ograničenjima drugačija od one koju vode države. U ostvarivanju vanjske politike EU razvija nove, postnacionalne instrumente za ostvarivanje vanjske politike i vođenje diplomatskih odnosa sa drugim državama.
Formalna priznatost Evropske unije u međunarodnim institucijama je pokazatelj stepena do kojeg je Evropska unija postala samostalni nedržavni akter u ekonomskoj diplomatiji. U oblasti međunarodnog pitanja okoliša, Evropska unija je priznata kao REIO – Organizacija regionalnih ekonomskih integracija pri UNFCCC – Okvirna konvencija Ujedinjenih Naroda o Klimatskim promjenama. U finansijama, ECB - Evropska Centralna banka ima manju ulogu na sastancima odbora MMF-a, ali samo onda kada se vodi diskusija o Euro valuti. Priznavanje Evropske unije kao aktera u međunarodnim institucijama ima uticaja na pregovaranje i donošenje odluka unutar Evropske unije. Ako Evropska unija predstavlja sve zemlje članice, treće zemlje neće imati potrebu da se obraćaju vladama zemalja članica. Kada je Evropska unija priznata kao akter pored svojih zemalja članica, onda su druge pregovaračke strane u prilici da pregovaraju pojedinačno sa zemljama članicama Evropske unije.
Na osnovu članstva u brojnim međunarodnim organizacijama, sporazumima u koje ulazi sa trećim zemljama i pregovorima, jasno je da je Evropska unija već duži period jedinstven nedržavni akter koji predstavlja interese 28 članica i ima značajan uticaj u međunarodnoj ekonomskoj diplomatiji.

3.1.1. Instrument pretpristupne pomoći

Evropska komisija dodjeljuje novac u obliku bespovratnih sredstava, zajmova i garancija s ciljem provođenja projekata ili aktivnosti u odnosu na politike Evropske unije. Ove finansijske podrške mogu biti dodjeljene u područjima kao što su istraživanje, obrazovanje, zdravstvo, zaštita potrošača, zaštita okoliša i humanitarne pomoći.
Treba imati na umu da EU fondovi pokrivaju više od 30 područja: civilno društvo, ekonomija i finansije, energija, građanstvo, humanitarno, informacije, industrija, inovacija, istraživanje, javno upravljanje, kultura, mediji, umjetnost, lokalni razvoj, ljudska prava, mladi, nove tehnologije, obrazovanje i trening, okoliš, malo i srednje poduzetništvo, poljoprivreda i ribarstvo, pravosuđe i sigurnost, promet, proširenje EU, socijalna pitanja, saradnja i razvoj, telekomunikacije, trgovina, turizam, usluge, urbanizam, zapošljavanje, zdravstvo i drugo.
Instrument pretpristupne pomoći (IPA) je sredstvo kojim EU finansijskom i tehničkom pomoći podržava reforme u "zemljama proširenja". IPA fondovi jačaju kapacitete zemalja u toku procesa pridruživanja, što rezultira naprednim, pozitivnim kretanjima u regionu.
Pretpristupni fondovi EU su dobra investicija u budućnost i zemalja proširenja i same EU. Pomažu korisnicima da izvrše političke i ekonomske reforme, pripremajući ih za prava i obaveze koje proizlaze iz članstva u EU. Pretpristupni fondovi također pomažu EU da postigne svoje vlastite ciljeve u pogledu održivog ekonomskog oporavka, opskrbe energijom, prometa, okoliša i klimatskih promjena.

3.2. Organizacija Ujedinjenih nacija

Države koriste međunarodne organizacije kao političke resurse u ostvarivanju svojih ciljeva, domaćih i međunarodnih. Kao resurse, države koriste odluke, izjave i preporuke međunarodnih organizacija za jačanje svoje pozicije. Korisnost tih dokumenata državama pokazuje značaj međunarodnih organizacija na globalnom planu. Priznatost kao nedržavnog aktera na međunarodnoj sceni, zahtjeva neku vrstu društvenog priznanja i kapacitet djelovanja. Za međunarodne organizacije to znači da moraju biti prepoznate od međunarodne zajednice kao akteri i da u toj međunarodnoj zajednici moraju imati uticaj. Specifičnost međunarodnih organizacija kao aktera leži u tome da su sastavljene od jedinica koje su same nezavisni akteri i predstavljaju kolektivni interes a ne jedinstveni. Međutim u svom djelovanju one jesu jedinstveni akteri na isti način kao vlade suverenih država koja se sastoji od mnogih dijelova i pojedinaca.

Organizacija Ujedinjenih nacija (UN) je međunarodna politička organizacija koja objedinjava najveći broj zemalja svijeta. Zvanično je osnovana 24. oktobra 1945. sa sjedištem u Njujorku. Ciljevi UN-a su:

- Održavanje međunarodnog mira i bezbjednosti,
- Razvijanje prijateljskih odnosa između naroda na osnovu uvažavanja prava i samoopredjeljenja naroda,
- Postizanje međunarodne saradnje u rješavanju međunarodnih problema i unaprijeđivanje i podsticanje poštovanja ljudskih prava i sloboda za sve,
- Funkcionisanje u ulozi centra za usaglašavanje interesa svih naroda

Od osnivanja Lige naroda pa sve do osnivanja UN-a i osnivanjem mnogih regionalnih i specijaliziranih organizacija ubrzano je multilateralna diplomatija zamijenila bilateralnu diplomatiju. Obzirom da je UN najveća međunarodna organizacija na globalnom nivou, i sa skoro univerzalnim članstvom, postala je centar multilateralne diplomatije.

3.2.1. Razvojni program Ujedinjenih nacija

Razvojni program Ujedinjenih nacija (UNDP) je globalna razvojna mreža UN-a, koja djeluje u skoro 170 zemalja i teritorija koja je stvorena da bi se uskladili oblici pomoći zemljama u razvoju. UNDP je specijalizovana ustanova UN-a nastala 1986. sa ciljem pružanja tehničke i stručne pomoći zemljama u razvoju na području poljoprivrede i industrijske produktivnosti, stvaranjem ustanova za obrazovanje i istraživanje.
U Bosni i Hercegovini, posvećeni su pomaganju kroz jačanje državnih i lokalnih kapaciteta za provedbu političkih, ekonomskih i socijalnih reformi i razvoja[1]

4. NEVLADINE ORGANIZACIJE

Povelja Ujedinjenih nacija definiše nevladine organizacije (NVO) kao "neprofitno tijelo čiji su članovi građani ili udruženja građana jedne ili više zemalja i čije su aktivnosti definisane zajedničkom voljom svih članova kao odgovor na potrebe jedne ili više zajednica s kojima NVO sarađuje."
Kao što su oblasti djelovanja NVO širokog raspona, i njihove funkcije su također u takvom rasponu. Njihove funkcije uključuju: zastupanje, mobiliziranje javne podrške, protestovanje, pravne i političke analize, oblikuju i implemetiraju obaveze koje su preuzele na nacionalnom ili međunarodnom nivou. U nekim slučajevima NVO se formiraju da bi obavile jedan određen zadatak, kao na primjer promoviranje ili protestovanje o nekom aktuelnom društvenom pitanju. Najčešće djeluju kao zastupnici javnog mijenja ili kao grupe za pritisak.
Nacionalne NVO i njihove aktivnosti poput pomaganja siromašnim, poboljšanje obrazovnog sistema i infrastrukture nisu nevidljive na globalnom nivou. Aktivnosti nacionalnih NVO su vezane za probleme i pitanja unutar državnih granica. Djelovanje NVO je jače za vrijeme kriza i protesta a često nakon postizanja cilja njihovo djelovanje opada. Nacionalne NVO imaju značajnu ulogu u prepoznavanju lokalnih potreba ali često imaju ograničen tehnološki kapacitet. Civilno društvo ima značajan uticaj na očuvanju demokratije u lokalnoj zajednici. Najtransparentniji demokratski sistem može biti urušen aktivnostima nedemokratskih institucija. Protiv ugrožavanja demokratskih procesa najbolje djeluje nadzor civilnog društva u obliku NVO. Uloga NVO nije još uvijek velika kao kod drugih aktera u ekonomskoj diplomatiji ali ipak je i dalje rastuća na međunarodnoj sceni.

5. IZVORI FINANSIRANJE IZGRADNJE VODNE INFRASTRUKTURE U FEDERACIJI BIH

Prema Strategiji upravljanja vodama Federacije BiH, 2010 - 2022. godine, vodna infrastruktura se finansira iz jednog od slijedećih izvora:

(i) Korisnici voda, kroz direktne izdatke ili račune za vodu, plaćene preduzećima za vodosnabdijevanje;
(ii) Fiskalni prihodi - budžeti na svim nivoima vlasti (na bazi prikupljenih lokalnih ili državnih poreza, te sredstva ostvarena prodajom državne imovine, dobara i usluga)
(iii) Sredstva za finansiranje mogu se osigurati i putem kreditnog zaduženja – komercijalnog, lokalnog ili međunarodnog, uključivo i međunarodne finansijske institucije – ili kroz ulaganje dioničkog kapitala.
(iv) Nepovratna sredstva i donacije, nevladine organizacije i dobrotvorna društva.

Iskustva pokazuju da sredstva za finansiranje infrastrukture i vodnih objekata generalno dolaze iz slijedećih pojedinačnih izvora:

- Korisnici voda – kao što su domaćinstva, farmeri i preduzeća;
- Javna preduzeća za vodosnabdijevanje, koja finansiraju tekuće održavanje i neke nove investicije iz prihoda prikupljenih od korisničkih taksi (bruto operativni novčani tok) u vidu zajmova i ponekad javnih supsidija;

[1] https://www.ba.undp.org

- Privatne kompanije, lokalne ili inostrane, osiguravaju sredstva iz sličnih izvora kao i javna preduzeća, plus dodatna sredstva u vidu dioničkog kapitala;
- Nevladine organizacije i lokalne zajednice;
- Lokalne banke i ostale finansijske institucije, nudeći kratkoročne ili srednjoročne zajmove po tržišnim kamatnim stopama;
- Međunarodne banke i agencije za finansiranje izvoza;
- Međunarodne donacije iz multilateralnih i bilateralnih izvora, raspoložive kao zajmovi po povoljnim uvjetima ili kao bespovratna sredstva (grantovi);
- Multilateralne finansijske institucije;
- Okolinski i vodni fondovi;
- Državne centralne i lokalne vlade, osiguravajuüi supsidije, garancije za kredite i sredstva od izdavanja obveznica.[2]

U Federaciji BiH je ova oblast uređena zakonom, pa se u Zakonu o vodama Federacije BiH navode slijedeći izvori sredstava namijenjeni za obavljanje poslova i zadataka određenih tim Zakonom:

- opće vodne naknade;
- posebne vodne naknade;
- prihodi po osnovu zakupa javnog vodnog dobra;
- budžeti Federacije, budžeti kantona, budžeti grada i općine;
- kreditna sredstva;
- sredstava osigurana posebnim zakonom;
- donacije i ostala sredstva u skladu sa zakonom[3]

6. PRIMJERI SUFINANSIRANJA IZGRADNJE VODNE INFRASTRUKTURE U FEDERACIJI BIH SREDSTVIMA NEDRŽAVNIH AKTERA

Primijer sufinansiranje iz sredstava Evropske unije biće prikazan na primjeru općina koje su uključene u Projekat „Vodosnabdijevanje i odvodnja otpadnih voda u FBiH (Water and Sanitation in FBiH - WATSAN FBiH Project“.

Svrha WATSAN FBiH Projekta je da se korištenjem raspoloživih resursa uvedu mjere kojima će općine uključene u projekat unaprijediti svoju vodnu infrastrukturu i organizirati pružanje usluga usmjerenih na adekvatno vodosnabdijevanje i prečišćavanje otpadnih voda. Općinski projekti sa prioritetnim investiranjem se implementiraju u sljedećim općinama:
Bosanski Petrovac, Bosanska Krupa, Široki Brijeg, Tomislavgrad, Velika Kladuša, Orašje, Mostar, Usora, Doboj Jug, Jajce, Bosansko Grahovo, Glamoč, Prozor-Rama, Konjic, Čitluk, Tešanj, Gračanica, Lukavac, Gornji Vakuf- Uskoplje [4].

6.1. Finansiranja Projekta WATSAN FBiH

Projekat WATSAN FBiH se finansira iz kredita Europske investicijske banke (EIB) koji čini 50% ulaganja, a 50% ostalog ulaganja čine zajedno grantovi EU-a (IPA 2009, MW 2008, WBIF), grant sredstva ostalih bilateralnih donatorskih institucija/organizacija (poput SIDA-e i UNDP-a), Budžet Federacije, kantona i općina i sredstva Fonda za zaštitu okoliša FBiH.
Evropska unija podržava Projekat putem grant sredstava iz pretpristupnih i drugih instrumenata za financiranje (IPA, WBIF), uz sporazume koji se potpisuju između Bosne i Hercegovine i Evropske investicijske banke.
Evropska unija je sufinansirala projekte u općinama uključenim u projekat WATSAN FBiH iz pretpristupne pomoći IPA 2008 i IPA 2009 sa 13.661.703,73 eura granta za rekonstrukciju i proširenje vodovodne mreže, izgradnju kolektora i kanalizacione mreže kako je prikazano u Tabeli 1.
Planirano je da se pet postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda u FBiH sufinansira iz grant sredstava iz programa IPA 2018.

Tabela 1.

Općina/ grad	Naziv projekta	IPA 2008 I IPA 2009 (EUR)
Bosanski Petrovac	Izgradnja kanalizacije u istočnom i centralnom dijelu općine	525.889,86
Orašje	Rekonstrukcija i proširenje postojeće vodovodne i kanalizacione mreže	515.182,55
Široki Brijeg	Izgradnja kolektora i izgradnja	691.769,52

[2] Strategija upravljanja vodama Federacije BiH 2010.-2022.
[3] Zakon o vodama Federacije BiH
[4] http://www.watsanfbih.org

	kanalizacione mreže	
Gračanica	Rekonstrukcija i proširenje kanalizacije za gradsko područje	428.070,23
Lukavac	Upravljanje gubicima vode u vodovodnom sistemu i rekonstrukcija i proširenje vodovodne mreže	389.639,31
Čitluk	Izgradnja kolektora otpadnih voda	252.450,36
Tešanj	Izgradnja sistema za odvodnju otpadnih voda	1.080.181,05
Konjic	Izgradnja i rekonstrukcija kanalizacione mreže	1.428.293,97
Doboj Jug	Izgradnja kanalizacije i i zamjena AC cijevi na vodovodnoj mreži	361.931,36
Prozor Rama	Izgradnja kolektora i rekonstrukcija vodovodne mreže	1.278.197,90
Tomislavgrad	Rekonstrukcija vodovodne mreže i izgradnja kolektora otpadnih voda	1.645.803,73
Jajce	Rekonstrukcija i proširenje vodovodne mreže i izgradnja kanalizacione mreže u naseljima na desnoj strani rijeke Vrbas - Dnoluke	1.309.985,48
Glamoč	Rekonstrukcija i proširenje vodovoda u općini Glamoč	316.000,51
Mostar	Izgradnja glavnih kolektora u Mostaru	2.427.918,58
Bosansko Grahovo	Izgradnja transportnog i distributivnog cjevovoda za vodu	316.856,57
Bosanska Krupa	Izgradnja kanalizacije u Bosanskoj Krupi	693.532,74
Total		**13.661.703,73**

EU PPF – podrška EU u pripremi projekata

Podrška Evropske unije u pripremi projekata (EU PPF) predstavlja tehničku pomoć koja je općinama u sklopu WATSAN FBiH projekta pripremala projektnu dokumentaciju, poput idejnih i glavnih projekata i tendersku dokumentaciju po međunarodnim procedurama. Iznos granta je iznosio 2,2 mil eura.

WBIF- Investicijski okvir za Zapadni Balkan

Investicijski okvir za Zapadni Balkan (Western Balkans Investment Framework – WBIF) je zajednička inicijativa Evropske komisije i partnerskih međunarodnih finansijskih institucija (EIB-Evropske investicijske banke, EBRD-Evropske banke za obnovu i razvoj, CEB-Razvojne banke Vijeća Evrope, KfW -Njemačke razvojne banke, AFD-Francuske razvojne agencije, i Svjetske banke), čiji cilj je da se za prioritetne projekte u regionu objedine i koordiniraju različiti izvori finansiranja (prvenstveno krediti) sa grant sredstvima.

WBIF sačinjavaju Zajednički fond za grant sredstva i Zajednički fond za kreditiranje. Finansijska sredstva Zajedničkog fonda za grant sredstva su namijenjena projektima koji su podržani kreditima partnerskih međunarodnih finansijskih institucija (koje neformalno sarađuju unutar Zajedničkog fonda za kreditiranje), kao i ostalih finansijskih posrednika, a u prioritetnim oblastima infrastrukture i ostalim oblastima koje podržavaju socio-ekonomski razvoj.[5]

Projekat WATSAN FBiH je od WBIF-a dobio grantove za Tehničku pomoć koje su radile na pripremi tehničke dokumentacije u svakoj od općina uključenoj u Projekat, od Project Fiche-a, Scoping mission reporta, Feasibility studija, zatim idejnih i glavnih projekata kao i pomoći u prirpemi tenderske dokumentacije za međunarodne tendere u vrijednosti od 3,8 mil eura.

6.2. Finansiranje od strane UNDP-a

UNDP je sufinansirao projekat u Doboj Jugu, sa 38.364,89 EUR nepovratnih sredstava za projekat vodosnabdijevanja „Zamjena AC cijevi na vodovodnoj mreži“.

[5] www.dei.gov.ba

6.3. Nevladine organizacije (NVO)

Nevladine organizacije najčešće finansiraju seoske vodovode, koji nisu u sistemu javne vodovodne mreže općine ili grada, i nisu pod kontrolnom komunalnih preduzeća. Najčešće su to vodovodi koje su mještani sami izgradili i o kojima se sami brinu.
U periodu od 2009. do 2012. godine je NVO organizacija sa Islanda PEP Interbational (People's Empowerment Project) sufinansirala obnovu seoskih vodovoda po selima širom BiH, sa po 5.000,00 eura granta uz uslov da općina, mjesna zajednica ili sami građani prikupe isti toliki iznos ili veći.
Primjer sufinansiranja od strane PEP International organizacije je vodovod u selu Jasenovac u općini Bosanski Petrovac.
Ovaj seoski vodovod su izgradili mještani sela Jasenovac i sami ga održavaju sredstvima koja prikupe između sebe. Sredstvima PEP Internationala i vlastitim učešćem su mještani rekonstruisali postojeću vodovodnu mrežu.

7. ZAKLJUČAK

Voda se smatra dijelom javne infrastrukture koja predstavlja najveći financijski izazov u zemljama u razvoju, pa i u Federaciji Bosne i Hercegovine. Usluge vodosnabdijevanja i odvodnje otpadne vode se nalaze na granici između ekonomske infrastrukture poput električna energija i telekomunikacija, i čisto socijalne infrastrukture poput zdravstva i obrazovanja.
U ekonomskoj infrastrukturi postoji ili visoki stepen korisničkog priliva finansija kao kod električne energije i telekomunikacija, ili značajna javna ulaganja kao što su ceste.
U socijalnoj infrastrukturi postoji isključivo ili veliko oslanjanje na javne finansije, odnosno očekuje se finansiranje od strane drževe, entiteta, kantona ili općina.
Vodosnabdijevanje i odvodnja otpadne vode spadaju u navedene slučajeve. Političari i korisnici vode imaju podijeljeno mišljenje u vezi s tim koliko vodne usluge treba tretirati kao osnovno pravo, bilo da se treba osigurati besplatno ili da se subvencionira ili da li se naplaćuju kao komercijalne usluge. Rezultat je često neugodan kompromis u kojem su cijene vodnih usluga ispod ekonomske razine, a za sektor vodnih usluga je postalo normalno da nedostaje finansija i da se malo ulaže.
Pomoć nedržavnih aktera u sufinasiranju vodnih infrastrukturnih projekata u Federaciji Bosne i Hercegovine, je veoma značajna. Pošto Fedracija, kantoni i općine nemaju mogućnosti da iz budžeta osiguraju finansije za ovakvu vrstu projekata, koji su od kapitalnog značaja za Fedraciju, kantone i općine, time je pomoć nevladinih aktera još značajnija. Najveća pomoć za vodne infrastrukturne projekte dolazi od strane Evropske unije iz programa pretpristupne pomoći, odnosno investicije u obliku nepovratnih sredstava IPA programa za izgradnju vodnih infrastrukturnih projekata za izgradnju ili rekonstrukciju objekata za vodosnabdijevanje i odvodnju otpadnih voda.
Nedržavni akteri navedeni u ovom radu, nikada ne finansiraju vodne infrastukturne projekte u cjelokupnom iznosu, nego zahtijevaju i sufinansiranje od strane Federacije, kantona ili općine.
Što se tiče Cilja 6 održivog razvoja UN-a koji govori o tome da univerzalna dostupnost čistoj vodi i sanitarnim uslovima treba biti u svim državama svijeta obezbijeđena svim građanima do 2030. godine, prateći dosadašnji tempo izgradje vodnih infrastrukturnih projekata za vodosnabdijevanje i odvodnju otpadnih voda u Federaciji Bosne i Hercegovine, Cilj 6 održivog razvoja UN-a sigurno neće biti dostigut do 2030.godine.

LITERATURA

1. Higgot Richard, Underhill Geoffrey, Bieler Andreas, 2003, ''Non-State Actors and Authority in the Global System'', Routledge, New York
2. Dar Firdoos, 2014 ‘’Emerging role of NGO in the world’s socio-political affairs’’,
3. International Journal of Peace and Development studies, Indija
4. Hadžiahmetović Azra Prof., 2011, ''Ekonomija Evropske unije'', Magistrat i University press, Sarajevo
5. Izvještaj AIV Savjetodavnog Vijeća za Međunarodne Odnose, 2006, "The role of NGOs and the Private Sector in International Relations" (datum pristupa 22.12.15)
6. Strategija upravljanja vodama Federacije BiH 2010.-2022.
7. Zakon o vodama Federacije BiH
8. http://aiv-advies.nl/709/publications/advisory-reports/the-role-of-ngos-and-the-private-sector-in-international-relations
9. http://www.watsanfbih.org
10. www.dei.gov.ba
11. https://www.ba.undp.org

NOVI PRISTUP UPRAVLJANJA URBANIM OBORINSKIM VODAMA

NEW APPROACH OF URBAN STORMWATER MANAGEMENT

Dr.Suvada Jusić, dipl.ing.građ.
Građevinski fakultet Univerziteta u Sarajevu, Odsjek za hidrotehniku i okolišno inženjerstvo, Patriotske lige 30, 71000 Sarajevo
e-mail:
suvada_jusic@gf.unsa.ba

Dr.Alma Imamović, dipl.ing.građ.
Federalno ministarstvo poljoprivrede, vodoprivrede i šumarstva, Sektor za vode, Marka Marulića 2, 71000 Sarajevo
e-mail:
alma.imamovic@fmpvs.gov.ba

Mr.Željko Lozančić, dipl.ing.građ.
Građevinski fakultet Univerziteta u Sarajevu, Odsjek za hidrotehniku i okolišno inženjerstvo, Patriotske lige 30, 71000 Sarajevo
e-mail:
zeljko.lozancic@gf.unsa.ba

Sažetak: U radu se razmatraju uzroci i posljedice promjene hidrološkog režima, te povećanog zagađenja oborinskih voda iz urbanih sredina. Negativne posljedice urbanizacije i klimatskih promjena su izmijenjen prirodni hidrološki režim (režim oborina i otjecanja), koji uvjetuje učestalije pojave poplava i klizišta. Pored promjena u količinama oborinske vode koju treba prihvatiti oborinska kanalizacija, negativne posljedice urbanizacije uočljive su i na kvalitativnim osobinama, odnosno povećanom zagađenju oborinskih voda. Sistem odvođenja, odnosno upravljanja oborinskim vodama, treba se prilagoditi ovim promjenama i ublažiti negativne posljedice izmijenjenog hidrološkog režima oborina i otjecanja, te zagađenja koje nose oborine, posebno u urbanim sredinama. Novi pristup upravljanju atmosferskim vodama ima za cilj i kontrolu poplava i kontrolu zagađenja. Postoji razvoj ekološki osviještenijih pristupa upravljanju atmosferskim vodama poznatim kao „održivi (urbani) sistemi odvodnje“ (SUDS), „razvoj niskog utjecaja“ (LID) ili „najbolje prakse upravljanja“ (BMP).

Ključne riječi: urbanizacija, klimatske promjene, upravljanje oborinskim vodama, kvalitet oborinskih voda, oticaj

Abstract: The paper examines causes and consequences of the changes in hydrological regime and increased water pollution in the urban areas. Urbanization and climate change have negative effects in the changes of natural hydrological regime (precipitation and runoff regime), which results with more frequent floods and landslides. Besides the changes in the quantity of the rainwater that drainage channels have to collect, negative consequences of urbanization are also evident on the qualitative characteristics through increased pollution of collected stormwater. Therefore, the drainage system and rainwater management should be adapted to these changes so that the negative effects of new hydrological conditions of precipitation and runoff and stormwater pollution in the urban areas is mitigated. New approach of stormwater management has aim at both flood control and pollution control. There is a development of more environmentally-conscious approaches to stormwater management know as ‘Sustainable (urban) drainage systems’ (SUDS), ‘low impact development’ (LID) or ‘best management practices’ (BMPs).

Key words: urbanization, climate changes, stormwater management, stormwater quality, runoff

1 UVOD

Klimatske promjene ogledaju se pored ostalog u globalnom zagrijavanju i promjeni režima oborina. S jedne strane javljaju se sve duži sušni periodi, a s druge strane se velike količine oborina javljaju u vrlo kratkim vremenskim intervalima [1]. Učestalosti i intenziteti poplava i suša s klimatskim promjenama se stalno povećavaju [2]. Pored klimatskih promjena značajan pokretač izmjene hidroloških uvjeta u naseljima je i antropogeni faktor, najviše kroz urbanizaciju, koja podrazumijeva širenje nepropusnih površina (u vidu zgrada, pločnika, prometnica i sl.), tj. veći koeficijent otjecanja i pogoršanje kvalitete oborinskih voda. Što je veći grad ovi utjecaji su izraženiji.

Ukratko, povećana urbanizacija, zajedno s aktualnim klimatskim promjenama, uzrokuje veće promjene prirodnog hidrološkog režima i dodatno zagađenje voda. Dodatni pritisci na odvodnju oborinske vode jesu neplanska izgradnja, nepostojanje kanalizacijskih sistema, sječa šuma i sl., te neodgovarajuće upravljanje vodnim resursima. Česti sukobi između nekontrolirane izgradnje i nužne zaštite od povećanih količina oborinskih voda predstavljaju ostvarenje predviđanja Rousa (1978), da „ljudska spremnost da mijenja i „pritiska“ životnu sredinu napreduje brže nego sposobnost da na vrijeme predvidi utjecaje“, tako da se suvremena zakonska i tehnička regulativa često bavi posljedicama ovakve neusklađenosti i nepripremljenosti umjesto da ide ispred nevolja.

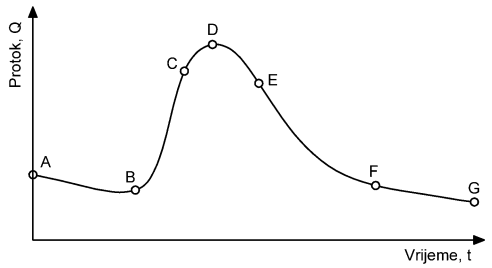
Sve ovo pred inženjere hidrotehnike postavlja sve složenije zadatke planiranja, projektiranja, građenja, pogona i održavanja hidrotehničkih građevina i sistema odvođenja oborinskih voda kojima se ovaj negativan trend urbanizacije i klimatskih promjena nastoje ublažiti. Novi integralni, održivi pristupi upravljanju oborinskim vodama jedan su od načina kojim se mogu postići poboljšanja, odnosno ublažiti negativne posljedice. Adekvatno upravljanje oborinskim vodama podrazumijeva poznavanje režima oborina i otjecanja s nekog sliva, ali i predviđanje utjecaja, odnosno posljedica urbanizacije i klimatskih promjena.

2 KOLIČINE OBORINSKIH VODA

2.1. OPĆENITO O HIDROGRAMU OTJECANJA

Vezu između oborina i otjecanja opisuje ciklus otjecanja, koji je opet dio hidrološkog ciklusa, tj. kruženja vode kroz atmosferu (oborine) i na Zemljinoj površini (otjecanje) [3]. Sliv (slivna površina) predstavlja dio Zemljine površine s koje se voda (padalina) slijeva u riječni sistem ili određenu rijeku. Ukupno otjecanje na izlaznom profilu sliva pojavljuje se kao vremenska funkcija Q = f (t), čija se grafička predstava zove hidrogram otjecanja ili kratko hidrogram. Hidrogram se može smatrati jednim integralnim izrazom fizičko-geografskih i klimatskih karakteristika i procesa koji određuju odnose i zavisnosti između padalina i otjecanja razmatranog sliva. Prema tome, oblik hidrograma uvjetuju fizičko-geografski i klimatski faktori, ali i aktivnosti čovjeka na slivnoj površini.

Na općem obliku hidrograma otjecanja, koji je posljedica izolirane kiše, stalnog intenziteta i ravnomjerno raspoređene na slivu, prikazanom na slici 1. mogu se izdvojiti tri svojstvena dijela, period porasta, odnosno povećanja protoka u vremenu, naziva se krivuljom koncentracije (grana porasta, dio BC), segment CDE je vršni dio hidrograma, gdje protok dostiže svoj maksimum, dok je dio EFG opadajuća grana (krivulja recesije ili retardacije) hidrograma.



Slika 1: Ilustracija hidrograma otjecanja

2.2. FAKTORI KOJI UTJEČU NA OBLIK HIDROGRAMA OTJECANJA

Poznavanje faktora koji utječu na izgled hidrograma znači bolje razumijevanje hidrološkog procesa otjecanja, a time i mogućnost boljeg upravljanja, odnosno efikasniju kontrolu oborinskih voda. Faktori koji utječu na hidrogram na nekoj lokaciji su složeni i međusobno povezani, a mogu se razvrstati u sljedeće glavne grupe [3]:

- Fizičke karakteristike slivne površine: veličina, oblik i pad slivne površine, zadržavanje vode u slivu u privremenim akumulacijama/retenzijama, intenzitet infiltracije, način obrade zemljišta, utjecaj vegetacije, postojanje jezera, bara i močvara, veličina, oblik i pad poprečnog presjeka vodotoka, hrapavost, dužina i zapreminski kapacitet vodotoka.
- Geološke karakteristike slivne površine: vodopropustljivost geoloških formacija, geološke osobine površinskog sloja zemljišta i njegov pedološki sastav, prisutnost i karakteristike podzemne vode.

- Klimatski faktori: intenzitet i trajanje kiše, raspodjela kiše na slivnoj površini, pravac i brzina kretanja kiše (pljuska), porijeklo i vrsta pljuska, isparavanje i transpiracija.
- Antropogeni faktori, odnosno aktivnosti čovjeka na slivnoj površini. Ovaj utjecaj ogleda se u izgradnji riječnih regulacijskih objekata, brana i nasipa, krčenju šuma, urbanizaciji s njenim umjetnim vodonepropusnim površinama (asfaltnim, betonskim, itd.).

Objašnjenje hidrološkog ciklusa (režima padalina i otjecanja) i hidrograma otjecanja treba poslužiti razumijevanju uvjeta, procesa i zakonitosti koje se održavaju u prirodnim i izmijenjenim (urbaniziranim) uvjetima. Zanemarivanje prirodnih zakonitosti u izmijenjenom gradskom hidrološkom ciklusu dovodi do gubljenja kontrole nad procesom otjecanja oborinskih voda. U cilju učinkovitijeg upravljanja oborinskim vodama prvi korak je utvrđivanje prirodnih karakteristika sliva: topografskih, meteoroloških i hidrografskih. Identificiraju se izvorišta vode za piće, mogući recipijenti, nestabilni tereni, klizišta, rasjedi, pad terena, ali i postojeća infrastruktura i planovi razvoja.

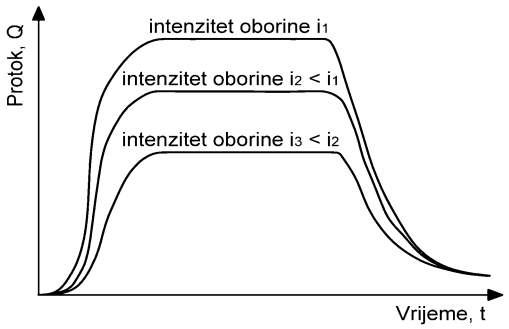
Značajniji utjecaj na otjecanje oborinskih voda imaju klimatske promjene i antropogeni faktori, koji se razmatraju u nastavku.

2.3. UTJECAJ KLIMATSKIH PROMJENA I URBANIZACIJE NA IZMJENU HIDROGRAMA OTJECANJA

2.3.1. UTJECAJ KLIMATSKIH PROMJENA NA REŽIM OBORINA

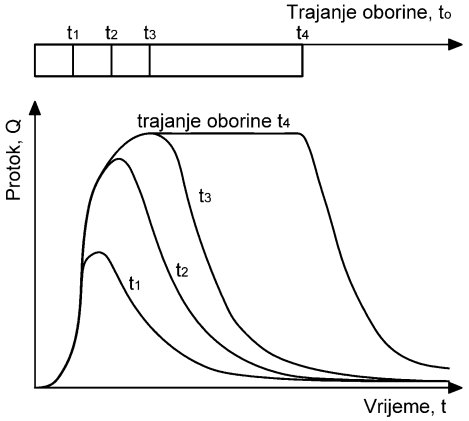
Prema istraživanjima klime na Zemlji uočene su promjene u odnosu na ranije karakteristike u pojedinim dijelovima svijeta, a prognoze su da će doći do još većih promjena. Globalne analize klimatskih promjena u Europi pokazuju trend smanjenja količina padalina u području Mediterana i povećanja na području sjeverne Europe [4]. U vremenu od 1981. godine primijećena je povećana klimatska varijabilnost tijekom svih godišnjih doba i na području Bosne i Hercegovine (BiH). Na primjer, uočen je trend brzih promjena iz ekstremno vrelih ili hladnih perioda, koji obično traju od 5 do 20 dana, u periode intenzivnih kišnih padalina. U razdoblju 1981-2010. godina, veliki dio teritorije BiH je pokazivao trend blagog rasta godišnjih količina padalina u odnosu na razdoblje 1961-1990. godina. Najveći porast u količini padalina zabilježen je u jesenjem razdoblju, osobito u sjevernim i centralnim područjima. Najveće smanjenje u količini padalina zabilježeno je tijekom proljeća i ljeta u regiji Hercegovine (za 20%). Suše su također bile češće i izraženije tijekom posljednjih petnaestak godina.

Klimatski faktori ključni su u stvaranju grane porasta hidrograma (slika 1), dok opadajuća grana hidrograma nije zavisna o osobinama kiše [3]. Svako povećanje intenziteta kiše daje veći vršni otjecaj i veći volumen hidrograma otjecanja (slika 2).



Slika 2: Oblik hidrograma u zavisnosti o intenzitetu kiše [3]

Za isto trajanje kiše, porast intenziteta kiše će uzrokovati porast vrha i volumena hidrograma otjecanja, uz uvjet da je intenzitet kiše veći od intenziteta infiltracije (slika 3). U ovim uvjetima trajanje površinskog otjecanja ostat će uglavnom isto. Promjene u intenzitetu kiše u malim vremenskim intervalima tijekom padanja kiše mogu utjecati na oblik hidrograma otjecanja kod malih slivnih površina, dok će kod velikih slivnih površina imati slabo uočljiv utjecaj.



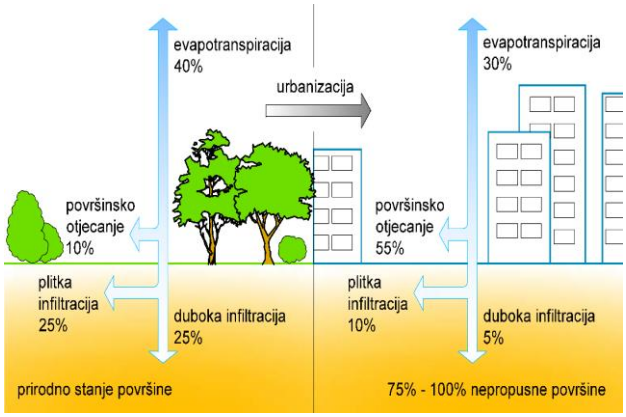
Slika 3: Oblik hidrograma u zavisnosti o trajanja kiše [3]

Prema tome, za kišu određenog intenziteta, trajanje kiše određuje vrh hidrograma i vrijeme površinskog otjecanja. Ako pljusak traje dovoljno dugo, jednako ili duže od vremena koncentracije sliva, cijela slivna površina sudjelovat će u otjecanju, a vrh hidrograma će se približiti vrijednosti jednakoj proizvodu „i·C·F“, gdje je (i) intenzitet kiše, (C) koeficijent otjecanja, a (F) površina sliva. Ova situacija se nikada ne postiže na velikim slivnim površinama, ali se može javiti na malim slivovima (pogotovo urbanim), pa se koristi kao kriterij za projektiranje sistema odvođenja oborinskih voda u urbanim sredinama, zračnim lukama i sl. Klimatske promjene izravno utječu na porast

vrijednosti promjenljive (i) u prethodnoj jednadžbi, te se time linearno proporcionalno povećava i otjecanje. Otjecanje će se dodatno povećati ukoliko se poveća vrijednost promjenljive (C) na koju neposredno utječe urbanizacija.

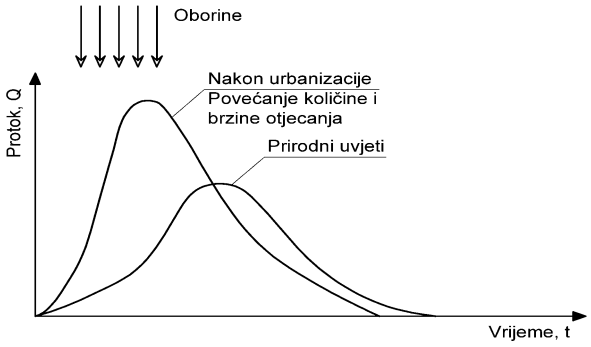
2.3.2. UTJECAJ URBANIZACIJE NA REŽIM OTJECANJA

Urbanizacijom nekog područja mijenjaju se osnovne karakteristike prostora. Tako prirodne površine i zelenilo zamjenjuju objekti, prometnice i drugi vodonepropusni elementi urbane sredine, što direktno znači povećanje koeficijenta otjecanja (C), zbog čega se mijenjaju osnovne komponente režima otjecanja [5]. Generalno, urbanizirana sredina znači više betona, asfalta, zgrada, tj. više vodonepropusnih površina, čime se infiltracija oborinske vode smanjuje (s 50 na 15%), a površinsko otjecanje povećava i do nekoliko puta (s 10 na 55%), što je prikazano na slici 4 [6]. Ovdje treba istaknuti i dodatne negativne utjecaje koji prate urbanizaciju, a to su: ilegalna izgradnja, nepostojanje kanalizacije, sječa šuma, loše poljoprivredne prakse, neodgovarajuće upravljanje vodama i dr.

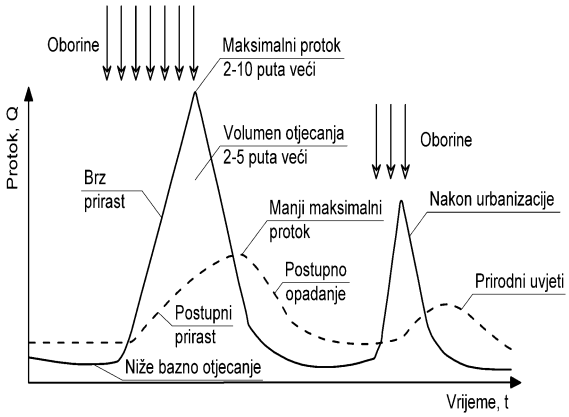


Slika 4: Promjene u otjecanju na prirodnoj i urbaniziranoj slivnoj površini [6]

Utjecaj urbanizacije na hidrogram otjecanja koji stvara ista kiša u prirodnim i urbaniziranim uvjetima slijevanja i otjecanja prikazuje slika 5.
Na slici 6 dan je detaljniji opis hidrograma izmijenjenog urbanizacijom (puna linija) i hidrograma u prirodnim uvjetima (isprekidana linija). Razmatranjem utjecaja urbanizacije na oblik hidrogram da se zaključiti kako u urbaniziranim slivovima dolazi do naglog porasta protoka, vršni protok je 2-10 puta veći, a volumen vode 2-5 puta veći nego u prirodnim uvjetima. Ranije se dostiže vršni protok što upućuje na skraćeno vrijeme koncentracije sliva u uvjetima urbaniziranosti. Prirodno bazno otjecanje se smanjuje, tj. nivo podzemne vode opada uslijed smanjene infiltracije.



Slika 5: Hidrogrami koje uzrokuje ista kiša u prirodnim i urbaniziranim uvjetima



Slika 6: Posljedice urbanizacije na hidrogram otjecanja [7]

Prema tome, osobine otjecanja oborinskih voda u prirodnim uvjetima značajno se mijenjaju nakon urbanizacije, što utječe na analizu otjecanja i koncipiranje načina upravljanja oborinskim vodama [8]. Promjene u otjecanju oborinskih voda uslijed urbanizacije su dugoročne, a mogu biti i trajne, a ogledaju se u slijedećem:

1. Manja transpiracija zbog smanjenih zelenih površina.
2. Brže isparavanje sa nepropusnihpovršina nego sa propusnih.
3. Smanjenje infiltracije.
4. Kraće zadržavanje manjih količina vode u depresijama i barama.
5. Poremećaji prirodnih ekoloških lanaca zbog sušenja bara i močvara.
6. Povećano i ubrzano otjecanje oborinskih voda u usporedbi s prirodnim.

3 KVALITETA OBORINSKIH VODA

3.1. ZAGAĐIVAČI OBORINSKIH VODA I NJIHOVI IZVORI

Kako bi se otkrili uzroci nastanka zagađenja oborinskih voda, potrebno je utvrditi mjesta na kojima

dolazi do zagađenja. To se najčešće događa u urbanim sredinama na krovovima, asfaltiranim površinama (trotoarima, trgovima, parkiralištima, prometnicama, zračnim lukama i sl), deponijama (posebno neuređenim), industrijskim zonama, poljoprivrednim površinama itd. Oborinske vode s krovnih površina uobičajeno sadržavaju niske koncentracije zagađivača koji uglavnom potječu od atmosferskog taloga i ispuštanja ili razlaganja građevinskog materijala. Nasuprot tomu, oborinske vode s prometnica, parkirališta, radionica za servisiranje vozila i sl., često sadržavaju visoke koncentracije različitih zagađivača. Tablica 1 daje prikaz najčešćih zagađivača i izvora zagađenja oborinskih voda. Tipični zagađivači su teški metali, ugljikovodici, hranjive i organske tvari, ali i ostaci građevinskih materija prije, tijekom i poslije izgradnje. Suspendirane čestice se često koriste kao indikator zagađenja koji je lako kvantificirati, a za njih su vezani metali, kao i druge zagađujuće tvari, policiklični aromatski ugljikovodici (PAHs), fosfor i sl.

Tablica 1 Pregled glavnih zagađivača i njihovih primarnih izvora [6]

Zagađivači	*Izvori zagađenja*
Sedimentne i plivajuće (plutajuće) tvari	*Prometnice, trotoari, travnjaci, građevinske djelatnosti, atmosferski talog, erozije kanala za odvodnju*
Pesticidi i herbicidi	*Stambeni travnjaci i vrtovi, prometnice, komercijalni i industrijski uređeni prostori, ispiranje tla*
Organske tvari	*parkovi i vrtovi, komercijalno uređenje okoliša, životinjski otpad*
Metali	*automobili, mostovi, industrijska područja, erozija tla, korodiranje metalnih površina, procesi sagorijevanja*
Ulje i mast / ugljikovodici	*prometnice, parkirališta, područja održavanja vozila, benzinske crpke*
Bakterije i virusi	*travnjaci, prometnice, oštećene sanitarne kanalizacijske cijevi i spojevi, životinjski otpad, septički sistemi*
Dušik i fosfor	*poljoprivredna gnojiva, atmosferski talog, automobilski izduvni plinovi, erozija tla, životinjski otpad, deterdženti*

Ovdje treba posebno istaknuti negativan utjecaj urbanizacije na moguće efekte autopurifikacije - samopročišćavanja zagađene vode. Naime, usljed smanjene infiltracije koja je uzrokovana nepropusnim površinama urbane sredine zagađena voda ne prolazi kroz tlo, pa su umanjeni i efekti pročišćavanja vode filtriranjem kroz poroznu sredinu tla (slike 4 i 6).

Poboljšanje kvalitete oborinskih voda – novi pristupi

Prilikom rješavanja problema zagađenja oborinskih voda posebnu brigu treba posvetiti prikupljanju i obradi oborinskih voda na početku površinskog otjecanja koje su najzagađenije, jer tada kiše, odnosno formirano površinsko otjecanje spira najviše zagađenja koje se istaložilo na površinama od prethodne kiše. Ispuštanje takvih voda bez tretmana može uzrokovati fizičke, kemijske, biološke i kombinirane učinke koji umanjuju kvalitetu prijemnika i time utječu na vodene ekosustave i njihovu moguću uporabu. Osnovi cilj Okvirne direktiva o vodama EU [9] jeste ostvarenje dobrog kemijskog i ekološkog statusa svih površinskih voda; dostizanje dobrog kvantitativnog i kvalitativnog stanja svih podzemnih voda; potpun prestanak ispuštanja u vode prioritetnih tvari definiranih Članom 2, Aneks 8 Direktive EU (pesticidi, PCB i sl). Kako bi se postigli ovi zahtjevi, koji su obvezujući, potrebno je višestruko povećati pročišćavanje svih otpadnih voda, uključujući i oborinske.

Karakteristična zagađenja ne mogu se generalno rješavati. Ovi zagađivači i vrstom i količinom/koncentracijom variraju ovisno o specifičnim upotrebama zemljišta i aktivnostima koje se dešavaju u konkretnom slivnom području. Savremeni sistemi, vezano za upravljanje kišnog oticaja, posebno na lokacijama koje zahtijevaju povećanu zaštitu, zahtijevaju paralelnu kontrolu i količine, a i kvalteta, retenziranjem, taloženjem i odvajanjem čvrstih suspendovanih čestica i teških metala iz kišnog oticaja; odvajanjem ulja i masti iz kišnih voda gdje se očekuje izlijevanje; tretiranje nutrijenata i sl. Osnovi uređaji, decentralizovani sistemi, koji služe za ostvarenje ovih ciljeva su [10]:

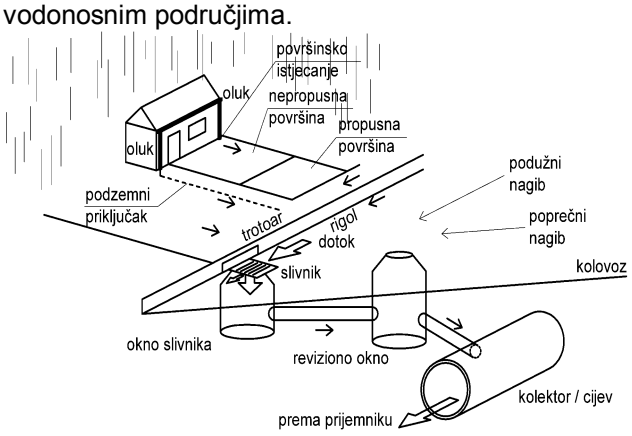
a) odvajači ulja i masti,
b) umjetne močvare,
c) lagune s produženom retenzijom,
d) mokre lagune,
e) infiltracijski jarci / kanali, odnosno spremnici,
f) pješčani filtri,
g) porozni (kolovozni) zastori,
h) biljni pojasevi, zatravljeni krovovi, zatravljeni jarci i sl.

4 SMJERNICE ZA UBLAŽAVANJE POSLJEDICA KLIMATSKIH PROMJENA I URBANIZACIJE

4.1. KLASIČNI PRISTUP ODVOĐENJU OBORINSKIH VODA I AKTUALNA PROBLEMATIKA

Klasični pristup sistema odvođenja oborinskih voda obuhvaća mjere i objekte za usmjeravanje,

prihvaćanje i provođenje površinskog otjecanja. Ti objekti su oluci, rigoli, slivnici s oknima, okna za reviziju, kaskade, preljevi, cijevi, kolektori, ispusti, retenzije (slika 7) i dr. Ovi elementi povezani su s prirodnim elementima, prijemnikom, nagibom terena, depresijama i sl. Cilj je spriječiti lokalno plavljenje, ali i postići sanitarni i estetski učinak (zaštiti zdravlje i izlijevanje i zadržavanje raznih zagađivača). Zadaća sistema je prihvatiti površinsko otjecanje i uvesti ga u oborinske kolektore, te u što kraćem vremenu ispustiti u nizvodnu cijev/prijemnik. Klasični koncept odvođenja oborinskih voda (mješoviti i/ili separatni) prvenstveno razmatra pitanje količine oborinskih voda, ali ovi istemi mogu imati i objekte za predtretman (taloženje nanosa, odvajanje ulja/masti sa zagađenih površina), pogotovo u zaštićenim vodonosnim područjima.



Slika 7: Osnovni elementi klasičnog sistema odvođenja oborinskih voda u urbanim sredinama [7]

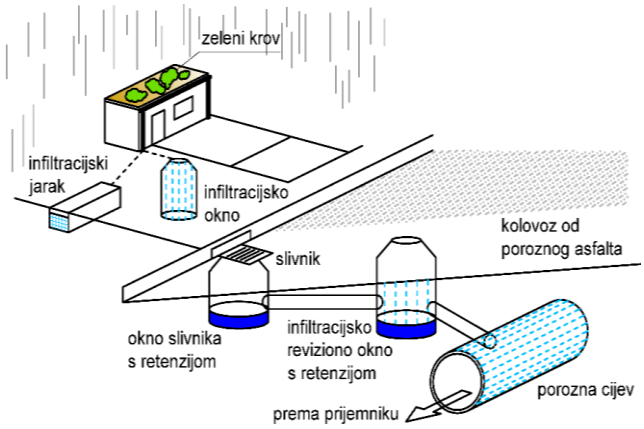
Postojeći kanalizacijski sistemi nemaju dovoljan kapacitet za sigurno primanje i provođenje povećanih količina oborinskih voda, koje su prvenstveno posljedica urbanizacije (smanjenje vodopropusnih površina) i klimatskih promjena (učestalije kiše većeg intenziteta). To za posljedicu ima pojavu učestalijih poplava u urbanim sredinama, a vrlo često i klizišta, te odrona. Površine različite namjene u urbanoj sredini imaju značajan utjecaj i na pogoršanje kvalitete oticaja oborinskih voda. To je dodatni negativni utjecaj urbanizacije, o kojem također treba voditi računa pri upravljanju oborinskim vodama. Ukratko, urbanizacijom se povećava količina i brzina otjecanja, a istovremeno snižava kvaliteta oborinskih voda, te ugrožava sanitarni aspekt, posebno kada se koristi mješoviti sistem. Primjena klasičnog sistema oborinskih voda u urbanim sredinama neće rezultirati razvojem zdravog i održivog urbanog prostora niti će dugoročno moći kvalitetno odgovoriti izazovima vezanim za negativne posljedice klimatskih promjena i intenzivne urbanizacije.

Temeljni ciljevi oborinske kanalizacije su osiguranje prihvatljivog nivoa zaštite ljudi i njihove imovine; osiguranje prihvatljivog nivoa zaštite okoliša/vodnih resursa i održivo rješenje odvođenja oborinskih voda [5]. Tehnološki ciljevi vezani za prikupljanje, pročišćavanje i ispuštanje oborinskih voda, te njihovu kontrolu i upravljanje, su što jednostavnije rješenje, što manji troškovi izgradnje, manji troškovi pogona i održavanja. Suvremeni koncepti odvođenja i upravljanja oborinskim vodama daju rješenja za prethodno postavljene ciljeve.

3.2. O novom pristupu upravljanja oborinskim vodama

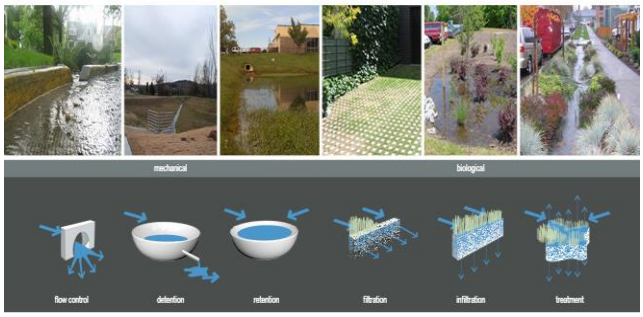
Promjene režima oborina i otjecanja, kao i pogoršanje kvalitete, nameću potrebu mijenjanja pristupa u upravljanju, odnosno odvođenju i tretmanu oborinskih voda [7]. Prema novim pristupima pod upravljanjem oborinskim vodama se podrazumijevaju mjere, objekti i sistemi kojima se u urbanim sredinama oborinske vode čuvaju, zadržavaju, pročišćavaju i ispuštaju, kako bi se ublažile posljedice izmijenjenog hidrološkog ciklusa.

Za novi pristup upravljanja oborinskim vodama, pored količina, analizira se više i zagađenje oborinskih voda i posljedice njihova ispuštanja u prirodu [11] [12]. Novi pristupi i tehnike integriraju kontrolu kvalitete i kvantitete oborinskih voda, ali i potrebu ugodnosti u smislu postizanja dobrog ekološkog statusa [13]. U razvijenim zemljama, u zadnjim godinama primjenjuju se nove tehnologije, odnosno tehnike upravljanja oborinskim vodama, kao što su Low Impact Development (LID) u SAD, Kanadi pa i Europi, Sustainable Urban Drainage Systems (SUDS) u Velikoj Britaniji, Water-Sensitive Urban Design (WSUD) u Australiji, Spunge City u Kini, Nizozemskoj i drugi slični pristupi [14] [15]. U navedenim sistemima upravljanja oborinskim vodama koriste se objekti za ublažavanje maksimuma i produženje koncentracije oticaja hidrograma direktnog otjecanja (slika 6), ali istovremeno su to objekti i za tretman zagađenja oborinskih voda. Objekti koji su u praksi pokazali sasvim zadovoljavajuće učinke navedeni su u poglavlju 3.2, a neki od njih prikazani su na slici 8, kao sastavni dijelovi novog pristupa upravljanju oborinskim vodama u urbanoj sredini.



Slika 8. Osnovni elementi suvremenog sistema upravljanja oborinskim vodama u urbanim sredinama [7]

Osnovni cilj novih trendova u upravljanju oborinskim vodama je korištenje objekata / elemenata koji služe za usporavanje i tretman površinskog otjecanja na izvoru, odnosno prije njegovog dospijeća u kanalizacijski sistem. Cilj je zadržati oborinsku vodu izvan kanalizacijskog sistema kako bi se smanjila prelijevanja i količine netretirane oborinske vode koja se ispušta u površinske vode. Ovo je inovativni pristup koji se oslanja na ekološka načela da treba planirati i projektovati odvodnju prema prirodnom načinu otjecanja, na izvoru koristeći ravnomjerno raspoređivene decentralizovane mikro sisteme odvodnje i prečišćavanja (zelene krovove, zatravljene rigole, jarke, propusno popločavanje i sl.) Korištenjem ovih sistema mehaničkim i biološkim mehanizmima obezbjeđuje se kontrola proticaja, zadržavanje, infiltracija i tretman (Slika 9).



Slika 9. Mehanizmi upravljanja oborinskim vodama decentralizovanim sistemima [10]

Na temelju praćenja komponenti hidrološkog ciklusa, protoka i kvalitete oborinskih voda, uspostavlja se kontrola plavljenja radi pretvaranja površinskog otjecanja u „dobitak“ u gradskom hidrološkom ciklusu. Ideja je da se svaka kap kiše čuva kako ne bi bila zaprljana i odma provedena cijevima, čime se ublažavaju negativne posljedice klimatskih promjena i urbanizacije na mikroklimu grada. Također uslov za adekvatno smanjenje oticaja atmosferskih voda osim čuvanja, odnosno zadržavanja, jeste i korištenje vode, na primjer za kasnije navodnjavanje čime se povećava i evapotranspiracija. Novi pristup uključuju veće poštivanje prirodnih zakonitosti, tj. vraćanje prirodnom hidrološkom ciklusu kroz rješenja iz prirode. Cilj je oponašanje prirodnog hidrološkog režima određenog područja koje se urbanizira, na način da se u što većoj mjeri oborinske vode zadrže na slivnom području, ponovno koriste i prirodno infiltriraju. Integralnim pristupom nužno je uključiti različite struke s ciljem definiranja što kvalitetnijih rješenja. Pored stručnjaka iz oblasti odvođenja oborinskih voda, u planiranje i provođenje suvremenih pristupa odvođenju oborinskih voda trebaju biti uključeni i stručnjaci iz područja urbanizma, arhitekture, agronomije-hortikulture, hidrologije, hidrogeologije, prometa, okoliša, sanitarnog inženjerstva, i drugi.

5 ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Izazovi pred suvremenim društvom, povezani s upravljanjem oborinskim vodama, jesu prepoznati uzroke, odnosno promjene i posljedice tih promjena na režim oborina i kvalitet otjecanja. Dalje, izazov je iznaći odgovarajuće načine kako se tim promjenama prilagoditi i ublažiti njihov negativni utjecaj. Pored klimatskih promjena, ljudske aktivnosti, prvenstveno kroz urbanizaciju, glavni su uzroci promjene hidrološkog režima i dodatnog zagađenja vodnih resursa. Ublažavanje i prilagođavanje ovim promjenama pretpostavlja usvajanje novih rješenja, koja poštuju temeljne i tehnološke ciljeve upravljanja oborinskim vodama i više poštuju prirodu, odnosno okoliš.

Kroz uvođenje novih tehnika/tehnologija upravljanja oborinskim vodama nastoji se poboljšati izmijenjeni hidrološki ciklus, koji, pogotovo u gradovima, svakako treba čuvati i obogatiti. Novi trendovi upravljanja oborinskim vodama podrazumijevaju integralni pristup, temeljen na zaštiti voda i slivova, koji će obuhvatiti ne samo pitanja količine nego i kvalitete oborinskih voda. Integralni pristup generalno rješava problem odvodnje oborinskih voda kombinacijom prirodnih i inženjerskih tehnologija, odnosno objekata, kojima se ostvaruje ponovno korištenje vode, zadržavanje vode, infiltracija u podzemlje, evaporacija, filtracija i biljno pročišćavanje, u sveobuhvatni sistem s ciljem održive kontrole vršnih protoka i smanjenja zapremine hidrograma otjecanja, te poboljšanja kvalitete i zaštite vode.

Adekvatno upravljanje, u novim okolnostima izmjene režima pojave oborina i otjecanja, znači primjenu novih znanja i iskustava, koja se koriste u svijetu, naravno uvažavajući posebnosti svakog

područja. Nadogradnja klasičnog sistema odvođenja oborinskih voda podrazumijeva optimalna rješenja odvodnje i zaštite od oborinskih voda, ne samo s gledišta zaštite urbanih sredina i vodoprijemnika, već i s ekonomskog gledišta i manjih financijskih ulaganja.

LITERATURA

[1] Majstorović, Ž. **Klimatske promjene i vodni bilansi u BiH**. Voda i mi, XXI (95), 34-40. 2017.g.

[2] Imamović, A. **Uzroci poplava u slivu rijeke Bosne s osvrtom na poplave u maju 2014. godine**. *Zbornik radova simpozija Upravljanje rizicima od poplava i ublažavanje njihovih štetnih posljedica*, 131-144, Akademija nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine, Sarajevo, Bosna i Hercegovina, 2015.g.

[3] Hrelja, H. **Inženjerska hidrologija**. Univerzitet u Sarajevu, Građevinski fakultet, Sarajevo, Bosna i Hercegovina, 2007.g.

[4] Knežević i dr. **Strategija prilagođavanja na klimatske promjene i niskoemisionog razvoja za Bosnu i Hercegovinu**. usvojena je od strane Vijeća ministara Bosne i Hercegovine 08. oktobra 2013. g.

[5] Margeta, J. **Kanalizacija naselja.** Sveučilište u Splitu, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Split, Hrvatska, 2009.g.

[6] Jotte, L., Raspati, G., Azrague, K. **Review of stormwater management practices**. Klima 2050 Report No 7, SINTEF Building and Infrastructure, Trondheim, Norveška, 2017.g.

[7] Despotović, J.: **Kanalisanje kišnih voda**. Univerzitet u Beogradu, Građevinski fakultet, Beograd, Srbija, 2009.g.

[8] Guillette, A. **Low-Impact-Development Practices for Stormwater: Implications for Urban Hydrology**. Canadian Water Resources Journal 32(3): 193-212. 2007.g.

[9] WFD **Water Framework Directive - Directive of European Parlament and of the Council 2000/60/EC** – Establishing a Framework for Community Action in the Field of Water Policy. 2000.g.

[10] Hadžović, L. **Prečišćavanje oborinskih otpadnih voda – odvodnja saobraćajnica**, Diplomski rad, Građevinski fakultet Univerziteta u Sarajevu, Sarajevo, Bosna i Hercegovina, 2009.g.

[11] Uzelac, T. **Nužnost integralnog pristupa planiranju i upravljanju oborinskim vodama na primjeru grada Pule**. Zbornik radova konferencije Suvremene metode odvodnje oborinskih voda urbanih sredina na obalnim područjima, 142-155, Hrvatsko društvo za zaštitu voda i Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2012.g.

[12] Jusić, S., Hadžić, E. i Milišić, H. **Urban Stormwater Management–New Technologies**, The 5th International Conference On " New Technologies, Development and Application (NT-2019)", 790-797, 2019.g.

[13] Mynett, A. E., Zevenbergen, C. **Sino-Dutch Collaboration on Developing sponge city concept.** *Hydrolink*, 2016(4), 106-107. 2016.g.

[14] Jia, H., Wang, Z., Yu, S. L. **Opportunity and Challenge, China's sponge city plan**. *Hydrolink*, 2016(4), 100-102. 2016.g.

[15] Potočki, K., Vouk, D. **Zeleni gradovi i „gradovi spužve"– odgovor na ublažavanje poplava u urbanim područjima**. *Hrvatska vodoprivreda*, XXVI (222), 14-18. 2018.g.

UTICAJ ODVODNJE OBORINSKIH VODA NA SIGURNU SANACIJU KLIZIŠTA

IMPACT OF PRECIPITATION WATER DRAINAGE ON SAFE LANDSLIDE REMEDIATION

Doc. Nedreta Kikanović, dipl.ing.geod.
Grad Tuzla, Služba za geodetske i imovinsko-pravne poslove, ZAVNOBIH-a 11, 75 000 Tuzla,
e-mail: nedreta.k@gmail.com

Prof. Nedim Suljić, dipl.ing.građ.
Univerzitet u Tuzli, Rudarsko-geološko-građevinski fakultet, Univerzitetska 2, 75 000 Tuzla,
e-mail:nedim.suljic@untz.ba

Mr. Mirela Uljić, dipl.ing.građ.
Grad Tuzla, Služba za komunalne poslove i poslove mjesnih zajednica,ZAVNOBIH-a 11,75 000 Tuzla,
e-mail: mirela_u@hotmail.com

Sažetak: U skladu sa osnovnim postulatima prostornog i urbanističkog planiranja kanalizacioni infrastrukturni sistemi, kao segment bazne infrastrukture, predstavljaju jedan od najbitnijih faktora prakse prostornog i urbanističkog planiranja i gradnje, čiji značaj se, pored zaštite zdravlja stanovništva kao dominantnog cilja, direktno ogleda u smanjenju rizika od klizanja tla. Dobijeni rezultati analizom postojećeg kanalizacionog sistema duž Solinske ceste na području grada Tuzle dokazali su da rješavanjem odvodnje oborinskih voda moguće je sigurno sanirati postojeća klizišta u gradu Tuzli. Poseban značaj daje rezultat dobijen ovim istraživanjem da je potrebno rekonstruisati postojeći oborinski kolektor duž Solinske ceste. Rekonstrukcijom tog kolektora je moguće izgraditi oborinsku kanalizaciju na području Badri i sanirati klizište koje ugrožava veliki broj objekata.

Ključne riječi: kanalizacija, modeliranje stanja i promjena, planiranje, urbani razvoj.

Abstract: In accordance with the basic postulates of spatial and urban planning, sewage infrastructure systems, as a segment of basic infrastructure, represent one of the most important factors of the practice of spatial and urban planning and construction, whose importance, in addition to protecting the health of the population as a dominant goal, is directly reflected in reducing the risk of landslide.
The results obtained by analyzing the existing sewage system along the Solinska cesta (Road)in the area of Tuzla, proved that, by resolving precipitation water drainage, it is possible to safely recover the existing landslides in Tuzla. Of particular importance is the result obtained from this research that it is necessary to reconstruct the existing precipitation collector along the Solinska cesta (Road).
By reconstructing this collector, it is possible to build a precipitation water sewage in the Badri area and repair the landslide that threatens a large number of structures.

Key words: sewage system, state and change modeling, planning, urban development.

1 UVOD

Razvoj i planiranje grada ili uopšteno gledajući naseljenog mjesta podrazumijeva stanovanje i rad stanovnika, rekreaciju i kretanje ljudi i roba. Sve ovo je jedino moguće ostvarivo ukoliko postoji komunalna infrastrukturna mreža koja je sastavni dio urbanog sadržaja. Komunalni sistem ima funkciju i razvoj koji omogućava da grad postane prostorno funkcionalni sistem.

U okviru komunalnog sistema kanalizacioni sistemi predstavljaju dio vodoprivrednog sistema za odvodnju iskorištenih ili otpadnih voda kao i oborinskih voda u naseljenim mjestima. Veoma je važno da se kanalizacija planira u skladu sa potrebnim vodoprivrednim uslovima te da bude usklađena sa drugim dijelovima vodoprivrednog sistema radi dobijanja optimalnog rješenja zaštite vodnih resursa. Planiranje, projektovanje, izgradnja, održavanje i monitoring kanalizacije u urbanim sredinama moraju biti prema odgovarajućem vodoprivrednom sistemu. Kanalizacioni sistemi predstavljaju veoma bitnu kolektivnu infrastrukturu jednog grada. U svakom urbanom području, pored kanalizacionih sistema, postoje i ostali, prethodno navedeni, infrastrukturni sistemi koji zajedno čine kompleksan skup aktivnosti koje su međusobno povezane i predstavljaju osnovu života urbanog područja. Na sistem kanalizacije u urbanim sredinama važnu ulogu i značaj ima klima, riječna mreža, sastav tla kao i ekonomski i socijalni faktori. Uticaj hidrometeoroloških parametara, kao što su padavine, isparavanje, temperatura zraka, vjetar, infiltracija, insolacija i slično, imaju poseban značaj kod planiranja oborinske kanalizacije.

Sistemi kanalizacije su na određeni način povezani sa vodovodnim sistemima i zajedno čine urbani vodni sistem koji ima zadatak vodosnadbijevanja naselja i prikupljanja, predtretmana i odvodnje iskorištenih (otpadnih) voda. Kanalizaciju iskorištenih voda u urbanim područjima čine vode nastale u domaćinstvima i privrednim subjektima, dok oborinske vode treba, također, prikupljati odgovarajućim cjevovodima i hidrotehničkim objektima i odvoditi ih do najbližeg prirodnog recipijenta bez prethodnog tretmana ili uz odgovarajući tretman tih voda prije upuštanja u prirodne vodne tokove.

Analize kanalizacione mreže na području Tuzle pokazale su da u padinskim dijelovima grada gdje je izvedena sanitarno-fekalna kanalizacija gotovo da i nema pokretanja terena, dok u još visočijim dijelovima ovih naselja gdje nema nikakve izvedene kanalizacije evidentan je veliki broj klizišta. Rješavanjem odvodnje oborinskih voda moguće je sigurno sanirati postojeća klizišta u gradu Tuzli.

2 PLANIRANJE UREĐENJA PROSTORA

Po definiciji, prostorno planiranje je ljudska djelatnost koja se bavi organizacijom, uređenjem i opremanjem nekog prostora kako bi stanovnici tog prostora kvalitetnije živjeli. Ta djelatnost je, kao i druge značajnije ljudske djelatnosti naročito u proteklom stoljeću, bila predmetom naučnih razmatranja i unapređivanja, posebno sa aspekta metodologije, kriterija i tehnike rada. Objavljen je značajan broj naučnih i stručnih radova i knjiga, kako u svijetu, tako i u regiji i drugim balkanskim zemljama, a ovdje izdvajamo samo nama najbliže dvije. *[1][2]*

Evropska povelja o prostornom planiranju iz 1983. godine sa Evropske konferencije ministara prostornog planiranja (CEMAT) koja se te godine održavala u španskom gradu Toremolinos definiše prostorno planiranje na sledeći način: Prostorno planiranje označava metode koje javni sektor koristi kako bi uticao na distribuciju ljudi i aktivnosti u prostoru u različitim razmjerima. Prostorno planiranje obuhvata sve nivoe planiranja upotrebe zemljišta uključujući urbanističko planiranje, regionalno planiranje, okolinsko planiranje, nacionalne prostorne planove, a u Evropskoj Uniji obuhvata i međunarodni nivo.

Jedna od najranijih definicija nalazi se u Evropskoj povelji o regionalnom/prostornom planiranju (često nazivanoj 'Torremolinoska povelja') koju je 1983. godine prihvatila Evropska konferencija ministara nadležnih za prostorno planiranje (CEMAT): "Regionalno/prostorno planiranje je geografski izraz ekonomske, socijalne, kulturne i ekološke politike društva. Ono je istovremeno naučna disciplina, administrativna tehnika i politika zamišljena kao interdisciplinarni i globalni pristup usmjeren uravnoteženom regionalnom razvoju i fizičkoj organizaciji prostora prema cjelovitoj strategiji."

2.1. URBANISTIČKO PLANIRANJE

Za planiranje kanalizacije u urbanim sredinama i razvoj urbanih naselja, a posebno gradova, od posebne važnosti je utvrđivanje namjene površina. Naime, kriterijumi za određivanje namjena površina u planskim dokumentima obuhvataju:

- prirodne i antropogene uslove,
- kriterijume i uslove zaštite prirode i graditeljske baštine,
- kriterijume i uslove zaštite životne sredine,
- izgrađenost prostora i komunalnu opremljenost;
- tipologiju izgrađene i planirane građevinske strukture,
- kriterijume racionalnog korištenja prostora,

- područja sa spontanim prirodnim procesima kao što su poplave, klizišta, zemljotresi i slično,
- koridore infrastrukture.

Navedene napomene o karakteristikama urbanističkog planiranja i savremenim potrebama za njim, ima za cilj da se, u uslovima današnjeg razvoja gradova, a posebno savremenog planiranja urbanog uređenja grada Tuzle, obrati pažnja na elemente i činjenice na koje se oslanja planiranje, a naročito planiranje održivog razvoja, kako je to i primijenjeno u izradi aktuelnog Prostornog plana Tuzlanskog kantona 2005-2025 godine i Prostornog plana grada Tuzla 2010-2030 godine, jer je posebno u ovom drugom, urbanistički razrađena strategija urbanog održivog razvoja grada Tuzle, koji predstavlja prostorni okvir za istraživanje odabranih elemenata sistema odvodnje sanitarno-fekalnih otpadnih i oborinskih voda.

2.2. URBANISTIČKO PLANIRANJE ODRŽIVOG RAZVOJA GRADA

Definicija koja se donekle približava operativnom pristupu i dozvoljava da se na osnovu nje gradi strategija održivog razvoja je ona koju su zajednički razvili IUCN (Međunarodna unija za zaštitu prirode), UNEP (Program zaštite životne sredine Ujedinjenih Nacija) i WWF u poznatoj knjizi "Caring for the Earth": Održivi razvoj u svom fokusu ima ljude i njegov cilj je da se unaprijedi kvalitet ljudskog života. Održivi razvoj se zasniva na zaštiti, tako da je uslovljen potrebom da se uvažava kapacitet prirode kako bi se obezbijedili resursi i usluge potrebne za život. Iz ove perspektive, održivi razvoj znači unapređenje kvaliteta ljudskog života u granicama kapaciteta podnošenja ekosistema koji ga podržavaju. *[3]*

Ova definicija održivog razvoja predstavlja normativni kocept koji uključuje standarde ponašanja koje treba ispoštovati ukoliko ljudska zajednica teži ka zadovoljenju sopstvenih potreba preživljavanja i blagostanja. Definicija uključuje tri osnovne komponente – *ekonomsku, društvenu i komponentu zaštite životne sredine* – koje čine temelj održivog razvoja. Sve tri komponente su međusobno povezane i međuzavisne i zbog toga zahtijevaju da sve što se preduzima na polju razvoja bude u skladu sa svakom od njih ponaosob.

Strategija održivog razvoja služi kao krovni dokument održivog razvoja i zaštite okoliša. Strategijom održivog razvoja se dugoročno usmjerava privredni, ekonomski i socijalni razvoj te zaštita okoliša prema održivom razvoju datog područja. Ova strategija, u najmanjem obimu, obuhvata između ostalog, privredu i ukupnu ekonomiju, poljoprivredu, šumarstvo, vodoprivredu, sve vidove bazne fizičke infrastrukture, ukupnu suprastrukturu (zdravstvo i socijalnu zaštitu, obrazovanje, nauku, kulturu, sport). Strategija održivog razvoja definiše slijedeće vitalne izazove ostvarenja održivog razvoja (poticaj rasta broja stanovnika):

- unapređenje i zaštitu okoliša i prirodna dobra,
- usmjeravanje na održivu proizvodnju i potrošnju,
- postizanje energetske neovisnosti i rasta učinkovitosti korištenja energije,
- jačanje javnog zdravstva i socijalne zaštite,
- povezivanje sa drugim dijelovima šireg teritorija,
- zaštitu prirodnih i radom stvorenih vrijednosti.

Temelj održivog razvoja čine tri komponente, i to ekonomija, društvo i zaštita životne sredine. Njihova međuzavisnost i isprepletanost zahtijeva da se svaki budući razvoj propusti kroz prizmu svake od njih ponaosob, imajući u vidu ekonomska i politička ograničenja. Ove tri komponente održivog razvoja trebalo bi da budu sagledane na takav način da se pomoću njih dođe do stabilnih izvora prihoda za ljude, da se osigura društvena jednakost, postigne konsenzus u društvu u pogledu nivoa rasta populacije, održavaju nivoi prirodnog i stvorenog kapitala i zaštiti životna sredina, naročito sa gledišta pravilnog planiranja, projektovanja i izgradnje kanalizacionih sistema za odvodnju otpadnih voda.

3 KANALIZACIONI SISTEMI

Pojam kanalizacionog sistema može se definisati kao skup objekata, uređaja i mjera za:

- sakupljanje otpadnih i oborinskih voda u urbanim i industrijskim sredinama,
- odvodnju sakupljenih otpadnih voda, sa ili bez oborinskih voda, do mjesta prečišćavanja i ispuštanja,
- prečišćavanje do stepena uslovljenog zakonskim odredbama i lokalnim uslovima,
- ispuštanje prečišćene vode u odgovarajući prijemnik,
- zbrinavanje mulja koji nastaje u postupku prečišćavanja.

Osnovni zadatak kanalizacionog sistema je da zagađene i oborinske, odnosno površinske vode iz naselja što brže odvede sa mjesta nastanka, uz što povoljnije sanitarne, tehničke, tehnološke i ekonomske uslove. Pri tome potrebno je da se sve sakupljene vode prečiste do odgovarajućeg stepena i ispuste u prijemnike, a sve u skladu s ekološkim zahtjevima, zakonskim propisima i pravilima struke.

Uz uvažavanje osobina prostora sa kojeg se vrši sakupljanje i odvodnja otpadnih voda, tehničko-tehnološko rješenje kanalizacionog sistema treba da karakteriše najkraći put odvodnje zbog povoljnih

ekonomskih efekata. Radi se o najmanjoj mogućoj dužini kolektora, najmanjim problemima rješavanja imovinskih odnosa za zemljište, minimalnim visinama prepumpavanja koje treba nastojati izbjeći po mogućnosti i uslovima na terenu, kao i najkraće vrijeme u kojem će se otpadna voda odvesti sa mjesta nastanka, čime se postižu dobri ekološki, sanitarni i pogonski efekti, odnosno najkraće zadržavanje otpadne vode u kolektorima.

3.1. UTICAJ OTPADNIH VODA NA OKOLINU I ČOVJEKA

Evropska zajednica je propisala načela upravljanja vodom kao jednim od osnovnih uslova u strategiji zaštite okoliša. Radi zaštite prirodne sredine i zaštite kvaliteta vode, a u skladu sa strategijom zemalja članica EU, potrebno je smanjiti otpadne materije na mjestu njihovog nastanka, ponovo koristiti otpadne materije i sigurno deponovati otpad. U našoj zemlji, a i na području grada Tuzla, danas ima znatan broj stanovnika i domaćinstava koja nisu priključena na kanalizacioni sistem, već se prikupljanja otpadnih voda iz domaćinstava rješava pojedinačnim putem, obično na način koji ne zadovoljava osnovne sanitarne zahtjeve.

Problematika i planiranje kanalizacionog sistema u značajnoj mjeri zavisi od lokacije i tehnološkog rješenja postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda, odnosno uslova ispuštanja prečišćenih voda u prijemnik, što podrazumijeva poznavanje svih uslova ispuštanja gradskih upotrijebljenih i oborinskih voda u vodne resurse. Dakle, bez poznavanja lokacije postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda i mjesta ispuštanja prečišćenih voda u prijemnik, nije moguće dati pravilno tehničko-tehnološko rješenje kanalizacione mreže.

Ispuštanjem zagađenja u vodne resurse dolazi do pogoršanja kvaliteta tih površinskih voda i do ekoloških poremećaja koji, kao rezultat kruženja vode u hidrološkom ciklusu i kruženja tvari u prirodi, imaju negativne posljedice na zdravlje čovjeka, uslove stanovanja, rad i rekreaciju. Ispuštanje neprečišćenih fekalnih voda uzrokuje pogoršanje sanitarnih karakteristika vode prijemnika, pogotovo ako se prijemnik koristi za vodosnabdijevanje i rekreaciju. Bakteriološko zagađenje ovih voda može uključiti i prenosnike različitih oboljenja (patogene organizme), što može dovesti do širenja oboljenja na sve korisnike prijemnika.

Oborinske vode u pravilu imaju najveći uticaj na estetske karakteristike prijemnika (mutnoća, plivajuće tvari i masnoće), ali ukoliko su oborinske vode opterećene metalima i drugim štetnim tvarima, tada imaju i negativne zdravstvene uticaje na lanac prehrane u prirodi, a time i na čovjeka, ukoliko je sudionik tog lanca.

Industrijske, odnosno tehnološke otpadne vode imaju štetno djelovanje u sanitarnom, ekološkom i estetskom smislu, i mogu sadržavati tvari vrlo opasne za čovjeka i ostala živa bića. Industrija je izvor i termalnog zagađenja koje nastaje ispuštanjem rashladnih voda.

Vode s poljoprivrednih površina i iz stajskih objekata su izvor zagađenja i negativnih uticaja na okoliš. Međutim, u naseljima, naročito većim ili gradskim, njihova je zastupljenost vrlo mala. Negativne posljedice javljaju se neposrednim korištenjem zagađene vode za piće i hranu ili posredno u lancu prehrane u prirodi.

Zbog svega navedenog, pri planiranju i projektovanju sistema odvodnje i ispuštanje gradskih i industrijskih, odnosno tehnoloških otpadnih voda u prijemnike, odluke i izbori moraju se donositi uvijek sa ciljem sprečavanja mogućih negativnih posljedica, što najčešće podrazumijeva prečišćavanje otpadnih i oborinskih voda prije njihovog ispuštanja u prijemnik, sve u skladu s karakteristikama prijemnika. Nivo i druge karakteristike potrebnog prečišćavanja dobiju se kao rezultat odgovarajućih studija uticaja na okoliš i u skladu s datim vodnim i sanitarnim uslovima, te zakonima iz te oblasti.

Postrojenje za prečišćavanje i ispusti efluenta i oborinskih voda zahtijevaju odgovarajući prostor i lokaciju koja najbolje odgovara zaštiti prijemnika, uključujući odgovarajuću tehnologiju prečišćavanja, ali i koje se najbolje uklapa u namjenu šireg područja, odnosno okoliša. Istovremeno, odabir lokacije za postrojenje za prečišćavanje otpadnih voda i mjesta ispuštanja prečišćenih otpadnih voda imaju izrazito veliki, čak i presudan uticaj na rješenje kanalizacionog sistema, odnosno na njegovu shemu, troškove izgradnje i pogona, obzirom da se radi o mjestu na koje treba dovesti svu otpadnu vodu određenog naselja ili prostora jedinstvenim kanalizacionim sistemom ili zagađenu oborinsku vodu određenog prostora. Osobine postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda zavise od njegove udaljenosti od mreže, odnosno promjena osobina otpadnih voda zavisno od vremena putovanja i procesa u kanalizacionoj mreži i glavnim kanalima.

Također, prečišćavanje i ispuštanje otpadnih i oborinskih voda ne mogu se rješavati bez istovremene analize njihovih uticaja na koncept kanalizacione mreže i sistema u cjelini, posmatrano u svim etapama razvoja sistema - planiranju, projektovanju, izgradnji, pogonu i održavanju. Analiza treba sadržavati tehničke, ekonomske i ekološke komponente problema. Iz navedenog, rješavanje kanalizacionog sistema treba uvijek rješavati zajedno sa problemom prečišćavanja i ispuštanja otpadnih i oborinskih voda.

Međutim, iz niza različitih okolnosti, najčešće finansijskih, vrlo često se kanalizaciona mreža i postrojenje za prečišćavanje otpadnih voda ne

rješavaju istovremeno, što dovodi do loših i skupih rješenja, koja je naknadno vrlo teško popraviti, kao što je slučaj na području Grada Tuzla. U cilju sprečavanja neželjenih realno mogućih velikih problema, imperativno bi kanalizacionu mrežu i postrojenje za prečišćavanje otpadnih voda trebalo zajedno rješavati i planirati, ali ne nužno i graditi zajedno, ako za to nema finansijskih sredstava. Ovakav pristup bitno doprinosi racionalizaciji izgradnje kanalizacionog sistema i postrojenja za prečišćavanje gradskih voda, a time i zaštiti okoliša i čovjeka.

3.2. KANALIZACIJA DIO URBANOG I VODOPRIVREDNOG SISTEMA

Situacija u našoj zemlji i u okruženju je takva da se danas uglavnom samo rekonstruiše ili proširuje postojeća kanalizaciona mreža. Slična situacija je i u gradu Tuzla, gdje je upravo zbog razloga loše izvedene ili čak neplanirane i neizvedene kanalizacione mreže, limitiran prostorni razvoj grada. Razvoj grada je limitiran loše izvedenom i starom kanalizacionom mrežom što ne prati nove standarde u ovoj oblasti. Naravno, da bi se odabrao pravilan i najučinkovitiji sistem odvodnje potrebno je analizirati postojeću kanalizaciju te ustanoviti treba li planirati gradnju drugačijeg sistema odvodnje ili zadržati postojeći sistem odvodnje. To su dosta kompleksne situacije, gdje se moraju uzeti u obzir dugoročni ciljevi za planirani planski period od 30 ili više godina. Za pravilan odabir sistema odvodnje mora se analizirati postojeća kanalizaciona mreža kao i njen utjecaj na razvoj novog sistema odvodnje na lokacijama gdje ista nije izvedena. Odabir sistema odvodnje za ona područja u urbanim sredinama gdje ne postoji kanalizaciona mreža mora biti u skladu sa zahtjevima okoliša i u skladu sa planiranom gradnjom građevinskih objekata i putne infrastrukture.

Sistem odvodnje otpadnih i oborinskih voda iz urbanih sredina zavisi od mnoštva faktora i uslova koji se odnose na konkretan slučaj i područje. To su broj stanovnika, topografija terena, položaji izgrađenih građevinskih objekata u visinskom smislu, industrija, položaj vodotoka i slično. Osim toga, potrebno je uzeti u obzir ekonomske uslove troškova gradnje kanalizacionog sistema kao i njegovog održavanja, zatim sanitarne uslove koji se odnose na spriječavanje negativnog i štetnog utjecaja otpadnih materija na tlu, u vodi i u zraku.

Odabir sistema odvodnje mora biti zasnovana na planiranim zahtjevima i uslovima prvenstveno sa aspekta zaštite okoliša, a sanitarne uslove moramo uvijek ispoštovati kada je riječ o planiranju kanalizacione mreže i izboru sistema odvodnje otpadnih voda.

Situacija u našoj zemlji i u okruženju je takva da se danas uglavnom samo rekonstruiše ili proširuje postojeća kanalizaciona mreža. Slična situacija je i u gradu Tuzla, gdje je upravo zbog razloga loše izvedene ili čak neplanirane i neizvedene kanalizacione mreže, limitiran prostorni razvoj grada. Razvoj grada je limitiran loše izvedenom i starom kanalizacionom mrežom što ne prati nove standarde u ovoj oblasti. Naravno, da bi se odabrao pravilan i najučinkovitiji sistem odvodnje potrebno je analizirati postojeću kanalizaciju te ustanoviti treba li planirati gradnju drugačijeg sistema odvodnje ili zadržati postojeći sistem odvodnje. To su dosta kompleksne situacije, gdje se moraju uzeti u obzir dugoročni ciljevi za planirani planski period od 30 ili više godina. Za pravilan odabir sistema odvodnje mora se analizirati postojeća kanalizaciona mreža kao i njen utjecaj na razvoj novog sistema odvodnje na lokacijama gdje ista nije izvedena. Odabir sistema odvodnje za ona područja u urbanim sredinama gdje ne postoji kanalizaciona mreža mora biti u skladu sa zahtjevima okoliša i u skladu sa planiranom gradnjom građevinskih objekata i putne infrastrukture.

Prvi korak u izboru sistema odvodnje je izbor lokacije i karakteristika postrojenja za prečišćavanje, a tek potom kanalizacione mreže. Ispust, postrojenje za prečišćavanje i kanalizaciona mreža su dio jedinstvene tehničko-tehnološke cjeline, te se na odgovarajući način moraju uvijek sagledavati zajedno. Međutim, izbor lokacije postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda je problem za sebe, te zahtijeva prethodnu analizu u okviru koje se mora voditi računa o uslovima odvodnje svih voda do postrojenja, kao i o položaju prijemnika. Postrojenje za prečišćavanje otpadnih voda ne može biti planirano na bilo kojoj lokaciji, te se zato potencijalne lokacije moraju detaljno analizirati i nekoliko najpovoljnijih odabrati za dalju zajedničku analizu s kanalizacionom mrežom i ispustom. Sve povoljne lokacije ulaze u analizu kanalizacionog sistema, a najpovoljnija je ona koja zajedno s cijevnom mrežom i ispustom dugoročno osigurava najbolje uslove i najniže troškove građenja, rada i održavanja.

Najčešće se razmatra sistem sa samo jednim postrojenjem za prečišćavanje. Međutim, u većim gradovima opravdano je planiranje kanalizacionog sistema sa više postrojenja.

4 DISKUSIJA

4.1. SANITARNO-FEKALNE OTPADNE VODE

Količine sanitarno otpadne vode su usvojene na osnovu broja stanovnika i zaposlenika u području grada Tuzle. Specifična potrošnja, planski period i

koeficijenti satne i dnevne neravnomjernosti su usvojeni na osnovu literaturnih podataka.
Hidraulički modeli i proračun je urađen u softverskom paketu Urbano 7. Protoci sanitarne otpadne vode – postotni račun, bazirani su na algoritmu potrošnje vode stanovnika i zaposlenika na lokalitetu na kojem je kanalizacioni sistem projektovan. Proračun količina sanitarnih otpadnih voda moguće je izvesti na način da se pojedine dužine dionica sistema pomnože sa koeficijentom gustoće čime se dobijaju tzv. virtualne dužine dionica, koje mogu biti ili veće ili manje od stvarne dužine dionice, čime se dobiva veći ili manji protok.
Proračun količina sanitarnih otpadnih voda je baziran na algoritmu koji karakteriše područje grada Tuzle, za koji je potrebno definisati slijedeće parametre:

- specifičnu potrošnju vode, $q_{spec.}$=120 l/stanovnik/dan,
- predviđeni broj zaposlenika naselja N_{2012g}= 300 stanovnika,
- dnevni koeficijent varijacije protoka, k_{dn}= 2,0,
- satni koeficijent varijacije protoka, k_{sat}= 2,0,
- koeficijent hrapavosti izabranih cijevi, k=0,75 mm.

Modeliranjem specifičnih gradskih naselja dobijeni su izračunati podaci, kao što je:

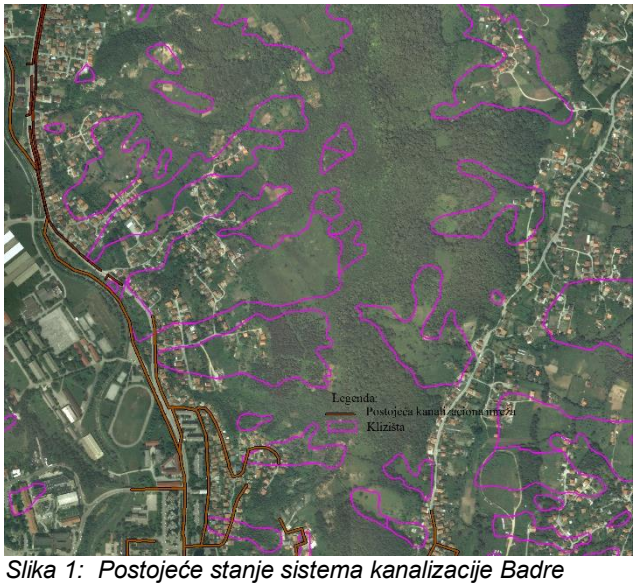
- srednja dnevna potrošnja – (l/dan),
- Srednja satna potrošnja – (l/sat),
- Maksimalna dnevna potrošnja – (l/dan),
- Maksimalna satna potrošnja – (l/sat),
- Ukupna dužina svih zadanih dionica na koje se proračun odnosi,
- Q_{mjer} protok koji dolazi u cijeli sistem (l/s),
- Vlastiti protok sanitarnih otpadnih voda svih dionica, bez ikakvog utjecaja drugih dionica,
- Ukupni vlastiti protok, kao suma svih izabranih vlastitih protoka za određenu dionicu, koji se zapisuje u svaku dionicu koja ima izabrane vlastite protoke kao poseban podatak i dostupan je kod proračuna ukupnog protoka,
- Tranzitni protok za određenu dionicu, kao suma ukupnih vlastitih protoka svih dionica uzvodno od promatrane dionice,
- Ukupne protoke mjerodavne za sve daljnje proračune. Ukupni protok svake dionice je jednak zbiru vlastitog protoka i tranzitnog protoka (vlastitog protoka svih prethodnih dionica).

4.2. POVRŠINSKO-OBORINSKE VODE

Količine površinskih odnosno oborinskih voda računamo po tzv. racionalnoj metodi koja je primjenjiva na slivna područja kakva su u analiziranim modelima za padinska naselja Mosnik i Crvene Njive, Kojšino, Badre kao i novoplanirano gradsko naselje Topolice između naselja Sjenjak i Stupine. Oborinske vode zavise od površine slivnog područja (F_i), intenziteta oborina za analizirano područje (i) i koeficijenta otjecaja (c_i) koji direktno zavisi od površinske obrade terena. Ove vode određujemo na osnovu izraza:

$$Q = \sum \left(F_i \cdot i \cdot c_i \right) \qquad (1)$$

Intezitet padavina od i=200 l/s/ha usvojen je iz postojeće projektne dokumentacije. *[4]*
Proračun količina je baziran na usvojenim vrijednostima iz ITP-dijagrama od 200 l/s/ha, za intenzitet padavina od 15 minuta, perioda povrata od 2 godine (I-intenzitet kiše, T-trajanje kiše, P-povratni period).
Usvojeni koeficijenti otjecanja prema opisu područja odvodnje su: asfalt (0,70-0,95), krovovi (0,75-0,85), travnate površine srednjeg nagiba 2-7% (0,1-0,15). Krovne površine su vrlo malog nagiba i računate su sa koeficijentom otjecanja 0,80. Asfaltne površine su računate sa koeficijentom otjecanja 0,8. Travnate površine su računate sa koeficijentom otjecanja 0,1. *[5]*
Još uvijek imamo u okviru urbanog područja Tuzla Grad dijelove naselja koja nisu priključena na kanalizacionu mrežu. Na slici 1 vidi se da su ti dijelovi u visinskim (padinskim) dijelovima grada koja su pod znatnim brojem klizišta nastalim, između ostalog, i zbog neriješene odvodnje otpadnih i oborinskih voda.



Slika 1: Postojeće stanje sistema kanalizacije Badre

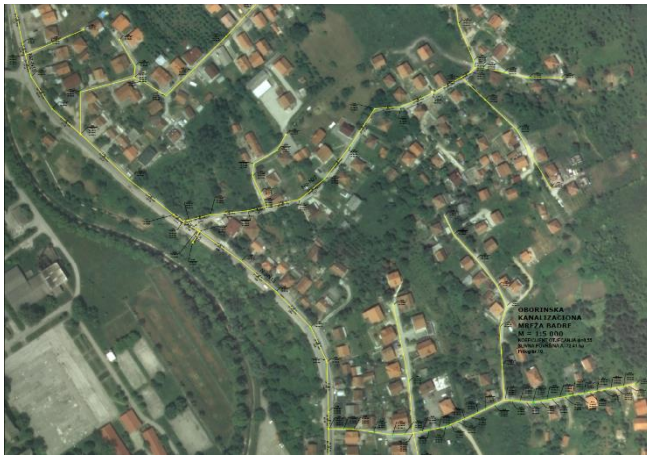
Analizirajući kanalizacionu mrežu i aktivna klizišta u naseljima Mosnik, Crvene Njive, Kojšino i Badre dolazi se do saznanja da na onim površinama u padinskim dijelovima grada gdje je izvedena sanitarno-fekalna kanalizacija gotovo da i nema pokretanja terena, dok u još visočijim dijelovima ovih naselja gdje nema nikakve izvedene kanalizacije evidentan je veliki broj klizišta. Znači, da individualni

objekti prikupljaju otpadne vode u tehnički loše izvedene septičke jame koje su vodopropusne, a oborinske vode sa krovova objekata, sa dvorišta i sa saobraćajnica se nekontrolisano razlijevaju niz padine terena. Ovo je jedan od glavnih uzročnika pojave klizišta, što predstavlja veliki problem stanovništvu i gradskoj upravi.

5 REZULTATI ISTRAŽIVANJA

U naselju Badre postojeća sanitarno-fekalna kanalizacina mreža, izgrađena uz saobraćajnicu Solinska cesta, ispunjava uslove da se izvrši priključenje svih objekata iz naselja.

Postojeća oborinska kanalizaciona mreža, prečnika ∅250 mm i ∅300 mm, duž saobraćajnice Solinska cesta, ne može prihvatiti oborinske vode sa slivnog područja Badre, površine 72,41 ha, i odvesti ih do ispusta u rijeku Solina kao recipijent. Detaljan proračun oborinske kanalizacije, na osnovu određenih pripadajućih slivnih površina, urađen je i na osnovu istog potrebno je izvršiti rekonstrukciju postojeće oborinske kanalizacione mreže adekvatnim povećanjem profila, te izgraditi planiranu oborinsku kanalizacionu mrežu (slika 2). Na ovaj način sistemski bi se riješila odvodnja oborinskih voda iz naselja Badre, i time otklonio jedan od glavnih uzroka pojave klizišta. *[6]*



Slika 2: Planirana oborinska kanalizaciona mreža Badre

6 ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Klizišta uzrokuju septičke jame koje stalno natapaju tlo, ali i pretjerana gradnja te nedostatak oborinske kanalizacije. Zbog toga svaka malo jača kiša i bujice nastale otapanjem snijega predstavljaju potencijalnu opasnost.

Postojeći kanalizacioni kapaciteti treba da budu potpuno iskorišćeni, a neophodno je izgraditi nova postrojenja koja bi obezbedila adekvatan tretman otpadnih voda na onim područjima koja nisu pokrivena.

Obzirom da je izgradnja kanalizacije po separatnom kanalizacionom sistemu opredjeljenje grada još od 80-tih godina prošlog vijeka, gradnju sanitarno-fekalne kanalizacione mreže imperativno mora pratiti gradnja oborinske kanalizacije, prije svega u urbanom području Tuzla grad.

Sistemskim rješenjem odvodnje oborinskih voda u padinskim dijelovima grada, značajno bi se smanjio rizik od pokretanja novih procesa klizanja terena, što bi uz odgovarajuću sanaciju nastalih klizišta omogućilo gradnju različitih građevinskih objekata.

U skladu sa osnovnim postulatima prostornog i urbanističkog planiranja, rezultatima ovog naučnog istraživanja potvrđeno je da kanalizacioni infrastrukturni sistemi, kao segment bazne infrastrukture, predstavljaju jedan od najbitnijih faktora prakse prostornog i urbanističkog planiranja i gradnje, čiji značaj se, pored zaštite zdravlja stanovništva kao dominantnog cilja, direktno ogleda u smanjenju rizika od klizanja tla. Obzirom da se radi o komunalnoj djelatnosti, koja je u potpunosti u nadležnosti lokalne zajednice, za gradnju bilo kakvih objekata i zahvata u prostoru, neophodno je blagovremeno planiranje i izgradnja kanalizacionih sistema.

LITERATURA

[1] B.M., Prostorno planiranje, Univerzitetska knjiga, Sarajevo, 2000.

[2] F. J., Teritory and function, The Evolution of Regional Planning, London, 1979.

[3] World Commission on Environment and Development, The, Our Common Future, Oxford and New York: Oxford University Press, 1987.

[4] Inteziteti i vejrovatnoće pojave padavina za kišomjernu stanicu Tuzla, Zavod za hidrotehniku građevinskog fakulteta u Ssarajevu, januara 1987.godine

[5] M.J., Kanalizacija naselja, Građevinski fakultet Sveučilišta u Splitu, Split, 1998.

[6] N.K., Kanalizacioni sistemi kao faktor urbanog planiranja područja Tuzle, doktorska disertacija, Rudarsko-geološko-građevinski fakultet, Univerzitet u Tuzli, 2015.

ANTIFRAGILITY AND THE DEVELOPMENT OF URBAN WATER INFRASTRUCTURE

Dr. Filip Babovic PhD, MSc DIC, BEng
Imperial College London
filipbabovic@gmail.com

Abstract: Antifragility is a system property that results in systems becoming increasingly resistant to external shocks by being exposed to them. These systems have the counterintuitive property of benefiting from uncertain conditions. This paper presents the application of antifragility to water infrastructure systems and outlines the development of antifragility at the city scale through the use of local governance, data collection and a bimodal strategy for infrastructure development. The systems architecture presented results in a management paradigm that can deliver reliable water systems in the face of highly uncertain future conditions.

Key words: antifragility, decision-making, deep uncertainty, climate change adaptation

1 INTRODUCTION

Antifragility is a property of a system that results in the system becoming increasingly resistant to the external shocks to which it is exposed. These systems have the counter-intuitive property of benefiting from uncertain conditions. This chapter presents the first known applications of antifragility to water infrastructure systems and outlines the development of antifragility at the city scale through the use of local governance, data collection and a bimodal strategy for infrastructure development. This chapter outlines several important concepts within this thesis: that hydrological risks are asymmetric and this asymmetry may create opportunities to be seized. The antifragility framework builds upon the previous chapter by proposing a new framework well suited to dealing with deep uncertainty. The systems architecture presented results in a management paradigm that can deliver reliable water systems in the face of highly uncertain future conditions.

In recent years there has been a large increase in the use of sensor networks within urban areas to facilitate data collection in a shift towards the implementation of smart cities. The information collected through the 'Smart City' paradigm can be extremely beneficial in informing local decision makers on the state of the systems they manage.

This work postulates that the Smart City concept lends itself to cities becoming antifragile to climatic and weather shocks over time. By empirically grounding policy-making and adaptation it is possible for cities to become increasingly resistant to the effects of extreme weather conditions over time. This continual evolution is a central pillar of the concept of antifragility. Antifragility is a system property originally detailed by Taleb (2012), antifragile systems become increasingly resistant to external shocks by being exposed to them. This property results in such properties benefiting from uncertain conditions. The development of antifragility in urban water systems will lead to an increased capacity to adapt to the shocks and stresses they will be exposed to in future. This chapter introduces the use of the concept of antifragility to guide infrastructure planning and management in cities. There is only one known instance of antifragility having been applied to infrastructure planning (Bruce Beck, 2013). This paper also discusses how urban water systems can be managed to achieve antifragility.

2 WATER ISSUES IN URBAN AREAS

2.1 CHANGING URBAN WATER CHALLENGES

The world is experiencing an extremely rapid rate of change across a spectrum of issues (Friedman, 2008). In large part these changes are driven by the rapid and continued rise of the urban population of the globe which has grown from 746 million people in 1950 to 3.9 billion people in 2014 (United Nations Department of Economic and Social Affairs Population Division, 2014).

Urbanization leads to higher demand for natural resources, particularly for water. Additionally, the relative wealth of urban residents leads to increased water demand through water-heavy goods and widespread use of white goods (ARUP, 2014). These trends have been observed in Australia where growing cities have increased their water usage fivefold through both population growth and increased demand for water-heavy goods (IPCC, 2014). Similar phenomena are occurring across the world, with half the world's cities with more than 100,000 inhabitants experiencing water scarcity (ARUP, 2014). Concurrently, climate change is changing hydro-logical conditions across the globe. Climate change is projected to exacerbate desertification and water stress through reductions in incident precipitation and by altering snowmelt patterns (IPCC, 2014). This is resulting in negative effects on agriculture and business in some regions (UN Habitat, 2014). In turn, these developments have led to increased reliance on ground- water, leading to lower water tables and an increase in the number of incidences of saltwater intrusions in coastal aquifers (IPCC, 2012).

On the opposite end of the hydrological spectrum changes in precipitation patterns have resulted in growing pluvial flood risk. The IPCC's Fifth Assessment Report found that the number of heavy precipitation events across the globe have increased in the last 50 years (Trenberth, Jones, Ambenje, et al., 2007). These increases in heavy precipitation events have occurred even in regions which have become increasingly water stressed over time. The increase in precipitation intensity lead to the growing risk. It is predicted that these heavy rainfalls will contribute to increased levels of flooding in certain catchments and regions (IPCC, 2008, 2012).

The increasing exposure of people and economic assets to weather-related impacts has been the major cause of long-term increases in economic losses from climate disasters (Jha, Bloch & Lamond, 2012; IPCC, 2014; World Economic Forum, 2015).

In the face of these growing hydrological extremes, new infrastructure must be built or existing

infrastructure adapted (Geltner & de Neufville, 2012; UN Habitat, 2014). In the developed world, there is a need to renovate much existing infrastructure. It has been estimated that US$57 trillion will be required to meet global infrastructure demand world- wide by 2030, with over two fifths of this amount needed for electrical and water infrastructure (Dobbs, Pohl, Lin, et al., 2013). The sheer length of the design lives of such infrastructure systems result in the decisions relating to infrastructure planning being exposed to conditions of deep uncertainty (Hallegatte, Shah, Brown, et al., 2012).

2.2 WATER ISSUES IN URBAN AREAS

2.2.1. DEEP UNCERTAINTY AND PREDICTIVE ERRORS

Under conditions of deep uncertainty, the uncertainty surrounding the future cannot be significantly reduced through intensified data collection as the past is of limited use as an indicator of future conditions (Milly, Betancourt, Falkenmark, et al., 2008; Walker, Haasnoot & Kwakkel, 2013). In the context of urban water management, multiple sources of uncertainty are associated with climate change, population growth and per capita water use. Given the limited level of confidence that can be given to long-term predictions, is critical that planning methodologies account for these uncertainties as traditional design methods are not appropriate at addressing decisions with the characteristics of climate change (Groves & Lempert, 2007). (McInerney, Lempert & Keller, 2012) noted that infrastructure systems are optimized to operate under very specific conditions akin to 'dancing on the top of a needle'. These systems are fragile to situations whereby small deviations between predicted and actual conditions can result in large deteriorations in system performance. Developing systems that operate well under a narrow range of conditions requires a high level of confidence in the future state of the world. This level of confidence is, generally speaking, not possible to achieve for open systems (Taleb, 2012).

While Taleb (2012) does not utilize the phrase 'deep uncertainty, it can be argued that he is in broad agreement on the presence of deep uncertainty and its underlying causes. Taleb's work focuses on the use of historic data as the basis for making assumptions, with an emphasis on the historical record's inability to properly characterize the tails of probability distributions. This results in a poor ability to accurately assess the probabilities and risks associated with extreme events. This has partly been reflected in modellers' poor track record of making accurate long-term predictions for complex systems. This lack of predictive ability stems from what Taleb termed the 'extended disorder cluster'. This cluster broadly reflects the various facets of uncertainty delineated by Walker, Harremoës, Rotmans, et al., 92003) as epistemic or aleatory uncertainties.

The accurate prediction of when events, especially remote-probability events, will occur remains a significant challenge. However, the knowledge to build systems that can withstand these remote-probability events is much more developed. As Taleb (2012, p.136) notes, 'Not seeing a tsunami or an economic event coming is excusable, building something fragile to them is not.'

As noted in the Literature Review cities require continual re-invention of their urban water systems in order to manage growing extremes and changing conditions. In order to achieve this, the development of infrastructure in urban areas should focus on exposure to failure and the consequences of extreme events (Taleb, Goldstein & Spitznagel, 2009).

2.2.2. SMART CITIES

Proponents argue that the implementation of Smart City technologies would make urban infrastructure and management systems more efficient and cost-effective (Department for Business Innovation & Skills, 2013). The 'concept of the smart city emerged during the last decade as a fusion of ideas about how information and communications technologies might improve the functioning of cities' (Batty, Axhausen, Giannotti, et al., 2012, p.483). Under the Smart City paradigm, the data collected through sensors are transmitted via a telecommunications network to storage where they are then analysed in order to adjust urban operational processes. Certain data streams collected from smart cities can be particularly useful when used for the purposes of urban cli- mate change adaptation. To gather this data the data-collection system would take the form of weather data-collection apparatuses along with sensors used to quantify system response. The data collected by these sensor networks would allow for the identification of how urban water systems perform and the efficacy of management options. A more detailed discussion of the architecture of data collection for an antifragile urban water system is presented below.

2.3 ROBUSTNESS

What is traditionally thought of robustness has been termed 'static robustness' by the Deep Uncertainty community. Strategies that exhibit static robustness aim to reduce the possibility of system failure for the largest range of conditions possible (Buurman & Babovic, 2016; Walker, Haasnoot & Kwakkel, 2013). This is generally achieved by over-dimensioning elements of infrastructure systems to accommodate

unexpectedly large shocks or stresses. While this is practically easy to achieve, it can incur significant costs to build over-sized infrastructure. Furthermore, residual risk remains even for infrastructure systems designed to withstand high-return periods. The estimation of the size of remote-return period events is prone to many of the errors highlighted above, including incomplete historical knowledge and a limited degree of confidence in the statistical distributions derived from these data (Milly, Betancourt, Falkenmark, et al., 2008).

As described earlier, dynamic robustness addresses some of these issues by attempting to adapt systems over time in order to maintain a required level of reliability in the face of changing circumstances. This is similar to the concept of multistage optimization which allows for systems to evolve as new information is made available. For example, sensor networks can be utilized to quantify changing precipitation patterns and then drainage systems can be adapted accordingly. While this method emphasizes a more proactive attitude towards risk management than static robustness, the aim is to maintain a level of reliability rather than continuously build an increasingly robust system.

3 ANTIFRAGILITY

Antifragility extends dynamic robustness by providing 'a mechanism by which the system re- generates itself continuously by using, rather than suffering from, random events, unpredictable shocks, stressors and volatility' (Taleb, 2012, p.8). This is akin to the natural world where 'systems subjected to randomness – and unpredictability – build a mechanism beyond the robust to opportunistically reinvent themselves' (Taleb, 2012, p.68). Proposals for similar concepts been made in the past: Bruce Beck (2013) argued that antifragility is similar to Holling's ecological resilience (Holling, 1973), while Liao (2012) proposed that periodic flooding creates opportunities for cities to become better adapted to increasingly extreme floods. Antifragility is a process of continual adaptation as opposed to an end state. When a system is antifragile, accurate knowledge of future conditions is not needed as it would be for a fragile system. For antifragile systems, unexpected shocks offer opportunities for learning and reinvention, resulting in more robust systems.

When antifragile systems experience shocks they 'bring more benefits (equivalently, less harm) as their intensity increase up to a point' (Taleb, 2012, p.27). This is akin to the body's response to exercise, where imposed shocks lead to improved physical ability. For the fragile, the cumulative effect of small shocks is smaller than the single effect of an equivalent single large shock. This is exemplified by brittle objects which can withstand small loads but experience catastrophic failure once loading exceeds a threshold value. Urban water professionals must ensure that water systems exhibit the desired behaviour.

Antifragile systems are self-healing. This property differentiates antifragile systems from mechanistic systems. After a climate shock antifragile systems overcompensate and adapt to the shock, while mechanistic systems return to their previous state. For example, in order to develop this dynamic, after a shock the local body in charge of the urban water system would assess its performance, identify causes of failure, and modify their systems appropriately. In doing so, the system becomes better at coping with climate variability as it has the property of improving with shocks rather than merely resisting them or quickly recovering from them.

Antifragile systems are conditioned by the frequency and magnitude of the shocks to which they are exposed. They respond more positively to acute shocks than chronic stressors, particularly when these shocks are followed by ample time for the system to recover and reorganize. Critically, antifragile systems are not immune to events of all sizes; they can fail if they are affected by an event of sufficient magnitude. However, events below this threshold are treated as opportunities for growth and development. Urban areas can become antifragile when they seek to learn from shocks and the system's response. In doing so, the experience gained by the system managers can be utilized to prepare and compensate for climate shocks. The question remains however: how does one translate the notion of antifragility into the domain of infrastructure planning? The development of antifragility occurs at two levels: the first at the city scale, the second at an informational level.

Both varieties of antifragility require local governance of urban water systems. Within any city there are several potential solutions to water problems. The question of which of these strategies should be utilized is best left to local leaders and organizations who have both local knowledge and direct accountability to residents. This bottom-up leadership should be able to guide the adaptation of urban water systems in such a way so as to result in confidence that the systems would be robust to local climatic conditions.

3.1 ANTIFRAGILITY FOR INDIVIDUAL CITIES

A barbell strategy or 'bi-modal strategy' (Taleb, 2012) is utilized to generate antifragility. The strategy is characterized by having two elements: one is extremely risk averse, also known as being 'bounded right'; the other seeks to benefit from rare events, but has limited losses – this is referred to as being 'bounded left'. This results in a dual attitude of being

robust to negative events and allows one to capitalize on positive 'Black Swans', resulting in antifragility. The behaviour of these properties is illustrated in Figure 1.

3.1.1. BOUNDED RIGHT

There are three factors to be controlled in order to achieve risk averseness: size, concentration, and speed of failure (Taleb, 2012). The management of these factors is very similar to the development of static robustness. The size of the components within an urban water system should be controlled so as to avoid over-reliance on any single piece of infrastructure. Antifragile systems should be composed of layers of redundancy in order to avoid catastrophic failure. For example, an antifragile water supply system would not be reliant upon a single source of water and would utilize a diversified water supply system. This would take the form of a set of robust water-resource solutions including household collection, large-scale reservoirs, and reverse osmosis systems. In doing so, the failure of a single water resource system would not result in the inability to deliver water. Such a water supply system would be similar to the one employed as part of Singapore's Four National Taps policy (Tortajada, 2006). For urban flooding, the magnitude of risk can be controlled through the use of multiple drainage solutions acting in unison. Sustainable urban Drainage Systems (SuDs) such as green roofs and porous pavements would act as a distributed solution to reduce the stress on drainage systems. This drainage system, in turn, could drain into localized rainwater storage solutions to help alleviate the flow to be conveyed along central or downstream drainage systems.

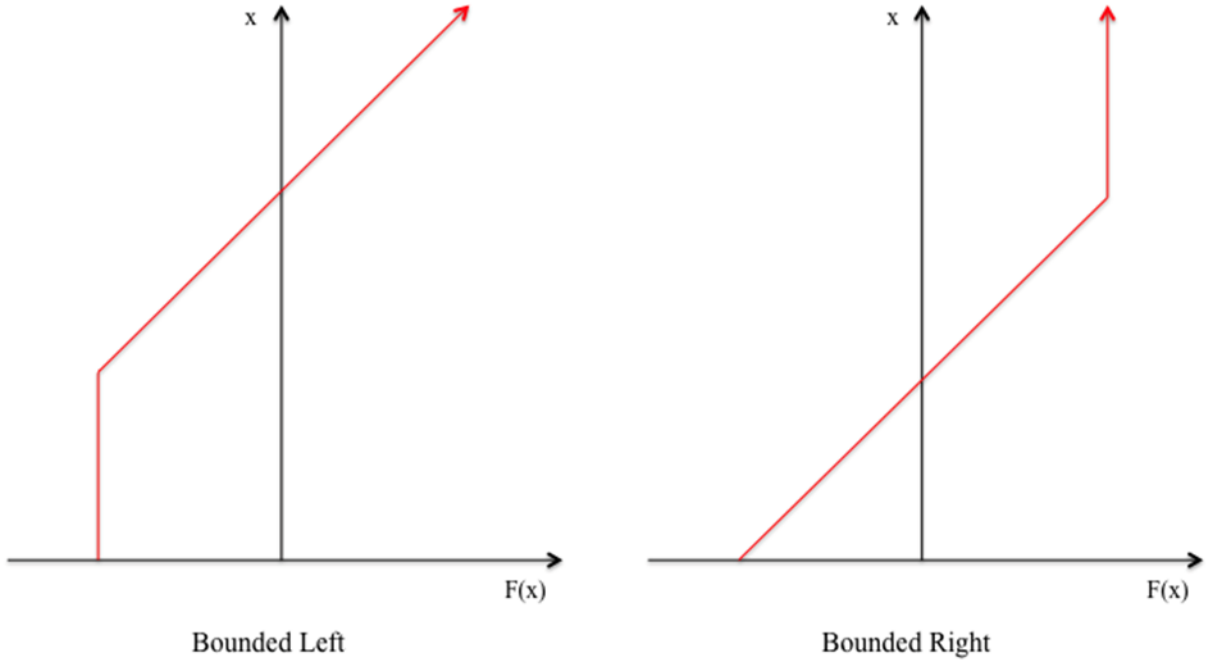


Figure 1. Performance of bounded left and bonded right systems. Where x is a shock on the system and F(x) is the system's performance in response to that shock.

High concentrations of risk can result in unacceptable levels of damage, even when only small system failures occur; this is also true in the realm of urban water systems. The purpose of water supply is to deliver sufficient quantities of water to citizens in order to experience a given level of well-being. As such, the concentration of risk is strongly linked to fresh water demand. By reducing the demand for water, it is possible for periods of poor water-resource replenishment to pass unobtrusively. For flooding, with regard to the concentration of risk, two distinctions can be made. With publicly controlled assets and structures it can be ensured that pieces of critical infrastructure such as energy transformers, pumping stations, police stations and hospitals are not concentrated within a small area. This would ensure that flooding would not cause widespread systemic failure. Controlling the concentration of risk that emerges from the concentration of private assets can be more difficult given that certain areas are simply more attractive places in which to reside. The concentration of private assets can be controlled through the planning system, but also through the use of mandatory flood insurance with premiums priced according to flood risk. These premiums can then be used to improve and maintain flood-defence infrastructure as appropriate.

The speed with which failure occurs is of critical importance. Under favourable conditions, optimization occurs, resulting in efficient but more fragile systems. The avoidance of small mistakes may result in making the large ones more severe. This speed of failure could be established utilizing a stress-test methodology, such as the Adaptation Tipping Points approach (Gersonius, Nasruddin, Ashley, et al., 2012; Kwadijk, Haasnoot, Mulder, et al., 2010; Reeder & Ranger, 2011). The problem of widespread failure is compounded once infrastructure interdependence is considered. While it is envisaged that there would be a diversity of solutions within a catchment, there would also be a diversity of solutions between catchments. Under conditions of drought, some catchments would perform better than others due to differences in meteorological conditions and supply systems. This would necessitate water transfers to alleviate shortage. A catchment with an excess of water could utilize its redundancy and connectivity to sell its water through a water market. This connectivity and responsiveness provides an opportunity for both catchments involved. How- ever, vulnerability occurs when this connectivity is not responsive. Water transfers should be utilized as a means to 'top-up' failures in supply. Permanent water transfers create teleconnections of risk, where a catchment that receives water is reliant upon the weather elsewhere. In the case of Hong Kong, 80% of water is imported from mainland China. Due to this, Hong Kong's water supply is closely tied to weather conditions outside its own borders (Wang, Ng, Lenzer, et al., 2016). Catchments should attempt to be self-sufficient and utilize the connectivity between each other in order to take advantage of the diversity in systems and hydrological conditions only during times of critical need.

3.1.2. BOUNDED LEFT

The infrastructure systems described above, known as 'bounded right', result in a very robust water supply system. Optionality is the agent of antifragility and differentiates antifragile systems from those which are simply very risk averse. An option allows for the creation of antifragility and allows one to benefit from uncertainty without significant cost (Makridakis & Taleb, 2009). For infrastructure systems, this optionality would take the form of real options. Based on financial options, real options give the holder the right, but not the obligation, to perform a task in future. These rely on a relatively small increase in capital investment cost to allow for increased operational flexibility. This translates into the ability to limit the effects of negative conditions (Wang & Neufville, 2004) and take advantage of uncertain ones (Myers, 1984; de Neufville & Scholtes, 2011; Trigeorgis, 1996; Wang & Neufville, 2004). The more flexible the option, the greater the benefit.

Real options have been found to increase the value of a project by up to 30% and to generate positive value for urban water supply and drainage systems (Deng, Cardin, Babovic, et al., 2013; Zhang & Babovic, 2012, 2009). Optionality has the added advantage of allowing for an accelerated pace of adaptation as significant elements of the option will have been effectively completed in advance. These smaller increments can be built quickly even if they run in parallel across a wide area; operational research has found that it is the size per segment of the project that matters, not the entire project that is the controlling factor for total time to completion (Flyvbjerg, 2009). As optionality becomes increasingly ingrained into urban water systems through maintenance or construction of new infrastructure systems, the speed with which they can be adapted will increase. Additionally, with decisions delegated to the local level, the speed of decision-making should increase, thus improving the rate of adaptation.

Finally, many concepts are more successful in theory than practically. It is critical that a wide variety of small-scale, experimental projects are utilized to help establish which solutions offer the greatest benefits for a given catchment. These projects should deliver positive asymmetries with regards to system knowledge and will help guide climate change adaptation.

3.2 SMART CITIES, DATA, AND EVOLUTION

A second variety of antifragility occurs at the informational level. This variety of antifragility is evolutionary and grows by discerning lessons from a catchment's struggle to operate a reliable service in the face of a hydrological shock. The lessons learnt regarding the operation and efficacy of infrastructure during times of hydrological stress should be shared in order for other catchments to modify their policies accordingly. The diversity that exists between the different catchments' urban water systems allows for different strategies to be compared, allowing for the adoption and rejection of strategies based upon their performance.

The Smart City concept allows for the objective measurement of an urban water system's performance. The large data sets collected by the Smart City should be treated cautiously as they can lead to over-confidence in findings. As such, only a modicum of data is needed to guide decisions and test potential strategies. Therefore, the data-collection apparatus implemented does not need to offer infinitely fine temporal and spatial resolutions. This will reduce the noise present in the data. The

data-collection system needs to be structured in such a way that urban water managers are aware of the broader climatological trends and performance of infrastructure within their system. The establishment of climatological trends may require significant amounts of time, however some actionable data will be made available immediately. For example, if a piece of infrastructure is frequently at or near capacity, this would indicate a need at least to begin planning an intervention.

The analysis of these data should aim to establish heuristics that capture the majority of the information content in the data. Of particular importance is identifying which planning assumptions are incorrect and must be rejected. Given the complex nature of urban water systems, establishing causality will prove to be difficult, but may be achieved through tools such as Granger causality which measures the predictive ability of one time-series to forecast another and that has been found to be successful in identifying potential heuristics (Eichler, 2012).

3.3 LOCAL URBAN GOVERNANCE

As noted above, the development of an antifragile urban water system should be achieved by delegating management to local government. Local governance is best able to balance engineering knowledge with local residents' desires and needs, thus resulting in a water system suited to local hydrological and social conditions. This allows for the creation of local confidence in urban water systems. By having these systems controlled through local structures, it is relatively easy to maintain direct accountability to citizens.

However, it is clear that currently many if not most cities do not have an appropriate local governance structure for antifragility. Globally, there are substantial differences in the powers and responsibilities that cities have over infrastructure management and procurement. One global survey of cities found that only 56% of cities are the primary leader in controlling their city's utilities (Burdett, Rode, Shankar, et al., 2014). For effective management of an antifragile system, the locus of control of water infrastructure would require these powers to be devolved to metropolitan governments. This would also require the transfer of vast amounts of responsibility and management infrastructure needed to operate a modern water system.

Under systems with private water utilities, once local governmental oversight is established, a large degree of cooperation will be required from the utility to put in place a bimodal strategy. The antifragile paradigm in many respects runs counter to the traditional view of optimizing infrastructure procurement. This is because the bimodal strategy requires the construction of very robust infrastructure (bounded right) and real options (bounded left), both of which would increase capital costs and therefore run counter to the paradigm of lean infrastructure procurement.

4 CONCLUSIONS

The development of antifragility in urban water systems offers a paradigm through which systems can continually evolve to face better the challenges caused by a changing world. This paradigm would result in flood-resistant and water-independent regions that have the ability to trade water and information in order to strengthen the cohort's ability to withstand hydrological stresses.

There are practical difficulties associated with the antifragile model that would need to be addressed for such a system to be applied in practice. The first is that local government would require a degree of control over their water systems that is atypical. Furthermore, the nature of antifragility is such that it is not 'efficient'; antifragility requires infrastructure which is bounded right, resulting in a system more robust and expensive to construct than the current method of 'lean' development. Additionally, infrastructure that is bounded left may be constructed but not utilized for many years or decades, which could be perceived as a failure to make efficient use of capital. Lastly, the antifragile model places a fairly high degree of burden on the local managing organization requiring a much quicker cycle of continual observation, decision-making and acting. However, this model offers significant advantages in dealing with the variable hydrological conditions that are expected to occur in the medium to long-term future.

LITERATURE

ARUP (2014) The Future of Urban Water: Scenarios for Urban Water Utilities in 2040.

Batty, M., Axhausen, K.W., Giannotti, F., Pozdnoukhov, A., et al. (2012) Smart cities of the future. European Physical Journal: Special Topics. [Online] 214 (1), 481–518. Available from: doi:10.1140/epjst/e2012-01703-3.

Bruce Beck, M. (2013) Antifragility, Resilience, Sustainability & the City — Bring on the Floods! [Online]. Available from: doi:10.1001/jamadermatol.2013.871.

Burdett, R., Rode, P., Shankar, P. & Vahidy, S. (2014) Governing Urban Futures. [Online]. Available from: https://b7a2bff57ce0e87c1ddf-082e7e193ab68c7d8c492b8b6f26a502.ssl.cf3.rackcdn.com/files/2014/11/GoverningUrbanFutures_newspaper_screen.pdf.

Buurman, J. & Babovic, V. (2016) Adaptation Pathways and Real Options Analysis: An approach to

deep uncertainty in climate change adaptation policies. Policy and Society. [Online] Available from: doi:10.1016/j.polsoc.2016.05.002.

Deng, Y., Cardin, M.-A., Babovic, V., Santhanakrishnan, D., et al. (2013) Valuing flexibilities in the design of urban water management systems. Water research. [Online] 47 (20), 7162–7174. Available from: doi:10.1016/j.watres.2013.09.064.

Department for Business Innovation & Skills (2013) The Smart City Market: Opportunities for the UK.

Dobbs, R., Pohl, H., Lin, D.-Y., Mischke, J., et al. (2013) Infrastructure productivity: how to save $1 trillion a year. [Online]. Available from: http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Infrastructure+productivity:+How+to+save+$1+trillion+a+year#0.

Eichler, M. (2012) Causal Inference in Time Series Analysi. In: C. Berzuini, P. Dawid, & L. Bernardinelli (eds.). Causality: Statistical Perspectives and Applications. 1st edition. Maastricht, John Wiley & Sons. p.

Flyvbjerg, B. (2009) Survival of the unfittest: Why the worst infrastructure gets built-and what we can do about it. Oxford Review of Economic Policy. [Online] 25 (3), 344–367. Available from: doi:10.1093/oxrep/grp024.

Friedman, T. (2008) Hot, Flat & Crowded. New York, Farrar, Straus and Giroux.

Geltner, D. & de Neufville, R. (2012) Uncertainty, Flexibility, Valuation & Design: How 21st Century Information & Knowledge Can Improve 21st Century Urban Development. In: Royal Institution of Chartered Surveyors Global Symposium. 2012 Adelaide. p.

Gersonius, B., Nasruddin, F., Ashley, R., Jeuken, A., et al. (2012) Developing the evidence base for mainstreaming adaptation of stormwater systems to climate change. Water Research. [Online] 46 (20), 6824–6835. Available from: doi:10.1016/j.watres.2012.03.060.

Groves, D.G. & Lempert, R.J. (2007) A new analytic method for finding policy-relevant scenarios. Global Environmental Change. [Online] 17 (1), 73–85. Available from: doi:10.1016/j.gloenvcha.2006.11.006.

Hallegatte, S., Shah, A., Brown, C., Lempert, R.J., et al. (2012) Investment Decision Making Under Deep Uncertainty: Application to Climate Change. Policy Research Working Paper. [Online]. Available from: doi:doi:10.1596/1813-9450-6193.

Holling, C.S. (1973) Resilience and Stability of Ecological Systems. Annual Review of Ecology and Systematics. [Online] 4 (1), 1–23. Available from: doi:10.1146/annurev.es.04.110173.000245.

IPCC (2014) Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [Online]. Available from: http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/ar5_wgII_spm_en.pdf [Accessed: 14 February 2015].

IPCC (2008) Climate change and water: IPCC Technical Paper VI. [Online]. Available from: doi:10.1016/j.jmb.2010.08.039.

IPCC (2012) Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. [Online]. Available from: doi:10.1017/CBO9781139177245.

Jha, A.K., Bloch, R. & Lamond, J. (2012) A Guide to Integrated Urban Flood Risk Management for the 21st Century. [Online]. Available from: doi:10.1596/978-0-8213-8866-2.

Kwadijk, J.C.J., Haasnoot, M., Mulder, J.P.M., Hoogvliet, M.M.C., et al. (2010) Using adaptation tipping points to prepare for climate change and sea level rise: A case study in the Netherlands. Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change. [Online] 1 (5), 729–740. Available from: doi:10.1002/wcc.64.

Liao, K.-H. (2012) A Theory on Urban Resilience to Floods. Ecology and Society. 17 (4).

Makridakis, S. & Taleb, N.N. (2009) Decision making and planning under low levels of predictability. International Journal of Forecasting. [Online] 25 (4), 716–733. Available from: doi:10.1016/j.ijforecast.2009.05.013.

McInerney, D.J., Lempert, R.J. & Keller, K. (2012) What are robust strategies in the face of uncertain climate threshold responses?: Robust climate strategies. Climatic Change. [Online] 112 (3–4), 547–568. Available from: doi:10.1007/s10584-011-0377-1.

Milly, P.C.D., Betancourt, J., Falkenmark, M., Hirsch, R.M., et al. (2008) Climate change. Stationarity is dead: whither water management? Science (New York, N.Y.). [Online] 319 (February), 573–574. Available from: doi:10.1126/science.1151915.

Myers, S.C. (1984) Finance Theory and Financial Strategy. Interfaces. [Online] 14 (1), 126–137. Available from: doi:10.1287/inte.14.1.126.

de Neufville, R. & Scholtes, S. (2011) Flexibility in Engineering Design. Boston, MIT Press.

Reeder, T. & Ranger, N. (2011) How do you adapt in an uncertain world? Lessons from the Thames Estuary 2100 project. World Resources Report. [Online] 16. Available from: http://www.wri.org/sites/default/files/uploads/wrr_reeder_and_ranger_uncertainty.pdf%5Cnhttp://www.worldresourcesreport.org.

Taleb, N.N. (2012) Antifragile Things that gain from Disorder. London, Penguin Books.

Taleb, N.N., Goldstein, D.G. & Spitznagel, M.W. (2009) The Six Mistakes Executives Make in Risk Management The Six Mistakes Executives Make in Risk Management. Harvard Business Review.pp.1–5.

Tortajada, C. (2006) Water Management in Singapore Water Management in Singapore. International Journal of Water Resources Development. [Online] 22 (2), 227–240. Available from: doi:10.1080/07900620600691944.

Trenberth, K.E., Jones, P.D., Ambenje, P., Bojariu, R., et al. (2007) Observations: Surface and Atmospheric Climate. In: S Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, et al. (eds.). Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, Cambridge University Press. pp. 235–336.

Trigeorgis, L. (1996) Real options: managerial flexibility and strategy in resource allocation. Cambridge, MIT Press.

UN Habitat (2014) Planning for Climate Change-A Strategic, Values-Based Approach for Urban Planners.

United Nations Department of Economic and Social Affairs Population Division (2014) World Urbanization Prospects: The 2014 Revision, Highlights. [Online]. Available from: doi:10.4054/DemRes.2005.12.9.

Walker, W.E., Haasnoot, M. & Kwakkel, J.H. (2013) Adapt or perish: A review of planning approaches for adaptation under deep uncertainty. Sustainability (Switzerland). [Online] 5 (3), 955–979. Available from: doi:10.3390/su5030955.

Walker, W.E., Harremoës, P., Rotmans, J., van der Sluijs, J.P., et al. (2003) Defining Uncertainty: A Conceptual Basis for Uncertainty Management in Model-Based Decision Support. Integrated Assessment. [Online] 4 (1), 5–17. Available from: doi:10.1076/iaij.4.1.5.16466.

Wang, R.Y., Ng, C.N., Lenzer, J.H.J., Dang, H., et al. (2016) Unpacking water conflicts : a reinterpretation of coordination problems in China ' s water-governance system. International Journal of Water Resources Development. [Online] 1–17. Available from: doi:10.1080/07900627.2016.1197824.

Wang, T. & Neufville, R. De (2004) Identification of Real Options ' in ' Projects. 4th annual conference on systems engineering research. California. [Online] 1–10. Available from: doi:10.1002/j.2334-5837.2006.tb02800.x.

World Economic Forum (2015) Global Risks 2015 10th Edition.

Zhang, S. & Babovic, V. (2012) A Real Options Approach to Design and Architect Water Supply Systems Using Innovative Water Technologies Under Uncertainty. Journal of Hydroinformatics. 14 (1), 13–29.

Zhang, S. & Babovic, V. (2009) Architecting Water Supply System – A Perspective from Value of Flexibility. In: Second International Symposium on Engineering Systems MIT,. 2009 Cambridge, Massachusetts, MIT ESD. pp. 1–9.

RAZLIKE U KVALITETU VODOSNABDIJEVANJA RURALNIH PODRUČJA NA TERITORIJI OPĆINE KONJIC

DIFFERENCES IN THE QUALITY OF WATER SUPPLY IN RURAL AREAS OF KONJIC MUNICIPALITY

Nejra Ćibo
Samostalni istraživač, Donje Polje
br. 1 Konjic 88400,
email:necca_7@hotmail.com

Sažetak: Cilj ovog istraživanja je utvrditi razlike u kvalitetu vodosnabdijevanja stanovnika ruralnih područja na teritoriji općine Konjic. Za potrebe ovog istraživanja korišten je uzorak od 151 ispitanika, odnosno domaćinstava. Prilikom formiranja subuzoraka pratili smo geografski prostor općine Konjic. Uzorak je bio podjeljen na četri subuzorka: Klis (N=42), Glavatičevo, Spiljani i Džajići (N=40), Podorašac (N=30) i subuzorak Čelebići (N=39). Za ovo istraživanje koristio se anketni upitnik koji se sastoji od deset pitanja koja su se odnosila na: procjenu stavova o kvalitetu vodosnabdijevanja, kontinuiranosti vodosnabdijevanja, procjeni količine pitke vode, informisanosti o provedenim analizama kvaliteta vode, promjeni organoleptičkih svojstava vode i zdravstvenim problemima koji se mogu povezati sa vodom. Razlike u rezultatima ankete između subuzoraka ruralnih utvrđivali smo Kruskall-Wallis testom. Dobijeni rezultati pokazuju da su razlike utvrđene u varijablama: zadovoljstvo vodosnabdijevanjem , način vodosnabdijevanjem, redukciji vode, uzroci nestanka vode, analizi vode, količini pitke vode i zaštiti izvora za vodosnabdijevanje. Procjenjujući opću ocjenu kvaliteta vodosnabdijevanja između ruralnih područja postojanje razlika utvrđeno je između područja Klisa i Podorašca u odnosu na područja uzvodno i nizvodno uz rijeku Neretvu. Prema načinu vodosnabdijevanja utvrđeno je da se ispitanici Čelebića razlikuje u odnosu na ispitanike sa područja Glavatičeva-Spiljani-Džajića i Podorašca. Na pitanje koje se odnosilo na redukciju vode ispitanici sa područja Klisa se znatno razlikuju u odnosu na ispitanike sa područja Glavatičeva-Spiljani-Džajića i Podorašca. Procjenjujući razlike u uzrocima nestanka vode ispitanici sa područja Čelebića se razlikuju u odnosu na ispitanike sa područja Glavatičeva-Spiljani-Džajića i Podorašca. Pojava statistički značajni razlika u uzrocima nestanka vode utvrđena je između područja Klisa i Podorašca. Na pitanje koje se odnosilo na informisanost stanovništva o sprovedenim analizama vode od strane stručnih službi utvrđene su statistički značajne razlike između područja Čelebići-Klis i Čelebići-Podorašac. Ispitanici sa područja Čelebića su stava da su više informisani u odnosu na druga dva područja.U procjeni subjektivnog stava o količini pitke vode u mjestu stanovanja ispitanici sa područja Čelebića se statistički razlikuju u odnosu na ispitanike sa područja Klisa i Čelebića. Procjenjivajući razlike u zaštiti izvora za vodosnabdijevanje statistički značajne razlike su utvrđene između ispitanika sa područja Čelebića i Klisa i područja Glavatičevo-Spiljani-Džajići i Klisa u korist ispitanika sa područja Čelebića i Glavatičeva-Spiljani-Džajica, što govori da ispitanici sa područja Klisa nisu dovoljno informisani o zaštiti njihovog izvora. U najvećem broju analiza razlika ispitanici sa područja Klisa imaju negativne stavove u odnosu na ostale. Ono što je važno naglasiti da ni u jednom poređenju razlika između ruralnih područja ne postoje statistički značajne razlike u varijabli koja se odnosi na zdravstvene probleme koji se mogu dovesti u vezu sa vodom. Na osnovu dobijenih rezultata neophodno je izvršiti stručne analize kako bi se poboljšao kvalitet vodosnabdijevanja, povećati informisanost stanovništva o promjenama organoleptičkih svojstava vode, rezultatima stručnih analiza, te izvršiti kontrolu izvora za vodosnabdijevanje kako bi se isti zaštitili.

Ključne riječi: vodosnabdijevanje, pitka voda i ruralno područje.

1 UVOD

Način vodosnabdijevanja na pojedinom području direktno utječe na zdravlje ljudi, povećavajući ili smanjujući zdravstvene rizike. Javni sistemi vodosnabdijevanja kojima se adekvatno upravlja, smatraju se najsigurnijim načinom snadbijevanja ljudi vodom za piće (1).
U opštem smislu, javno vodosnabdijevanje obuhvata poslove zahvatanja podzemnih ili površinskih voda za snabdijevanje stanovništva vodom, njihovo prečišćavanje do stepena zdravstvene ispravnosti i dovođenja do mjesta potrošnje i raspodjele korisnicima voda, ako je ukupna zahvaćena količina veća od 10m3 na dan (2).
Javni vodovodni sistem, odnosno njegovi podsistemi treba da posjeduju rezerve u kapacitetu, što znači da treba, da pokriju potrebe za vodom sljedećih 10-15 godina i da je omogućeno lahko proširenje kapaciteta za sljedećih 25-30godina (3).
Općina Konjic se vodom za piće snabdijeva na tri načina: gradski vodovod, lokalni vodovod i vodovodi koji su u nadležnosti mjesnih zajednica. Vodozahvati za vodovodne sisteme su u najvećem slučaju kaptirana prorodna izvorišta, dok se samo 5% vode osigurava crpljenjem iz bunara. Transport vode se u 90% slučajeva obavlja putem gravitacije, dok se ostatak transportuje potisnutim cijevima, odnosno uz pomoć pumpi. Zbog visine i položaja naselja (Repovica, Tuleg, Glavatičevo i Boračko jezero) voda se postupkom pumpanja transportuje do istih. Gradski vodovod ima 3138 priključaka i snadbijeva 15.500 stanovnika (4).
Općina Konjic je bogata podzemnim vodama. Karakterišu je brojna kraška vrela. Kao najznačajnija tri istraživana vrela mogu se izdvojiti: vrelo Ljuta, vrelo Krupac i vrelo Baščica. Ova vrela su kaptirana i služe za vodosnabdijevanje stanovništva i industrije u općini Konjic. U ocjeni prirodnih resursa nekog područja vodni potencijali imaju značajnu važnost. Kvantificiranje vode kao prirodnog resursa definira se vodnim bilansom, odnosno odnosom snabdjevanja (prinos, dotok) i potrošnje vode na nekom području. Komponenta snabdjevanja vodom se definiše kao zbir površinske vode lokalnih oborina, dotoka sa drugih područja i podzemne vode potrebne za punjenje akvifera. Pošto se voda, u principu, može upotrijebiti više puta, njena raspoloživost za ljudsku upotrebu ovisi o načinu korištenja i kvaliteti upravljanja vodnim resursima. Vodnim bilansom je utvrđeno kako je područje općine Konjic izrazito bogato vodom, a kvalitativne karakteristike govore kako se radi o vodnim tijelima I i II klase kvalitete. Kada je u pitanju ukupni bilans raspoloživih količina vode za područje općine, na osnovu godišnjih prinosa obnovljivih vodnih resursa, godišnjeg riječnog protoka i godišnjeg crpljenja vode, također se može zaključiti kako je općina Konjic veoma bogata vodom, gdje godišnji obnovljivi resursi iznose 11 352 960 m3(4). Glavni uzročnici smanjena kvalitete vode na prostoru općine Konjic su sanitarne i otpadne vode. Također, vode su ugrožene i erozivnim procesima koji se događaju na određenim područjima, koja su najčešće slabo obrasla šumom ili su ljudskim aktivnostima, neadekvatnom sječom šuma, izložena djelovanjima erozije.

2 METODE RADA

2.1. UZORAK ISPITANIKA

Za potrebe ovog istraživanja korišten je uzorak od 151 ispitanika, odnosno domaćinstava. Uzorak je bio podijeljen na četiri subuzoraka. Prilikom formiranja subuzoraka pratili smo geografski prostor općine Konjic. Područje Klisa su činili ispitanici (N=42) koji žive uz rijeku Neretvicu i ispitanici sa područja Buturović Polja, Seonice i Nevizdraka. Stanovnici koji žive na područja iznad grada Konjic, uzvodno uz rijeku Neretvu, činili su subuzorak Glavatičevo, Spiljani i Džajići (N=40). Ispitanici koji stanovali na području Podorašca i okolnih mjesta činili su subuzorak Podorašac (N=30) i ispitanici koji stanuju u Čelebićima i okolnim mjestima činili su subuzorak Čelebići (N=39).

2.2. UZORAK VARIJABLI

Uzorka varijabli činio je anketni listić koji se imao 10 pitanja, koja su se odnosila na: procjenu stavova o kvalitetu vodosnabdijevanja, kontinuiranosti vodosnabdijevanja, procjeni količine pitke vode, informisanosti o provedenim analizama kvaliteta vode, promjeni organoleptičkih svojstava vode i zdravstvenim tegobama koji se mogu povezati sa vodom.
Ispitanici su zaokruživali jedan od ponuđenih odgovora, dok su dva pitanja: „Koliko Vam je puta nestala voda u prošloj godini?“ i „Koji su uzroci nestanka vode?“ bili uslovljeni kod odgovaranja. Prilikom podjele anketnih listića uzimalo se u obzir da jedno domaćinstvo dobije jednu anketu.

2.3. METODE OBRADE PODATAKA

Analiza podataka je obrađena u statističkom softverskom paketu SPSS v19. S ciljem utvrđivanja razlika između subuzoraka ruralnih područja korišten je Kruskal –Wallis test. Za prihvatanje statističke značajnosti rezultata između subuzoraka koristio se nivo signifikantnosti nakon primjene Bonferonijeve korekcije kako bi se izbjegla greška I vrste (5).

3 REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

Razlike u rezultatima ankete između subuzoraka ruralnih utvrđivali smo Kruskall-Wallis testom. Prihvatanje statistički značajnih rezultata smo učinili nakon primjene Boneferonijeve korekcije, pa je tako statistički značajan rezultat p=0.008. Prikazani rezultati u tabeli broj 1 pokazuju razlike između ruralnih područja na odgovore u anketi. Na osnovu dobijenih rezultata uz korištenje Bonferonijeve korekcije utvrđene su razlike u varijablama: zadovoljstvo vodosnabdijevanjem ($\chi2$=21,04, sig=0,00), načinu vodosnabdijevanja ($\chi2$=17,26, sig=0,001), redukciji vode ($\chi2$=12,58, sig=0,006), uzroci nestanka vode ($\chi2$=26,78, sig=0,000), analizi vode ($\chi2$=26,78, sig=0,000), količini pitke vode ($\chi2$=13,84, sig=0,003), zaštita izvora vodosnabdijevanja ($\chi2$= 14,50, sig=0,002).

Tabela br.1: Rezultati Kruskal-Wallis testa ($\chi2$= hi kvadrat test; df= stepeni slobode; sig= statitička značajnost; AS Rang= prosječna vrijednost rangova)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
$\chi2$	21,04	17,26	12,58	10,27	26,78	23,96	13,84	14,50	3,84	3,57
df	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Sig.	,000	,001	,006	,016	,000	,000	,003	,002	,279	,312
AS Rang	56,33	73,96	63,83	78,07	56,72	86,36	84,57	89,12	67,95	72,01
	66,70	85,25	83,97	61,78	84,10	88,50	83,13	85,88	71,48	78,48
	83,85	83,00	83,34	54,66	73,23	72,88	74,33	65,75	81,14	79,11
	96,28	63,90	75,45	55,34	41,73	56,00	63,00	64,78	82,87	75,19

Legenda: A= kvalitet snabdijevanja; B= način snabdijevanja; C= redukcije vode; D= nestanak vode; E= uzroci nestanka; F=analiza vode; G= pitka voda; H= zaštita izvora vodosnabdijevanja; I= organoleptička svojstva; J= zdravstveni problemi zbog vode;

Tabela broj 2a. : Rezultati Posthoc analize rezultata u anketi između subuzoraka ruralnih područja (Diff. AS Rang razlike između prosječnih vrijednosti rangova i sig=značajnost)

Odgovori	Subuzorak	Diff AS Rang	sig
Kvalitet vodonsabdijevanja	Klis - Glavatičevo/ Spiljani/Džajići	-27,517	0,003
	Klis- Čelebići	-39,949	0,000
	Podorašac – Čelebići	-29,582	0,004
Način snabdijevanja	Čelebići - Glavatičevo/ Spiljani/Džajići	19,103	0,001
	Čelebići – Podorašac	21,353	0,000
Redukcije vode	Klis - Glavatičevo/ Spiljani/Džajići	-19,504	0,002
	Klis-Podorašac	-20,133	0,003

Uzroci nestanka	Čelebići - Glavatičevo/ Spiljani/Džajići	31,491	0,000
	Čelebići - Podorašac	42,366	0,000
	Klis - Podorašac	-27,378	0,002

Tabela broj 2b. : Rezultati Posthoc analize rezultata u anketi između subuzoraka ruralnih područja (Diff. AS Rang razlike između prosječnih vrijednosti rangova i sig=značajnost)

Odgovori	Subuzorak	Diff AS Rang	sig
Analiza vode	Čelebići - Klis	30,357	0,000
	Čelebići - Podorašac	32,50	0,000
Pitka voda	Čelebići - Podorašac	20,133	0,004
	Čelebići - Klis	21,571	0,001
Zaštita izvora vodosnabdijevanja	Čelebići - Klis	24,337	0,003
	Glavatičevo/ Spiljani/Džajići – Klis	23,369	0,004

Dobijeni rezultati posthoc analize prosječnih vrijednosti rangova između različitih ruralnih područja pokazuju da se u pojedinim odgovorima pojavljuju statistički značajne razlike. U daljoj analizi rezultat prikazat ćemo samo one za koje je utvrđena statistička značajnost nakon primjene Bonferonijeve korekcije. U provjeri razlika između odgovora na pitanje: „Koliko ste zadovoljni vodosnabdijevanjem?“ pojavile su se statistički značajne razlike između područja Klisa-Glavatičeva-Spiljani-Džajića (Diff AS Rang= - 27,517, sig=0,003), Klisa-Čelebića (Diff AS Rang= - 39,949, sig=0,000) i Podorašca-Čelebića (Diff AS Rang= -29,582, sig=0,004). Prema dobijenim rezultatima uočavamo da su stanovnici sa područja Klisa dali najmanje ocjene u zadovoljstvu kvalitetom vodosnabdijevanja. Razlog niskih ocjena proizilazi iz reljefa područja Klisa gdje je velik broj stanovnika nastanjen na većim visinama što otežava kvalitetno vodosnabdijevanje, kao i činjenici da su pojedina mjesta na području Klisa slabo naseljena zbog velikih migracija nakon rata što je i rezultiralo težem održavanju vodovodnih sistema. Pored gore navedenog uočavamo da velik broj stanovnika testiranih područja se bavi poljoprivredom i zbog nemogućnosti navodnjavanja poljoprivrednih dobara stanovnici su prinuđeni da koriste pitku vodu za navodnjavanje što značajno umanjuje količinu pitke vode. Utvrđivajući razlike između ruralnih područja utvrdili smo da se način vodosnabdijevanja stanovnika Čelebića razlikuje u odnosu na ispitanike područja Glavatičeva-Spiljani-Džajića (Diff.AS Rang=19,103; sig=0,001) i Podorašca (Diff. AS Rang=21,353; sig=0,000). Utvrđene razlike su rezultat činjenice da se značajan broj stanovnika Čelebića nalazi na gradskom sistemu vodosnabdijevanja kome je dodjeljena niža vriijednost kategorije u postavljenom pitanju. Procjenjujući razlike između subuzoraka u pitanju:„Da li imate redukcije u ljetnom periodu?“ utvrđeno je da se stanovnici područja Klisa statistički značajno razlikuju u odnosu na stanovnike sa područja Glavatičeva-Spiljani-Džajića (Diff.AS Rang=-19,504; sig=0,002) i Podorašca (Diff.AS Rang= -20,133; sig=0,003), odnosno da stanovnici Klisa imaju više pozitivnih odgovora na postavljeno pitanje.

Utvrđujući razlike između subuzoraka o uzrocima nestanka vode utvrđeno je da se stanovnici sa

područja Čelebića razlikuju od stanovnika sa područja Glavatičeva- Spiljani- Džajića (Diff.ASRang=31,491;sig=0,000) i Podorašca(Diff.AS Rang=42,366; sig=0,000). Razlike su nastale na osnovu činjenice da je odgovoru nedovoljne količine vode dodjeljena najveća vrijednost, a da su stanovnici sa područja Čelebića većinom navodili razlog nestanka kvar na vodovodnim cijevima ili popravka vodovodnog sistema. Statistički značajne razlike uzrocima nestanka vode su utvrđeni između stanovnika Klisa i Podorašca(Diff.AS Rang=-27,378; sig=0,002). Razlike između subuzoraka ruralnih područja na pitanje: „Koliko ste informisani da li stručne službe vrše analizu vode?“ utvrđeno je postojanje statistčki značajnih razlika između ispitanika Čelebića–Klisa(Diff.AS Rang=30,357; sig=0,000) i Čelebića i Podorašca (Diff.AS Rang=32,50; sig=0,000). Kontrola kvalitete vode u vodovodnim sistemima kojima gazduje JKP ViK vrši se prema sljedećem planu: svakodnevna kontrola rezidualnog hlora (ViK i HES) prema zakonskom zahtjevu,uzimanje uzoraka sa svih vodovodnih sistema ViK jednom u sedam dana i njihova bakteriološka kontrola – HES Konjic i hemijska analiza se obavlja tromjesečno – HES Konjic, dok se na ostalim vodovodnim sistemima vrše kontrole prema planu HES Konjic smatramo da bi stanovnici koji su korisnici lokalnog načina vodosnabdijevanja trebali da budu više informisani o navedenim aktivnostima(4).

Ispitanici Čelebića su više informisani u odnosu na ostala dva subuzorka. Na subjektivnu procjenu da li mjesto stanovanja ima dovoljnu količinu vode utvrđeno je da se statistčki značajno razlikuju stanovnici Čelebića u odnosu na stanovnike Podorašca (Diff.AS Rang=20,133; sig=0,004) i Klisa (Diff.AS Rang=21,571; sig=0,001). Stanovnici Čelebića su dali više potvrdnih odgovora u odnosu na dva navedena mjesta. Provjeravajući razlike u stavu da li je izvor vodosnabdijevanja zaštićen od eventualnih onečišćenja utvrđene su statistički značajne razlike između stanovnika Čelebića i Klisa (Diff.AS Rang=24,337; sig=0,003) i Glavatičeva-Spiljani-Džajića i područja Klisa (Diff.AS Rang=23,369; sig=0,004) u korist prvih navedenih uzoraka. Dobijeni rezultati su potvrdili da su stanovnici sa područja Klisa nedovoljno informisani u vezi sa navedenim pitanjem. Pozivajući se na propise koji proizilaze iz Zakona o vodama FBiH i odredbama Pravilnika propisano je da se zaštita izvorišta utvrđuje općim aktom nadležnog organa, kojim se propisuje ograničenje zaštitnih zona, te režim korištenja prostora na području zaštitnih zona, uključujući ograničenja i zabrane izvođenja određenih radova, izgradnje objekata i obavljanja aktivnosti kojima se mogu zagaditi vode izvorišta, a sve uvjetovano zatečenim hidrogeološkim i općim uslovima (4). Stoga je neophodno poduzeti mjere od strane nadležnih službi da se lokalni vodovodi zaštite od eventualnih onečišćenja jer je izuzetno veliki procenat ispitanika ruralnih područja koji su davali negativne odgovore na postavljeno pitanje a njihovi stavovi su se temeljili na činjenici da njihovi izvori vodosnabdijevanja nisu uopće zaštićeni i da je dozvoljen pristup području blizu izvorišta vode kako ljudima tako i životinjama.

Važno je istaći da nije vršena objektivna analiza iz vodovoda koja su obuhvaćena našim upitnikom a odnose se na uzroke nestanke vode, nestancima vode, promjeni organoleptičkih svojstava vode, količini potrošene vode što bi značajno doprinjelo sagledavanju cjelokupne problematike.

4 ZAKLJUČAK

Provedena anketa kojom smo procjenjivali ocjenu kvaliteta vodosnabdijevanja ruralnih područja općine Konjic je urađena na uzorku od 151 ispitanika. S ciljem utvrđivanja razlika u kvalitetu vodosnabdijevanja između ruralnih područja, cjelokupan uzorak smo podjelili na četri geografskih područja kako bi pokrili cjelokupno područje općine Konjic. Analizirajući razlike rezultata u odgovorima između ruralnih područja utvrdili smo postojanje statistički značajnih razlika u većini varijabli osim u varijablama uzrok nestanka vode, promjena u organoleptičkim svojstvima i zdravstvenim problemima koji se mogu dovest u vezu s vodom. Rezultati posthock analize gdje su se utvđivale statistički značajne razlike prosječnih vrijednosti rangova utvrdili smo da ne postoje razlike između svih ruralnih područja. Najčešće utvrđivane razlike su bile između područja Klisa i ostalih područja pri čemu su najlošije rezultate imali ispitanici sa područja Klisa, te s toga možemo konstatovati da isti imaju najlošiji kvalitet vodosnabdijevanja.

Na osnovu dobijenih rezultata smatramo da bi se kvalitet vodosnabdijevanja poboljšao ako bi se cjelokupna lokalna vodovodna mreža prebacila na nadzor i upravljanje od strane javnog preduzeća Vodovod i Kanalizacija Konjic koji bi redovito obavljali nadzor nad vodovodom u rualnim područjima. Kako je utvrđeno da područje Klisa ima najlošiji nivo vodosnabdijevanja potrebno je izvršiti stručnu analizu koja bi dovela do poboljšanja kvaliteta. Prema Lokalnom ekološkom akcionom planu općine Konjic dužina mreže sa dovodnim cijevima iznosi preko 117.000 metara, te je potrebno isplanirati i sprovesti mjere za smanjenje velikih gubitaka vode, do kojih sigurno dolazi u zonama gdje je vodovodna mreža i prateća oprema jako stara, ili je položena u terenima podložnim klizanju ili drugim nestabilnostima. S ciljem kvalitetnije informisanosti stanovništva o analizama kvaliteta vode bilo bi potrebno redovito obavještavanje stanovništva preko medija i društvenih mreža o provedenim analizama kvaliteta

vode i stanju istih. Kako nalaže Zakon o vodama (Sl. Novine FBiH 18/98) neophodno je definisanje uslova usaglašavanja prostornog razvoja općine s potrebom zaštite izvorišta podzemnih voda kako bi se izbjegle eventualne neželjene posljedice. Kako dobijeni rezultati pokazuju da ljudi nisu informisani da li je njihov izvor za vodosnabdijevanje zaštićen neophodno je određivanje granica zaštitnih zona u prostoru i aktivnosti dozvoljenih u njima i da je potrebno informisati stanovništvo o istom problemu. Nakon velikih oborinskih voda dolazi često do promjene organoleptičkih svojstava vode te je potrebno redovito obavještavanje stanovništva o mjerama koje je potrebno poduzeti da bi takva voda bila upotrebljiva za piće. I pored činjenice da pojedini ispitanici imaju problem sa vodosnabdijevanjem, pa čak i određena geografska područja važno je naglasiti na području općine Konjic nema učestalih slučajeva narušavanja ljudskog zdravlja koji se mogu dovesti u vezu s vodom.
Međutim, važno je naglasiti da je važna percepcija stanovništva, odnosno potrošača vode a da Vodovod i Općina treba da poduzmu odgovarajuće mjere i o svemu informišu građane.

LITERATURA

1. IZVJEŠĆE O ZDRAVSTVENOJ ISPRAVNOSTI VODE ZA PIĆE U DUBROVAČKO-NERETVANSKOJ ŽUPANIJI ZA 2013 GODINU. Dubrovnik, 2014;
2. ZAKON O VODAMA FEDERACIJE BOSNE I HERCEGOVINE. Agencija za vodno područje rijeke Save.
3. ZDRAVSTVENA ISPRAVNOST VODE ZA PIĆE NA PODRUČJU PRIMORSKO-GORANSKE ŽUPANIJE ZA 2012 GODINU. Nastavni Zavod za javno zdravstvo Primorsko-Goranske županije. Rijeka, 2013;
4. Općina Konjic: LOKALNI EKOLOŠKI AKCIONI PLAN OPĆINE KONJIC ZA PERIOD 2015-2020. Konjic (2016) (Internet) Dostupno na: https://www.google.com/search?q=leap+2015-2020&oq=le&aqs=chrome.1.69i57j69i59l2j69i61l2j69i60.3621j0j4&sourceid=chrome&ie=UTF-8 Pristupljeno: 26.04.2019
5. Pallant, J. SPSS PRIRUČNIK ZA PREŽIVLJAVANJE, 4 .izdanja. Beograd: Mikro knjiga. 2011;

ZAŠTITA OD PRECRPLJIVANJA IZVORIŠTA SPREČKO POLJE KOD TUZLE

PROTECTION AGAINST OVERPUMPING OF SOURCE SPREČKO POLJE NEAR TUZLA

Dr.sci. Vaso Novaković, dipl.ing.geol.
IPIN Institut, Bijeljina, Ul. Vidovdanska 48,
info@ipininstitut.com

Dr.sci. Izet Žigić, dipl.ing.geol.
Rudarsko-geološko-građevinski fakultet,
Tuzla,Univerzitetska 2
izet.zigic@untz.ba

Nikola Nikolić, mast.ing.geol.
IPIN Institut, Bijeljina, Ul. Vidovdanska 48,
info@ipininstitut.com

Dr.sci. Dinka Pašić-Škripić, dipl.ing.geol.
Rudarsko-geološko-građevinski fakultet,
Tuzla, Univerzitetska 2,
dinka.pasic@untz.ba

Sažetak: Zbog sve veće potrebe za vodom zadovoljavajućeg kvaliteta dolazi do intenzivnijeg, često nekontrolisanog korišćenja podzemne vode. Kao posledica toga dolazi do narušavanja prirodnih uslova, precrpiljivanja ali i smanjenja radnog vijeka bunara. Precrpljivanjem izdani dolazi do opadanja nivoa podzemne vode u izdani, a samim tim i na izvorištu, kao i ubrzanog opadanja kapaciteta bunara. Da bi se sprečio dalji trend precrpljivanja izvorišta, potrebno je obratiti pažnju na početne, trenutne i granične vrijednosti dinamičkog nivoa podzemne vode. Današnji propisi zaštite podzemnih voda odnose se uglavnom na sanitarnu zaštitu izvorišta, a zaštita količina odn. rezervi podzemne vode, gotovo da i nije regulisana. Iz tog razloga, ovaj rad nastoji pokazati važnost metodologije i pravilnog načina određivanja optimalnog kapaciteta bunara, te primjenu zaštite od precrpljivanja izdani na primjeru izvorišta Sprečko polje kod Tuzle.

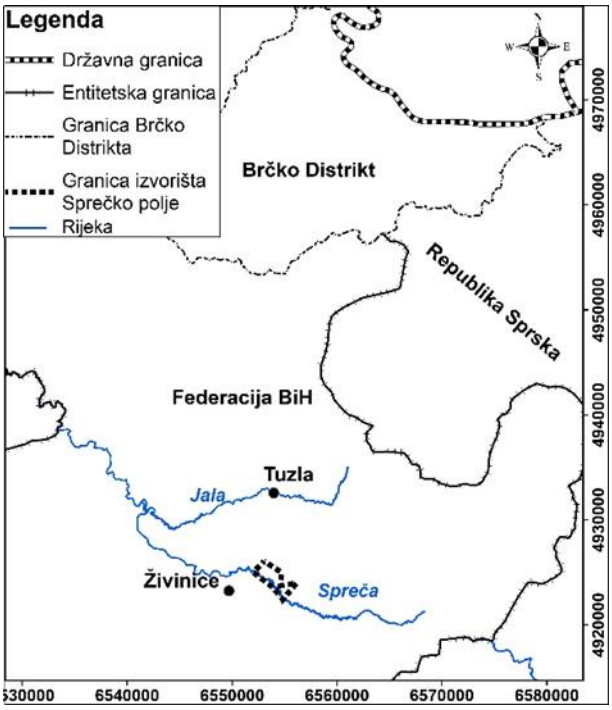
Ključne riječi: precrpljivanje izdani, zaštita, izvorište, Sprečko polje

Abstract: Due to the increasing need for satisfactory quality water, the uncontrolled use of groundwater is becoming more intensive and frequent. As a consequence, natural conditions are disturbed, the wells are overpumped and their lifespan is reduced. Overpumping of the aquifers leads to a decrease in the water table in the aquifer, and therefore at the water source. Furthermore, the capacity of the water wells is in an accelerated decline. In order to prevent a further trend of overpumping the water source, it is necessary to pay attention to the initial, current and limit values of the drawdown of water table. Today's groundwater protection regulations relate mainly to the sanitary protection of wells, while the protection of quantities, that is groundwater reserves, is almost unregulated. For this reason, this paper aims to show the importance of methodology and the proper way of determining the optimal capacity of water wells. The application of protection of overpumping aquifers is shown on the example of the Sprečko polje spring near Tuzla.

Key words: overpumping aquifers, protection, water source, Sprečko polje

UVOD

Izvorište Sprečko polje nalazi se u sjeveroistočnom dijelu Federacije BiH, pripada Tuzlanskom kantonu i locirano je na oko 8 km južno od Tuzle i 2 km sjeverno-istočno od Živinica (slika 1).



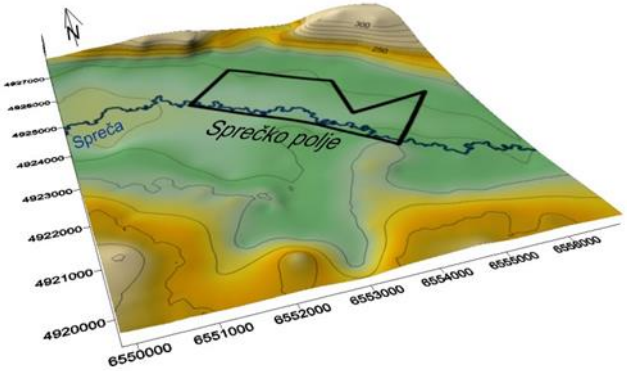
Slika 1: Pozicija izvorišta Sprečko polje

Područje izvorišta Sprečko polje locirano je u dolini rijeke Spreče koja predstavlja zatvorenu tektonsku depresiju. Nadmorska visina terena kreće se od 215 m.nm. pa do 230 m.nm, a sam prostor izvorišta ima odlike ravnice (slika 2).

U geološkoj građi šire okoline izvorišta Sprečko polje zastupljene su naslage neogena i kvartara. Za samo izvorište bitni su sedimenti pliokvartara i kvartara koji su predstavljeni pjeskovito-šljunkovitim i glinovitim naslagama. Njihov uticaj na hidrogeološke karakteristike terena je veoma različit u pogledu akumulativne sposobnosti i kretanja podzemnih voda. Pjeskovito-šljunkovite naslage imaju funkciju hidrogeološkog kolektora različite vodopropusnosti, dok glinovite naslage na prostoru izvorišta imaju funkciju hidrogeološkog izolatora. Na prostoru Sprečkog polja po dubini formirana su dva vodonosna sloja [1□.

Prva hidrogeološka istraživanja na širem prostoru izvorišta Sprečko polje započeta su krajem 50-ih godina dvadesetog vijeka. Istražni radovi izvedeni su za potrebe rudnika lignita „Kreka“ izvođenjem prvih pijezometarskih bušotina sa ciljem osmatranja nivoa podzemnih voda. Prva hidrogeološka istraživanja samog izvorišta Sprečko polje izvedena su 1968. godine [11□. Istražni radovi obuhvatili su izvođenje geofizičkih istraživanja, izvođenje istražnih

bušotina sa pratećim testiranjima i izradom fizičko-hemijskih analiza vode.



Slika 2: 3D prikaz površine terena područja izvorišta Sprečko polje

Sa izvođenjem bunara na izvorištu Sprečko polje za potrebe vodosnabdijevanja započeto je 1969. godine (EB-1, EB-2, EB-3 i EB-4). Bunari su izvedeni do dubine 50-60 m i zahvatili su I vodonosan sloj. Tokom 1978. godine izvedeno je probno testiranje bunara [9□, a sa eksploatacijom je početo 1985. godine [16□.

B.Miletović 1971. u svojoj Disertaciji iznosi da pliocenski i kvartarni gruboklastični sedimenti izgrađuju gornji dio terena Sprečkog polja, te da isti čine glavni kolektor podzemniih voda, i da se sa vodonepropusnim stijenskim masama smjenjuju bočno i vertikalno. Navodi da je akumulacija podzemnih voda najvećim dijelom formirana u akviferima zbijenog tipa (intergranularni tip poroznosti). U prirodnim uslovima prihranjivanje akumulacije podzemnih voda se vrši infiltracijom atmosferskih voda na obodu polja i infiltracijom vode rijeke Spreče. Oticaj podzemnih voda ograničen je visokom kotom erozionog bazisa (jezero Modrac), dok se vodozamjena vrši u gornjim dijelovima terena i svedena je na minimum [1□.

J. Josipović 1973. naglašava potrebu da sniženje nivoa podzemne vode, ostvareno crpljenjem na izvorištu Sprečko polje ne bi trebalo da bude veće od 30 m [11□.

Za potrebe zaštite postojećih bunara EB-1, EB-2, EB-3 i EB-4, R. Valjarević je 1985.g. izradio Projekat zaštitnih zona izvorišta u Sprečkom polju [16□.

Tokom 1986. godine izvedena su istraživanja na prostoru Malina i Bašigovaca [17□. Tom prilikom izvedena su geofizička ispitivanja, izvedeno je pet strukturno osmatračkih bušotina sa sa pratećim testiranjem na tri bušotine i uzorkovanjem podzemne vode za analizu.

U toku 1988. godine izvedeni su bunari EBZ-1, EBZ-2 i EBZ-3, koji su projektovani za potrebe

odvodnjavanja zapadnog odlagališta površinskog kopa „Dubrave“. Iste godine u sistem vodovoda su uključeni bunari EBZ-1 i EBZ-2 za koje je tom prilikom definisan njihov pojedinačni kapacitet 10-15 l/s (?). Njihovo uključenje u gradski vodovod je povećalo ukupni kapacitet izvorišta Sprečko polje sa 70 na 86 l/s [3□.

Istraživanjima sprovedenim 1988-1989. godine izvršena je analiza mogućnosti proširenja izvorišta. Dopunskim istražnim radovima izvedeno je pet istražno-opitnih bušotina, koje su kasnije osposobljene kao pijezometri.

Kao rezultat sprovedenih istraživanja dobijeni su podaci i predstavljeni u vidu karata izolinija debljine glinovitog pokrivača, debljine I vodonosnog sloja, debljina gline između I i II vodonosnog sloja, izolinije podine i povlate gline, kao i hidrogeoloških parametara. Pored karata dati su i proračuni određivanja rezervi podzemnih voda izradom hidrogeološkog modela. Prema rezultatima modelskih istraživanja [3□ utvrđeno je da se podina I vodonosnog sloja na prostoru na kome su izvedni bunari na izvorištu Sprečko polje nalazi u intervalu 160-166 m.nm, a podina drugog vodonosnog sloja na dubini oko 140 do 145 m.nm.

Tokom 1989. godine izvedeno je dva nova bunara, EB-6 do i EB-7 oba do dubine 96,0 m. Oba bunara su zahvatila I i II vodonosan sloj [3□.

Nakon izvedbe bunara EB-7, izvršena je izrada inoviranog matematičkog modela, izrađenog kao dvodimenzionalni model nestacionarnog toka, sa rijekom Sprečom kao granicom prihranjivanja. Izvršena je simulacija rada u tri varijante i to rada šest bunara kapacitetom 200 l/s, rada osam bunara kapacitetom 260 l/s i rada 11 bunara kapacitetom 360 l/s. Na kraju simulacije od godinu dana dobijeno je sniženje od 20 m u središtu sistema (na bunaru EB-4), dok je kvazistacionarno stanje uspostavljeno u toku ili nakon šest mjeseci rada. Kako nije provjeren uslov koji je postavljen za potrebe izrade modela, a to je da se obnavljanje izdani vrši doticajem iz rijeke Spreče, kao i iz pliocenskih pijeskova na sjeveru, usvojeno je da eksploatacioni kapacitet izvorišta bude 200 l/s [3□.

Za razliku od J. Josipovića, autori hidrogeološkog modela izdani u Sprečkom polju [3□ na osnovu podataka višegodišnjih osmatranja statičkog nivoa podzemne vode I vodonosnog sloja, iznose stav da dinamički nivo podzemne vode ne smije biti niže od 30 m dubine.

Rezultati modelskih istraživanja rezultirali su projektovanjem dva nova bunara EB-1/1 i EB-8 tokom 1992. godine. Zbog raznih dešavanja na prostoru BiH izveden je samo bunar EB-1/1 u martu 1992. godine [4□.

Bunar EB-1/1 izveden je 1992. godine do dubine od 100,0 m kao zamjenski bunar plićem bunaru EB-1. Istražnim radovima za potrebe izvođenja bunara EB-1/1 i njegovog testiranja [4□ utvrđen je statički nivo podzemne vode na dubini 4,45 m (izvorište nije radilo skoro dvije godine), te se nivo vode od oko 5 m može usvojiti kao statički nivo ovog izvorišta. Prilikom obrade podataka testiranja navodi se da je maksimalni kapacitet bunara EB-1/1 96,30 l/s, dok se optimalni kapacitet bunara preporučuje (?) Q = 67,0 l/s.

Tokom 1995. godine, sprovedenim aktivnostima JKP „Vodovod i kanalizacija“ Tuzla i humanitarne organizacije „Scottish European AID“, izvršena je sanacija izvorišta i izvođenje zamjenskog bunara EB-4/1 dubine do 100 metara. Probno crpljenje bunara izvedeno je 1995. godine [6□, i tom prilikom je usvojen nominalni (?) eksploatacioni kapacitet bunara Q = 35 l/s.

Bunar EB-3/1 izveden je avgusta 1999. godine do dubine od 101,0 m, kao zamjenski bunar plićem bunaru EB-3. Probno crpljenje bunara izvedeno je 2000. godine. U tekstu elaborata [5□ se navodi da je ugrađeni mjerač nivoa vode u bunaru bio neispravan, te se nisu mogli dobiti potpuni podaci za obradu. Uprkos tome dat je optimalni kapacitet bunara od Q = 40 l/s.

Bunar EB-2/1 izveden je maja 2000. godine do dubine od 86,0 m, kao zamjenski bunar plićem bunaru EB-2. Probno crpljenje bunara izvedeno je 2000. godine. Nivo podzemne vode izmjeren prije početka testiranja bio je na 26,60 metara. U tekstu elaborata se navodi da je optimalni kapacitet bunara tada iznosio Q = 35 l/s [8□.

Tokom 2000. godine izvedeno je naknadno probno crpljenje bunara EB-7 i tada je određeno da je optimalni kapacitet bunara Q = 63,4 l/s, a usvojeni nominalni (?) eksploatacioni kapacitet Q = 35 l/s [6□.

Bunar EB-6/1 izveden je početkom 2008. godine do dubine od 96,0 m, kao zamjenski bunar. U dostupnoj dokumentaciji se navodi da je zbog pjeskarenja u bunar naknadno ugrađena „dupla filterska konstrukcija“ manjeg prečnika [18□. Probno crpljenje bunara izvedeno je 2008. godine. Nivo podzemne vode izmjeren prije početka testiranja bio je na 9,70 m od vrha šahta. U tekstu dokumentacije [18□ se navodi da je očekivani kapacitet bunara sa maksimalno dozvoljenim dinamičkim sniženjem Q = 69 l/s. Iz primijenjenih kapaciteta pri kratkotrajnom testiranju bunara i ostvarenih sniženja se vidi da je već sa minimalnim kapacitetom od 3,3 l/s došlo do precrpljivanja bunara.

Tokom 2016. godine u okviru projektovanih hidrogeoloških istraživanja za potrebe izvođenja novih bunara izvedena su nova testiranja dostupnih bunara. Tom prilikom su testirani bunari koji su trenutno u funkciji, odnosno bunari EB-1/1 EB-2/1, EB-3/1 i EB-7 [6□. Prije testiranja bunara EB-7 izmjeren je kvazistatički nivo podzemne vode na 19,17 m od vrha bunarske cijevi. Crpljenje je vršeno kapacitetom od 29,3 l/s. Crpljenje je trajalo 70 minuta

i navodi se da je postignuto ustaljenje (?) nivoa podzemne vode na dubini od skoro 47,7 m, odnosno ostvareno je sniženje od 22,05 m [6. Sračunati specifični kapacitet pomoću datih podataka testiranja iznosi q = 2,03 l/s/m'. Na osnovu ovih podataka, a bez ikakvog sprovedenog proračuna, navodi se da kapacitet bunara EB-7 treba biti do Q = 35 l/s.

Prije početka testa bunara EB-1/1 izmjeren je kvazistatički nivo podzemne vode na 18,60 m od vrha bunarske cijevi. Crpljenje je trajalo 75 minuta kapacitetom 26,7 l/s i navodi se da je postignuto ustaljenje nivoa podzemne vode na dubini od skoro 48,0 m, odnosno ostvareno je sniženje od 29,4 metra. Određeni specifični kapacitet bunara dat od strane izvođača radova je q = 0,91 l/s/m'. Bez daljih proračuna dato je da kapacitet bunara EB-1/1 treba biti do Q = 20 l/s [6.

Testiranje bunara EB-3/1 urađeno je prema istom principu. Izmjeren je kvazistatički nivo podzemne vode na 25,72 m od vrha bunarske cijevi prije početka testiranja. Kapacitet testiranja iznosio je 29,3 l/s. Crpljenje je trajalo 60 minuta i postignuto je sniženje podzemne vode od oko 22 m, odnosno nivo vode je pao na 47,77 metra. Sračunat je specifični kapacitet od strane izvođača radova i iznosi q = 1,33 l/s/m'. Nakon ove konstatacije dato je da kapacitet bunara EB-3/1 treba redukovati na 25 l/s [6.

Prije testiranja bunara EB-2/1 izmjeren je kvazistatički nivo podzemne vode na 21,85 m od vrha bunarske cijevi. Kapacitet testiranja iznosio je 39,7 l/s. Crpljenje je trajalo 60 minuta i navodi se da je postignuto sniženje podzemne vode od oko 15,8 m, odnosno nivo vode je pao na 37,66 metra. Sračunati specifični kapacitet bunara je q = 2,53 l/s/m'. Kao rezultat ovog testiranja navodi se da kapacitet bunara EB-2/1 treba biti 35 l/s [6.

Ono što se može konstatovati je da rezultati proračuna specifičnog kapaciteta bunara od strane izvođača radova nisu validno sračunati, jer su izračunati na osnovu isuviše kratkotrajnog crpljenja. Ni na jednom od pomenuta četiri bunara prilikom crpljenja nije došlo do ustaljenja nivoa vode, niti je izvršena grafoanalitička obrada sa određivanjem prognoznog sniženja nivoa vode za projektovani radni vijek bunara (25 godina) za potrebe određivanja specifičnog, a samim tim i optimalnog kapaciteta bunara.

Tokom realizacije Glavnog projekta rekonstrukcije postojećih i projektovanja novih bunara na crpilištu Sprečko polje[6 i izvođenja detaljnih hidrogeoloških istraživanja od strane DOO IPIN iz Bijeljine urađena su četiri nova bunara, EB-4/2, EB-6/2, EB-8 i EB-9. Bunar EB-4/2 izveden je do dubine od 103,0 m, bunar EB-6/2 do dubine od 90,0 m, bunar EB-8 do dubine od 85,0 m, a bunar EB-9 do dubine od 87,0 metara. U ovom radu prezentirani su rezultati istraživanja na bunaru EB-4/2, na kome je izvršena razrada, ispiranje i testiranja bunara.

Prije početka testiranja bunara EB-4/2 izmjeren je kvazistatički nivo podzemne vode na 16,65 m od površine terena. Testiranje bunara izvedeno je u trajanju od sedam dana, odnosno 168 sati. Primjenjeni kapaciteti i vrijeme trajanja testiranja dati su u narednoj tabeli I [15.

Tokom testiranja bunara EB-4/2 prikazanim kapacitetima, sa postojećih bunara vršeno je uobičajno snabdijevanje vodom. Kapacitet izvorišta na početku testiranja bunara EB-4/2 iznosio je 93 l/s (3 stara bunara), dok je na kraju iznosio 114 l/s (4 stara bunara). Iz tog razloga izvršena je obrada podataka testiranja novog bunara EB-4/2 u paralelnom radu sa 4 postojeća bunara na izvorištu.

Tabela I: podaci testiranja bunara EB-4/2 na izvorištu Sprečko polje [8

Kapacitet crpljenja bunara EB-4/2 (l/s)	*Ostvareno sniženje nivoa podzemne vode na kraju opita crpljenja (m)*	*Vrijeme trajanja testiranja (h)*
11,1	*4,03*	*24*
21,8	*7,41*	*24*
35,5	*12,63*	*24*
40,5	*15,42*	*96*

Precrpljivanjem izdani može vrlo lako doći do obaranja nivoa podzemne vode, a samim tim i smanjenja kapaciteta bunara [14. Kako se često pri tome ne redukuje kapacitet bunara, dolazi do rasta hidrauličkog gradijenta, te povećanja brzina podzemnog toka. Kao posledica toga može doći i do bržeg transporta zagađujuće materije, te povećanja stepena zagađenja i opadanja kvaliteta podzemne vode [13. Na precrpljivanje izdani može uticati veliki broj faktora, od kojih je najznačajniji antropogeni faktor.

Cilj ovog rada je da kroz prikaz pravilne obrade podataka testiranja bunara prikaže pravilnu metodologiju određivanja optimalnog kapaciteta bunara, kako bi se sprečio dalji trend precrpljivanja izvorišta, U tom smislu potrebno je obratiti pažnju na početne, trenutne i granične vrijednosti dinamičkog nivoa podzemne vode. Današnji propisi zaštite podzemnih voda odnose se uglavnom na sanitarnu zaštitu izvorišta, a zaštita količina odnosno rezervi podzemne vode, gotovo da i nije regulisana. Iz tog razloga, ovaj rad nastoji pokazati važnost metodologije i pravilnog načina određivanja optimalnog kapaciteta bunara, te primjenu zaštite od precrpljivanja izdani na primjeru izvorišta Sprečko polje kod Tuzle.

1 METODE ISTRAŽIVANJA

Autori ovog rada su koristeći opšte prihvaćene metode određivanja dozvoljenog sniženja, specifičnog kapaciteta i optimalnog kapaciteta

bunara, te na osnovu višegodišnjeg iskustva, dali primjer pravilnog određivanja optimalnog kapaciteta bunara. Prilikom obrade podataka testiranja zamjenskog bunara EB-4/2, ali i testiranja provedenih 2019. godine, urađena je grafoanalitička obrada podataka testiranja.

Prvi korak prilikom obrade podataka testiranja je formiranje grafika na kojem je prikazano sniženje u funkciji vremena prema slijedećoj formuli [13□ [7□:

S=f(log⁡(t)) (1)
gdje je:
S – sniženje nivoa vode (m) - omogućava očitanje karakterističnog sniženja nakon 25 godina eksploatacije, koliki je i radni vijek bunara
t – dužina trajanja crpljenja (min).

Formiranjem grafika prema formuli (1) dobija se prognozno sniženje nivoa vode pri testiranom kapacitetu crpljenja bunara [13□ [7□. Tek po dobijanju prognoznog sniženja za period od 25 godina moguće je sračunati specifični kapacitet bunara prema slijedećoj formuli:

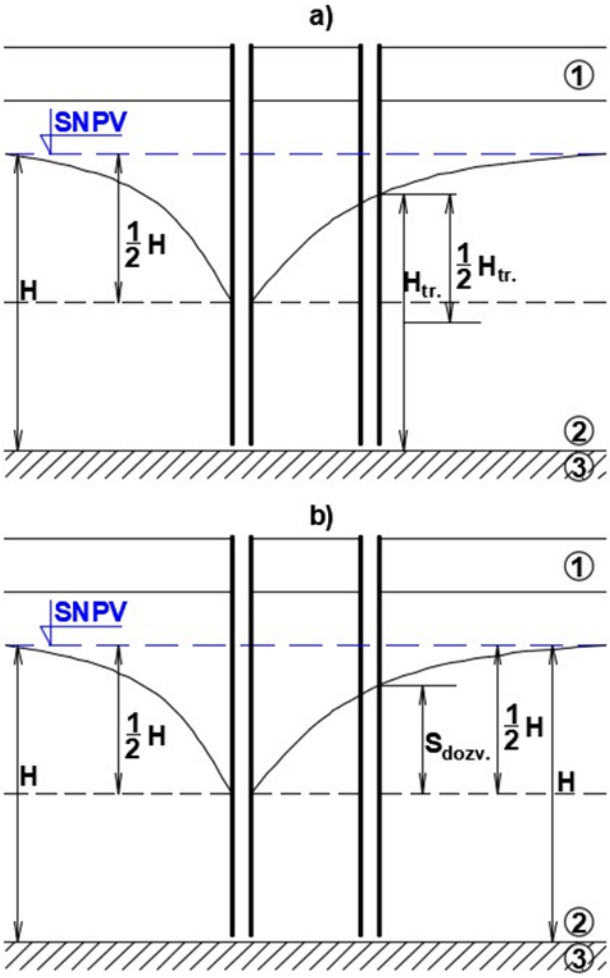
q=Q/S (2)
gdje je:
q – specifični kapacitet bunara (l/s/m')
Q – primijenjeni kapacitet crpljenja (l/s)
S – prognozno sniženje bunara nakon 25 godina eksploatacije (m).

Nakon određivanja specifičnog kapaciteta bunara (2) može se pristupiti proračunu optimalnog kapaciteta bunara [7□. Optimalni kapacitet bunara računa se prema slijedećoj formuli:

Q_opt=⁡〖q x S〗_doz (3)
Gdje je:
Qopt – optimalni kapacitet bunara (l/s)
q – specifični kapacitet bunara (l/s/m')
Sdoz – dozvoljeno sniženje nivoa podzemne vode (m).

Imajući u vidu da zavisnost S=f(q) nije linearna, po određivanju specifičnog kapaciteta za svaki primijenjeni kapacitet crpljenja, uputno bi bilo konstruisati dijagram S=f(q) sa kojeg se za dozvoljeno sniženje može očitati specifični kapacitet i na osnovu njega izračunati optimalni kapacitet bunara.
Sličan rezultat specifičnog kapaciteta se dobija i analizom zavisnosti S=f(Q), ukoliko se računa sa vrijednostima sniženja za projektovani period crpljenja od 25 godina.
Za potrebe određivanja dozvoljenog sniženja nivoa podzemne vode, u praksi se koriste dva slučaja [7□, od kojih jedan vodi ka precrpljivanju izdani.

Ukoliko je ostvarena direktna hidraulička veza sa stalnim izvorom prihranjivanja dozvoljeno je sniženje 1/2H odnosno do polovine zavodnjenog dijela vodonosnog sloja. U slučaju da nije ostvarena direktna hidraulička veza sa stalnim izvorom prihranjivanja izdani, dozvoljeno je obaranje do 1/3H zavodnjenog dijela vodonosnog sloja [12□ [2□.
Često se u praksi prilikom određivanja pravi greška da se dozvoljeno sniženje računa od kvazistatičkog, a ne od statičkog nivoa. Na taj način se u rezultatu dobija uvećano sniženje nivoa podzemne vode, veće od dozvoljenog sniženja, što u tom slučaju vodi ka precrpljivanju izdani (slika 3a).
Sa slike se jasno može vidjeti da je potrebno uvijek određivati dozvoljeno sniženje od statičkog nivoa podzemne vode (slika 3b), a ne od kvazistatičkog (slika 3a) koji je ostvaren crpljenjem prethodno izvedenih bunara. Na taj način se izbjegava obaranje nivoa ispod maksimalno dozvoljenog, da ne bi dolazilo do precrpljivanja izdani.



Slika 3: Prikaz određivanja dozvoljenog sniženja nivoa podzemne vode; a) pogrešan način; b) pravilan način
Legenda: 1 – povlatni sloj; 2 – vodonosni sloj; 3 – podinski sloj; H – zavodnjeni dio vodonosnog sloja prije početka eksploatacije; Htr – zavodnjeni sloj u datom trenutku eksploatacije; 1/2H – polovina zavodnjenog sloja; 1/2Htr –

polovina zavodnjenog sloja u datom trenutku; Sdozv – dozvoljeno sniženje vodonosnog sloja

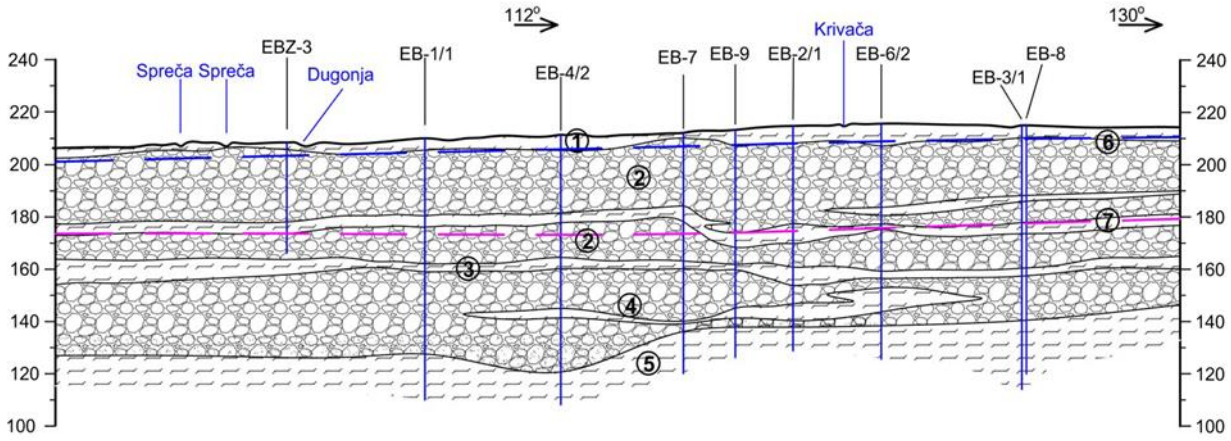
I drugi neprimjereni kriteriji za određivanje dozvoljenog sniženja nivoa podzemne vode, koji se mogu naći u elaboratima o izvedenim bunarima, kao što su „dva metra iznad usisne korpe pumpe“ i „iznad gornje ivice filtera“ su zasnovani na proizvoljnim vrijednostima i ne daju nikakvu zaštitu od precrpljivanja izdani.

2 REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

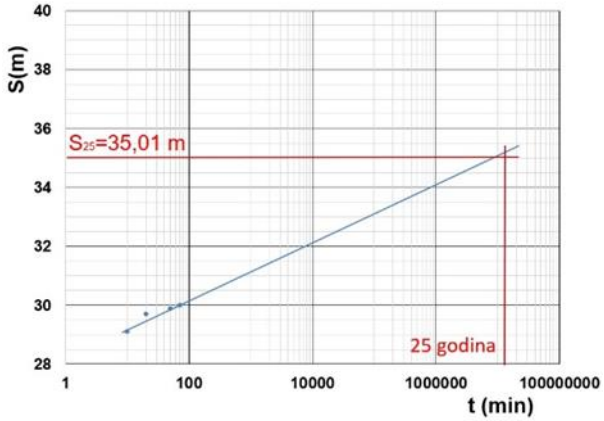
Kao rezultat sistematizacije dostupnih i novih podataka, za potrebe ovog rada, urađen je presjek izvorišta Sprečko polje (slika 4).
Imajući u vidu da je rijeka Spreča na ovom izvorištu označena kao stalna granica prihranjivanja, ima osnova da se primjenjuje kriterij dozvoljenog sniženja od 1/2H (visine zavodnjenog dijela vodonosnog sloja). U ovom slučaju, gdje se podina drugog vodonosnog sloja nalazi na 140 do 145 m.nm. a da je statički nivo na oko 210 m.nm. to proizilazi da je dozvoljeno sniženje 1/2H odnosno oko 32,5 metra. U tom smislu smo bliži kriteriju koji je postavio J. Josipović 1973.g. da je maksimalno dozvoljeno sniženje na izvorištu Sprečko polje 30 metara.
U nastavku teksta dati su rezultati obrade podataka testiranja novog bunara EB-4/2 i testiranja sprovedenih 2016. godine sa primjenom prikazanih metoda u poglavlju 2 u skladu sa podacima iznetim do sada.

2.1. OBRADA PODATAKA IZVEDENIH TESTIRANJA 2016. GODINE CRPLJENJEM PRETHODNO IZVEDENIH BUNARA

Kako je već navedeno u Uvodu rada, prilikom obrade podataka testiranja bunara iz 2016. godine nije izvršena grafoanalitička obrada sa određivanjem prognoznog sniženja nivoa vode za projektovani radni vijek bunara od 25 godina. Također testiranje je trajalo isuviše kratko da bi se ostvareno sniženje koristilo za proračun specifičnog i optimalnog kapaciteta bunara. Isto tako pri proračunu optimalnog kapaciteta nije uzimano dozvoljeno sniženje kako je prikazano u poglavlju 1, već se najčešće uzimala vrijednost sniženja nivoa vode do 2m iznad gornje ivice filtera ili neka druga proizvoljna vrijednost, što nije ispravno. Iz tog razloga, autori ovog rada su obradili podatke testiranja bunara provedene 2016. godine prema metodologiji prikazanoj u poglavlju 1. i iznijeli rezultate u nastavku.
Prije početka testiranja bunara EB-1/1 izmjeren je kvazistatički nivo vode na 18,60 metara. Primjenom metodologije proračuna dozvoljenog sniženja, a računajući na dozvoljeno sniženje nivoa vode do 35,0 m dobija se da dozvoljeno sniženje nivoa vode na ovom bunaru iznosi 16,4 metara.
Grafoanalitičkom obradom podataka testiranja bunara (slika 4) dobijeno je prognozno sniženje nivoa podzemne vode od 35,01 m za kapacitet crpljenja 26,7 l/s.



Slika 4: Hidrogeološki presjek terena izvorišta Sprečko polje
Legenda: 1 – Povlatne gline; 2 – I vodonosni sloj; 3 – Granica između I i II vodonosnog sloja predstavjena glinama; 4 – II vodonosni sloj – pjeskovito-šljunkoviti sedimenti; 5 – Podinske gline; 6 – Statički nivo podzemne vode; 7 – Dozvoljeni dinamički nivo podzemne vode



Slika 4: Dijagram S=f(log t) testiranja bunara EB-1/1 kapacitetom crpljenja 26,7 l/s

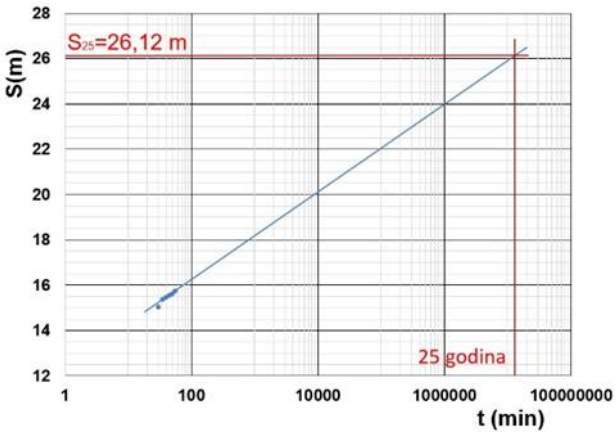
Ako bi se nastavilo crpljenje kapacitetom 26,7 l/s za period od 25 godina nivo podzemne vode bi opao na više od 50,0 m od površine terena, što je daleko ispod dozvoljenog sniženja. Iz tog razloga je potrebno pravilno sračunati optimalni kapacitet bunara.

Primjenom formule 2 dobijen je specifični kapacitet bunara EB-1/1 q = 0,76 l/s/m'. Daljim proračunom i primjenom formule 3 dobija se optimalni kapacitet bunara:

Qopt = 16,4 m x 0,76 l/s/m' = 12,5 l/s

Dobijeni rezultat optimalnog kapaciteta bunara od 12,5 l/s je daleko manji od 20 l/s koliko se daje u dokumentaciji, te je jasno da dolazi do precrpljivanja. Istim principom urađen je proračun i za bunare EB-2/1 i EB-3/1. Za bunar EB-7 nije bila moguća obrada podataka i proračun optimalnog kapaciteta zbog nepouzdanih mjerenja uslijed prekida elektro napajanja tokom crpljenja.

Za potrebe proračuna optimalnog kapaciteta bunara EB-2/1 sračunato je dozvoljeno sniženje nivoa podzemne vode od 13,15 m (kvazistatički nivo prije početka testiranja na 21,85 metra). Grafoanalitičkom obradom podataka testiranja bunara (slika 5) dobijeno je prognozno sniženje nivoa podzemne vode od 26,12 m za kapacitet crpljenja 39,7 l/s.

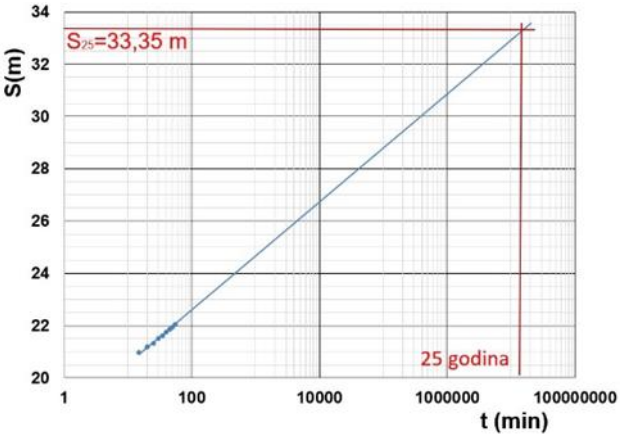


Slika 5: Dijagram S=f(log t) testiranja bunara EB-2/1 kapacitetom crpljenja 39,7 l/s

Ako bi se nastavilo crpljenje kapacitetom 39,7 l/s za period od 25 godina nivo podzemne vode bi opao na skoro 50,0 m od površine terena. Iz tog razloga je potrebno pravilno sračunati optimalni kapacitet bunara. Primjenom formule 2 dobijen je specifični kapacitet bunara EB-2/1 q = 1,52 l/s/m'. Dalje primjenom formule 3 dobija se optimalni kapacitet bunara:

Qopt = 13,15 m x 1,52 l/s/m' = 20,0 l/s

Dobijeni rezultat optimalnog kapaciteta bunara od 20,0 l/s je manji od 35 l/s koliko se daje u dokumentaciji. Proračun optimalnog kapaciteta bunara EB-3/1 sračunat je za dozvoljeno sniženje nivoa podzemne vode od 9,28 m (kvazistatički nivo prije početka testiranja na 25,72 m). Grafoanalitičkom obradom podataka testiranja bunara (slika 6) dobijeno je prognozno sniženje nivoa podzemne vode od 33,35 m za kapacitet crpljenja 29,3 l/s. Ako bi se nastavilo crpljenje kapacitetom 29,3 l/s za period od 25 godina nivo podzemne vode bi opao na skoro 60,0 m od površine terena. Da bi se sprečilo precrpljivanje i ovog bunara sračunat je specifični i optimalni kapacitet bunara.



Slika 6: Dijagram S=f(log t) testiranja bunara EB-3/1 kapacitetom crpljenja 29,3 l/s

Primjenom formule 2 dobijen je specifični kapacitet bunara EB-3/1 q = 0,88 l/s/m'. Dalje primjenom formule 3 dobija se optimalni kapacitet bunara:

Qopt = 9,28 m x 0,88 l/s/m' = 8,2 l/s

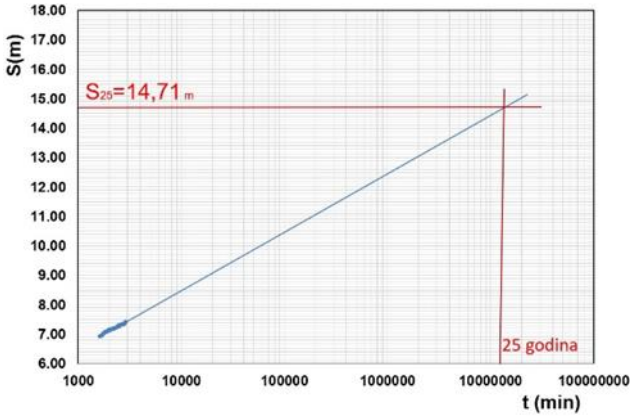
Dobijeni rezultat optimalnog kapaciteta bunara od 8,2 l/s je manji od 25 l/s koliko se daje u dokumentaciji.
Iz iznijetih rezultata obrade podataka testiranja bunara provedenih 2016. godine jasno se vidi da postoji precrpljivanje bunara na izvorištu Sprečko polje, što se uočava i iz sniženja nivoa podzemne vode koje ide daleko ispod maksimalno dozvoljenog sniženja. Da bi se u budućnosti spriječio ovaj trend, potrebno je redukovati kapacitete bunara na količine koje su prikazane proračunom optimalnog kapaciteta bunara ili izvesti snimanje i fizičko-hemijsku revitalizaciju bunara i njihovo ponovno testiranje nakon revitalizacije. Da bi se tačnije odredio optimalni kapacitet bunara potrebno je sprovesti dugotrajno testiranje bunara radi dobijanja reprezentativnijih podataka.

2.2. OBRADA PODATAKA TESTIRANJA ZAMJENSKOG BUNARA EB-4/2

Kako je već rečeno u Uvodu ovog rada, nivo podzemne vode prije početka bunara izmjeren je na 16,65 m od površine terena. Iz ove konstatacije se vidi da je nivo već snižen za oko 11,5 m od statičkog nivoa vode na ovom izvorištu zbog crpljenja starih, odnosno prethodno izvedenih bunara. U ovom slučaju dozvoljeno sniženje na lokaciji bunara EB-4/2 u datim hidrološkim uslovima bi bilo:

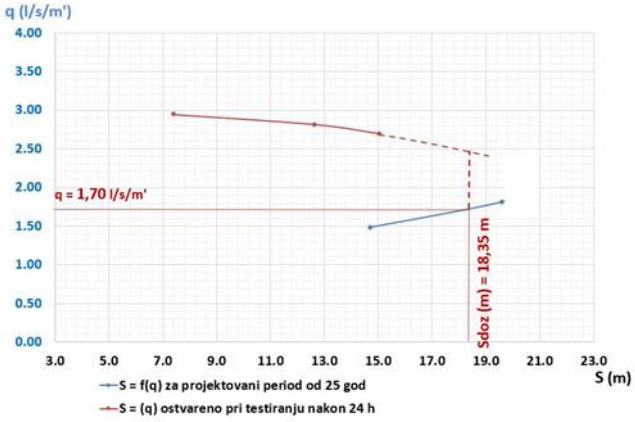
Sdoz=35,0–16,65=18,35 m

Iz tog razloga se može usvojiti da dozvoljeno sniženje nivoa podzemne vode na bunaru EB-4/2 u trenutnim hidrološkim uslovima i pri spregnutom radu prethodno izvedena četiri bunara na izvorištu u Sprečkom polju ne bi smjelo biti veće od 18,35 metara.
Na narednoj slici je dat prikaz grafoanalitičke obrade podataka testiranja radi određivanja specifičnog kapaciteta bunara EB-4/2, pri kapacitetu crpljenja 21,8 l/s.



Slika 7: Dijagram S=f(log t) testiranja bunara EB-4/2 kapacitetom crpljenja 21,8 l/s

Na osnovu formiranih dijagrama S=f(log t), za svaki primijenjeni kapacitet crpljenja pri testiranju bunara, za projektovani period rada bunara od 25 godina i utvrđenih specifičnih kapaciteta bunara, formiran je dijagram S=f(q) sa koga se za dato dozvoljeno sniženje očitava specifični kapacitet bunara (slika 8). Pored toga, na dijagramu je data i linija specifičnog kapaciteta bunara, koja se dobije proračunom na osnovu ostvarenog sniženja nakon 24 sata crpljenja pri testiranju bunara.



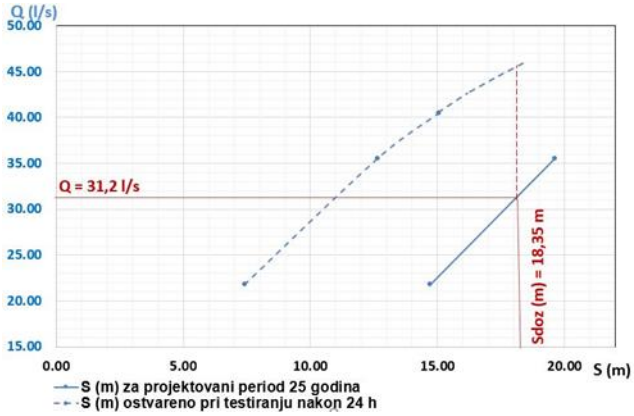
Slika 8: Dijagram S=f(q) bunara EB-4/2

Sa dijagrama na slici 8. se može videti da specifični kapacitet bunara za dozvoljeno sniženje od 18,35 m iznosi q = 1,70 l/s/m'. Samim tim, optimalni kapacitet bunara EB-4/2, u paralelnom radu sa ostalih četiri bunara na izvorištu Sprečko polje, koji su istovremeno crpljeni zbirnim kapacitetom od 114 l/s iznosi:

Qopt = q x Spr = 18,35 x 1,70 m ≈ 31,2 l/s

Isto tako sa slike se može vidjeti da bi specifični kapacitet bunara u slučaju da se računa na bazi ostvarenog sniženja nakon 24 h testiranja, bio oko q = 2,48 l/s/m', čime bi optimalni kapacitet iznosio

Qopt = 2,48 x 18,35 = 45,5 l/s ili za skoro 50 % veći od stvarnog.
Potvrda toga vidi se i na slici 9, gdje je prikazan dijagram S=f(Q), sa koga se takođe može vidjeti da je optimalni kapacitet bunara 31,2 l/s, dok kapacitet sračunat prema sniženjima ostvarenim nakon 24 h iznosi 45,5 l/s.



Slika 9: Dijagram S=f(Q) bunara EB-4/2

Crpljenjem bunara EB-4/2 kapacitetom od 31,2 l/s obezbjeđuje se da dinamički nivo podzemne vode ne padne ispod 35,0 m od površine terena, odnosno da sniženje nivoa podzemne vode ne bude veće od 30m, te se na taj način vrši i zaštita od precrpljivanja izvorišta Sprečko polje.

ZAKLJUČAK

U ovom radu je izvršena analiza i obrada podataka testiranja aktivnih bunara na prostoru Sprečkog polja sprovedenog 2016. godine i upoređivanje rezultata sa rezultatima prethodnih obrada podataka testiranja bunara. Upoređivanjem rezultata dobijenih obradom podataka od strane autora rada i rezultata datih 2016. godine, jasno se vidi da su optimalni kapaciteti aktivnih bunara na izvorištu Sprečko polje predimenzionisani, te da su bunari crpljeni većim kapacitetima od optimalnih.
Razlike kapaciteta određenih 2016. godine bez odgovarajuće analitičke obrade rezultata testiranja i kapaciteta bunara, određenih 2019. godine prema metodologiji prikazanoj u poglavlju 1. su značajne, odnosno kapacitet bunara EB-1/1 nije 20 l/s kako je dato, već 12,5 l/s, bunara EB-2/1 nije 35 l/s, nego 20,0 l/s, dok bunara EB-3/1 iznosi 8,2 l/s, a ne 25 l/s. Za bunar EB-7 nije bilo reprezentativnih podataka za proračun, te ista uporedba nije mogla biti urađena. Prilikom kratkotrajnog testiranja bunara izvedenog 2016. godine je dolazilo do precrpljivanja izvorišta.
Da bi se to spriječilo u budućnosti, treba sprovesti dugotrajno testiranje svih bunara izvorišta Sprečko polje u spregnutom odnosno istovremenom radu i odrediti optimalne kapacitete bunara. Ukoliko se ne provede testiranje bunara u spregnutom radu, neophodno bi bilo izvesti modelska ispitivanja sa istim ciljem.
Na zamjenskom bunaru EB-4/2 izvedenog 2019. godine u ovom radu je izvršena obrada podataka testiranja sa ciljem određivanja optimalnog kapaciteta bunara. Prema istoj metodologiji, kao što je izvršena obrada podataka testiranja postojećih bunara iz 2016. godine, određen je optimalni kapacitet bunara EB-4/2 od Qopt=31,2 l/s. Pri ovom kapacitetu se obezbjeđuje da dinamički nivo podzemne vode ne padne ispod 35,0 m od površine terena. Ukoliko bi se ostvarilo sniženje nivoa vode na većoj dubini od 35 m došlo bi do precrpljivanja izdani u zoni izvorišta Sprečko polje, što treba spriječiti optimalizacijom kapaciteta crpljenja bunara.

LITERATURA

[1] B. Miletović, Dinamika podzemnih voda doline Spreče u uslovima intenzivne eksploatacije bušenim bunarima, Doktorska disertacija, Tuzla, 1971.
[2] B. Misstear, D. Banks, L. Clark, Water wells and boreholes, John Wiley and sons Ltd, Chichester, 2006.
[3] Đ. Ostojić i saradnici, Studija podzemnih voda Sprečkog polja, Zavod za hidrotehniku građevinskog fakulteta u Sarajevu, Sarajevo, 1990.
[4] E. Oruč i saradnici, Elaborat eksploatacionog bunara EB-1/1 u Sprečkom polju, Geotehnika-Tuzla, Tuzla, 1996.
[5] E. Oruč i saradnici, Elaborat eksploatacionog bunara EB-3/1 izvorišta „Sprečko polje“, Rudarski institut Tuzla, Tuzla, 2000.
[6] E. Alić i saradnici, Glavni projekat rekonstrukcije postojećih i projektovanja novih bunara na crpilištu „Sprečko polje“ – hidrogeološki dio, Zavod za vodoprivredu dd, Tuzla, 2016.
[7] F. Driscoll, Groundwater and wells, second edition, Johnson Screens, Minnesota, 2013.
[8] I. Jahić i saradnici, Elaborat izvedbe bunara EB-2/1 izvorišta „Sprečko polje“, Geoing-BH, Tuzla, 2000.
[9] I. Vojić i saradnici, Elaborat o crpljenju bunara u Sprečkom polju (vodovod Tuzla), Geotehnika, Zagreb, 1979.
[10] I. Žigić., D. Pašić-Škripić, Studija karakteri-zacije podzemnih voda sliva rijeke Save, na teritoriji FBiH, Zavod za vodoprivredu, 2009. Sarajevo
[11] J. Josipović i saradnici, Rezultati hidrogeoloških istraživanja za vodosnabdijevanje grada Tuzle – završni elaborat, Zavod za geološka i geofizička istraživanja Beograd – Institut za hidrogeološka i geotehnička istraživanja, Beograd, 1973.
[12] J. Delleur i ostali, The handbook of groundwater engineering, School of Civil Engineering, Purde University, Indiana, 1999.
[13] N. Ahmed i ostali, Hydraulics of well, American Society of Civil Engineers, Virginia, 2014.

[14] V. Novaković, N. Nikolić, R. Grujić, Zaštita izvorišta podzemnih voda, Feljton DOO, Novi Sad, 2018.
[15] V. Novaković i saradnici, Elaborat o izvedenom bunaru EB-4/2 na crpilištu „Sprečko polje za potrebe vodosnabdijevanja grada Tuzle, DOO IPIN, Bijeljina, 2019
[16] R. Valjarević i saradnici, Projekat zona izvorišta (bunara) u Sprečkom polju, RGF, Tuzla, 1985.
[17] R. Valjarević i saradnici, Elaborat o izvedenim hidrogeološkim radovima na području Malina u Sprečkom polju, RGF, Tuzla, 1986.
[18] Z. Kapetanović, Elaborat izvedbe bunara EB-6/1 „Sprečko polje“ Živinice, Geoprojekt, Tuzla, 2008.

PILOT VERIFIKACIJA POTENCIJALNIH TEHNOLOGIJA TRETMANA MULJA U BIH

PILOT VERIFICATION OF POTENTIAL TECHNOLOGIES FOR SLUDGE TREATMENT IN BIH

Ms. Maja Čolović-Daul, grad.phys.
Dekonta, a.s. Volutová 2523, 158 00 Prague,
Czech Republic
e-mail: maja.colovic@dekonta.cz

Mr. Michal Šereš, (MSc.)
Dekonta, a.s., Dřetovice 109, 273 42,
Stehelčeves, Czech Republic
e-mail: michal.seres@dekonta.cz

Sažetak: U okviru ovog rada su predstavljeni rezultati primjenjivosti metoda tretmana mulja za dvije studije slučaja u BiH. Analizirani su muljevi iz gradskog postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda – Slučaj PPOV1 i mulj iz postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda produkcije pića – Slučaj PPOV2. Laboratorijsko testiranje metoda tretmana kompostiranjam, biosušenjam i solidifikacijom /stabilizacijom izvršeno je na uzorku od 15kg mulja ukupno. Dobiveni rezultati dali su ulazne podatke za uvećanje nivoa tretmana na nivo pilota sa količinom mulja do 300kg. Predložene metode zasnovane su na krajnjoj destinaciji zbrinjavanja mulja što podrazumjeva korištenje kao đubrivo, gorivo ili revitalizirajući materijal. Rezultati su pokazali da sve tri metode osiguravaju djelimičnu do totalnu higijenizaciju, povećanje sadržaja suhe materije (od ~10 – 18 % do 65 - 85%) i stabilizaciju teških metala do nivoa ispod graničnih vrijednosti u testovima procjednih voda.

Ključne riječi: mulj, PPOV, tretman, kompostiranje, biosušenje, solidifikacija / stabilizacija

Abstract: Within this work are presented results of applicability of sludge treatment methods for the two case studies in BiH. Analysed are sludges from municipal Waste water treatment plant – Case WWTP1 and sludge from the beverage production WWTP – Case WWTP 2. Laboratory testing of composting, biodrying and solidification/stabilisation treatment methods is performed on samples of 15kg of sludge in total. Results obtained gave input information for scaling up of the treatment levels on the level of pilots with sludge amounts up to 300kg. Suggested methods are based on the destination of the final handling which means use as a fertilizer, fuel or revitalization material. Results showed that all three methods ensures partial or total sludge hygienisation, increase of dry matter content (from ~10 – 18 % to 65 - 85%) and stabilisation of heavy metals to the levels below limits in leachate tests.

Key words: sludge, wastewater treatment plant, treatment, composting, biodrying, solidification/stabilisation

1 INTRODUCTION

Sewage Sludge Directive[1] prohibits the use of untreated sludge on agricultural land unless it is injected or incorporated into the soil. In Finland, sludge must be treated by digestion or lime stabilization before being used in agriculture. In the case of Denmark even stabilized sludge has to be worked into the soil within 12 hours after application[2]. In France, Ireland, Luxembourg, Sweden, the legislation permits the use of untreated sludge, in accordance with the Directive.

Responsibilities for the environment protection, as well as for the waste management and treatment including the sludge, in BiH is regulated at entity levels by responsible ministries of environment protection and ministers of agriculture.

Although the sewage sludge directive prescribes different final uses of the sludge, national law does not prescribe any other usage of the treated waste except in agricultural purposes. Moreover there are no specific regulation in country on the disposal of sludge on landfills. Disposal of the sludge from municipal or industrial waste water treatment facilities is to be accepted by the landfill in accordance with the landfill operator policy. In general, if determined as non-hazardous sludge can be disposed on the non-hazardous landfill. There are no hazardous and/or inert landfills in the country. Most of the municipal non-hazardous landfills in BiH do not have specific requirements in accordance with the Directive on landfills, i.e. do not have set limit values of the sludge leakage pollution parameters concentrations. In the case of thermal oxidation of sludge or use as a resource in construction or cement kilns there are no special national regulations.

Currently sludge treatment and final disposal destinations are not clear in BiH. Many industries, but especially municipal Waste Water Treatment Plants face the problem of sludge treatment and final handling. Until now, there were no Studies specifically based on the sludge characteristics, just those referring to the total amount of produced sludge. With numerous WWTPs in BiH being constructed or reconstructed, covering up to 35% of population with wastewater treatment[3] final handling of the sludge became urging problem in the country. It is calculated that one person produces about 50 g of dry matter of sludge [1]. This is resulting in very high production of the wastewater treatment sludge that must be treated by some safe, financially feasible and legal method.

Sludge characteristic vary from the type of the industry, as well in case of municipal WWTPs of type of industrial and agricultural practice, type of the sewage (mixed, including industry, separated, etc.). In most of the cases with mechanical and biological sludge treatment, content of dry matter (DM) in the sludge around 20% [2]. As well, in municipal waters there is presence of the parasites and bacteria. Some of the other parameters (heavy metals, organic parameters, etc) can also be above the limits regulated in the legislation and determined based on the final disposal and use. Typical biological method of sludge treatment is composting. A new approach called biodrying has appeared in last decades as a very promising method for sludge treatment [3]. In case of presence of heavy metals or other harmful compounds the sludge must be either incinerated or the harmful substances can be stabilized in the structure of the sludge by employing so called – solidification/stabilization). These three methods were tested in pilot scale in BiH in 2019 using sludge from 2 different wastewater treatment plants municipal Waste water treatment plant – Case WWTP1 and sludge from the beverage production WWTP – Case WWTP 2.

1.1. COMPOSTING

Composting is an extensive technique that is commonly used as the final step of sludge treatment before its disposal/use in an agricultural land. Principle of this method is mixing of sludge with other organic material (commonly green waste) and passive or active aeration. As the microbial processes create heat (up to 70 °C) it causes die-off of pathogens present in the sludge and also partial mineralization of the organic matter. This process causes the sanitation of the sludge that can be then used as a fertilizer on field. Composting is comparatively better way of treatment with landfilling and direct use in agriculture without pre-treatment especially because of the sanitation of the sludge [4]. Moreover a very high content of organic carbon makes it a good organic fertilizer that can substitute for other organic fertilizers such as manure.

1.2. BIODRYING

[1] https://rod.eionet.europa.eu/instruments/514
[2] https://ec.europa.eu/environment/archives/waste/sludge/pdf/sludge_disposal2.pdf
[3] https://fmpvs.gov.ba/wp-content/uploads/2018/01/Strategija-upravljanja-vodama-FBiH-2010-2022.pdf & http://www.vladars.net/sr-SP-Cyrl/Vlada/Ministarstva/mps/Documents/STRATEGIJA%20%20TEKST%20RADNA%20VERZIJA.pdf

Biodrying is a biological method invented for f reprocessing of municipal organic waste. The basics are similar to composting however the goal of biodrying is to decrease the excessive water. Typically, raw wastewater treatment sludge contains only 2–3% of dry matter (DM). After mechanical dewatering the concentration of DM increase to 10–30% (depending on method and quality of sludge) which is still not enough. Absolutely dried sludge can have calorific value of up to 20 MJ/kg and presents possibly good source of energy for incineration alternative to fossil fuels. Sludge with low DM has calorific value only about 1-4,5 MJ/kg. Biodrying leads to increase of DM concentration up to 80% when the sludge can have calorific value up to 11 MJ/kg.

1.3. SOLIDIFICATION/STABILIZATION

If the sludge doesn't meet the standards for direct use in agriculture or is too liquid for any handling, transportation or use in incineration plants, then stabilization/solidification is used. The principle of the method is that sludge is mixed with other proper material that will cause its solidification (increase of DM) or causes the bounding of heavy metals or other dangerous (toxic) substances on the structure. This way we obtain the material that can be easily handled, transported and disposed on proper place.

2 METHODOLOGY

This work summarizes researches that have been done for two case studies: Case WWTP1 – Beverage industry (non-alcoholic drinks: cca 17.000 ES per year); Case WWTP2 – municipal WWTP (approx. 30.000 ES). In case WWTP1 a technological waters are created in production process (cleaning of the equipment and lines for the filling of the nonalcoholic drinks, cleaning of the line for syrup production), in boiler room, kitchen and laboratory. All technological waters are collected and lead to waste water treatment line. Annual amount of created sludge is around 60 tons. Sludge from the case WWTP2 comes from conventional activated sludge treatment plant.

Methods that were applied in this study were in the first step evaluated in the laboratory conditions (except of the composting). Upon received results the scaled pilot tests were performed. Samples for the testing were in both cases taken at the output of the sludge thickener thus the sludge has already better physical properties given by the higher DM content. For the laboratory testing the sludge in total volume of max. 20 L was used. For the pilot testing up to 500 L were taken from both WWTPs.

1.4. LABORATORY ANALYSIS

Samples of the sludge were taken, analyzed and tested in the certified laboratory in of the company DEKONTA in the Czech Republic) for the parameters summarized in the Table. 1. Untreated sludge was analyzed prior to the testing of the treatment methods. After the performance of the tests the samples were taken and analyzed. These samples are presented in the result part.

Tab. 1 – list of the monitored parameters

Parameter	Parameter
Dry matter	Sum of PAH (12)
As	PCB (7)
Cd	TOC
Cr	Ntotal
Cu	AOX
Hg	*Escheric. coli*
Ni	*Salmo.* spp.
Pb	Gross calorific value
Zn	Net calorific value

1.4.1. SOLIDIFICATION/STABILIZATION

The stabilization is done using burnt lime (melted or as a lime pulp) in the amount that increases pH >12 for at least 2 hours (Figure 1). After application of CaO into the sludge an exotherm reaction with the water in the sludge takes place and $Ca(OH)_2$ is created

$$C_aO + H_2O \rightarrow C_a(OH)_2$$

Depending on the quality of sludge and the lime around 10-30% (w/w_{DM}) of the lime is added to the sludge and properly mixed. After the temperature exceeded 75 °C the sludge was left for 2 h and then a small part of the matrix was analysed for microbial contamination. .After that the matrix is left in the small circled shell (diameter 50mm) for 28 days for maturation period. After the 28 days maturation period the leaching tests are done employing the standard 10:1 L:S leaching method based on (EN 12457-4 and EN 14735 . Concentration of heavy metals and organic pollutants is analyzed based on ČSN EN 12457-4 (83 8005).

Pilot tests were performed employing batch filled stabilization unit IVM LH 101-2-226 2,32kW that is able at one point stabilize up to 10 kg of fresh sludge. Sludge was stabilized using cca 40% w/w_{DM} of selected additive. After the matrix heated above 75 °C it was transferred into the plastic containers and left for 2 maturation period. After that the samples were taken and analysed (Figure 1).



Figure 1 Sludge from the lab stabilization tests

1.4.2. BIODRYING-LAB

Biodrying experiments were performed in the laboratory-scale biodrying reactor (Figure 2).

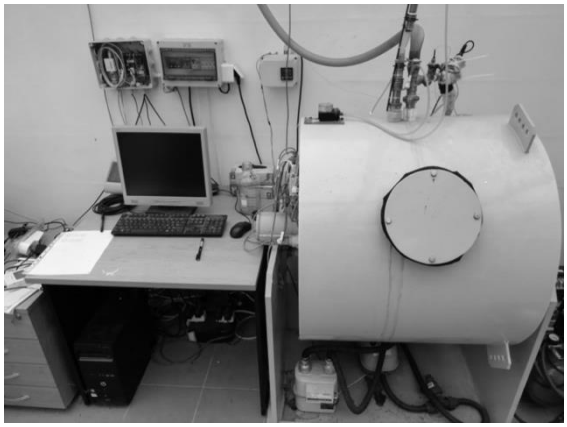


Figure 2 Biodrying laboratory unit

This facility has inner volume of 100 L and consists of: i) body of the reactor made of PP; ii) grate that ensures aeration of the matrix from the bottom and drain of the possible leakage; iii) outlet hole for the moist air; iv) inlet hole for the fresh air; v) three penetrations for the temperature probes; vi) filling hole; vii) axle for the rotation of the reactor. The oxygen concentration in the middle of the dried sludge body is measured using ASEKO ASIN GTE (Aseko spol. s r.o., Czech Republic and OXY 3690 MP instruments, Greisinger GmbH, Germany). PID control device (DRR245, Pixys srl, Italy) allows maintenance of the temperature on the constant level base on the temperature measurement in the middle layer. The air consumption and the airflow rate is measured using a membrane gas flow meter BK G4 (Elster group GmbH, Germany) and an INZ 61 electronic pulse counter (Elster group GmbH, Germany). Reactors was in both cases filled with 30 kg of sludge mixed with the wood chips in calculated ration to obtain at least 40% of the initial DM. Laboratory tests were performed for 4 weeks while all the monitored parameters were recorded in 10 seconds interval. After the testing period 6 samples were taken from the matrix, homogenized and analysed for the observed parameters.

For pilot testing of biodrying we used 2 big open containers (**Error! Reference source not found.**). that were simulating a full-scale conditions of the biodrying piles. The containers are equipped with the grate that ensured aeration of the matrix from the bottom, the inlet hole for the fresh air, regulated air pumps SECOH JDK-80-S (Secoh, Japan). The temperature is measured using THT2 probes (Papouch, Czech Republic) and by the temperature the air pump operation was controlled using automatic regulation system.



Figure 3 Pilot testing device –biodrying

For the pilot tests we used approx. 500 L of the fresh sludge from both WWTPs. The fresh sludge was mixed with the woodchips that were used as an bulking agent to improve the physical properties and to increase initial DM content of the sludge tha 37 % for Case1 and 27 for Case2. Biodrying was ran for 8 weeks after which the representative sample from each pile was taken and analysed.

1.4.3. COMPOSTING

Composting can't be easily scaled-down in the laboratory conditions thus only pilot tests of composting were performed. For this purpose a rotation composters with total volume approx.. 50 L were used. The matrix for composting was created from 1.5 L of fresh sludge, 50.9 L of green waste and 1L of woodchips. This material was then placed in the rotation composter and composted for two months. During the whole test the temperature was monitored using THT2 temperature probes (Papouch, Czech Republic). Content of oxygen in the matrix was adjusted by mixing, using rotation of the whole

composter. To maintain correct humidity the water was regularly poured on the matrix.



Figure 4 Rotation composter for Pilot testing

3 RESULTS

The goal of this work is to present results of the pilots testing of three different technologies applied within the research work. For this reason in this chapter we present only the results from the pilot tests. Results are divided into three graphs that are comparing performance of each technology for removal of particular type of substances. First two graphs (Fig. 5) shows the concentrations of selected heavy metals at the input sample and after the treatment process.

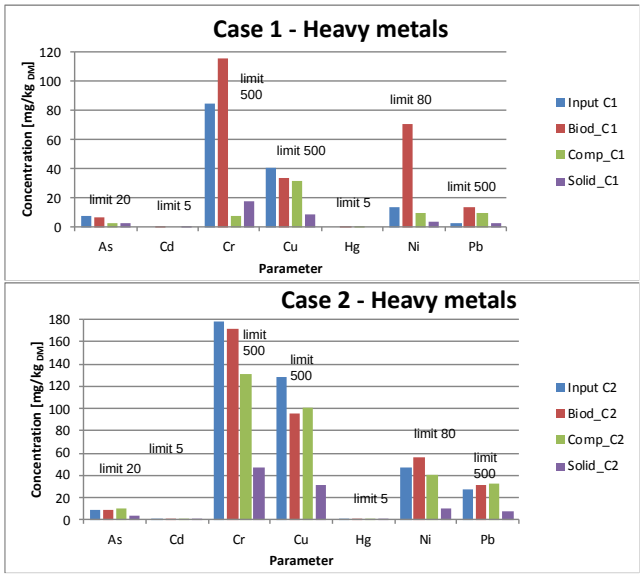


Figure 5. Concentration of HM in Case 1 (C1) and Case 2 (C2) sludges

As seen from the graphs none of the heavy metals (HM) exceeded the limits given by the legislation. Generally all the applied technologies were decreasing the concentrations of the HM but the biodrying increased in case 1 the input values of Cr and Ni due to higher concentrations of these metals in the bulking agent. Nevertheless even then it didnt exceeded the limits. In case of Zinc the situation was a little different (see Figure 6).

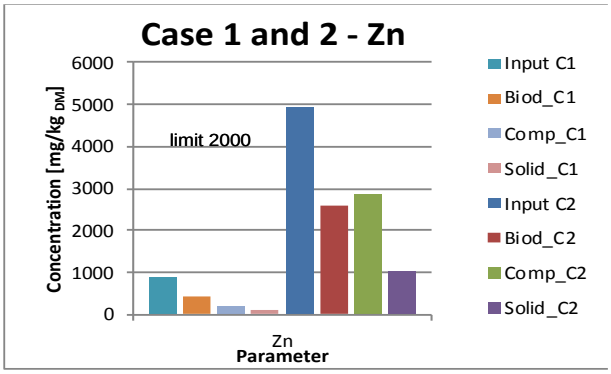


Figure 6. Zinc concentrations in C1 and C2

Zinc was generally high in both cases but exceeded the limits in the case 2. Only solidification caused decrease of the concentration below the limit. Other technologies were not able to do so.
Organic pollutants such as PAHs and PCBs have not been observed in the input sludge in values exceeding any limits. In case of AOX the input values were realatively high (see Figure 7). As seen in the graph all the technologies were efficient enough to decrease the concentration by more then 70 %. In case of solidification it was 100 %.

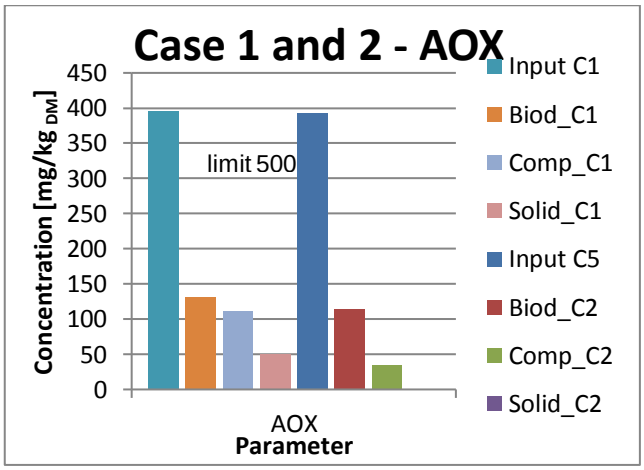


Figure 7. AOX concentrations in C1 and C2

In the next table a microbiological contamination and hygienization performance is summarized. As seen in the table each technology was efficient in removal of *Salmonella* contamination from Case 2. For E. coli the effiiciency was different. However solidification was efficient in both cases.

Tab. 1 – Hygienization of the sludge

Parameter	*Limit*	*In_C 1*	*Biod _C1*	*Com _C1*	*SS_ C1*

Escheric, coli (CFU,g^{-1})	*<10^3*	*1,8x1 0^3*	*1,8x1 0^2*	*5,2x1 0^2*	*0*
Salmo, spp,(CFU in 50 mg)	*Neg.*	*Neg,*	*Neg,*	*Neg,*	*Neg,*
Parameter		*In_C 2*	*Biod _C2*	*Com _C2*	*SS_ C2*
Escheric, coli (CFU,g^{-1})	*<10^3*	*3,6x1 0^4*	*0*	*8,0x1 0^1*	*0*
Salmo, spp,(CFU in 50 mg)	*Neg.*	*Positi ve*	*Neg,*	*Neg,*	*Neg,*

Last graph (Figure 8) is showing how efficiently the calorific values of the original material was increasing employing the biodrying. Both sludges contains relatively high gross calorific valu (GCV) and Net calorific value (NCV) in 100 % DM conntent. This is given by relatively very high organic carbon content. Due to very high humidity both GCV and NCV are very small in the original matrix. However after employing biodrying method GCV and NCV doesnt decrease but both parameters increase significantly in the original. This is given by increase of DM to 51.6 in Case 1 and 66.3 in Case 2.

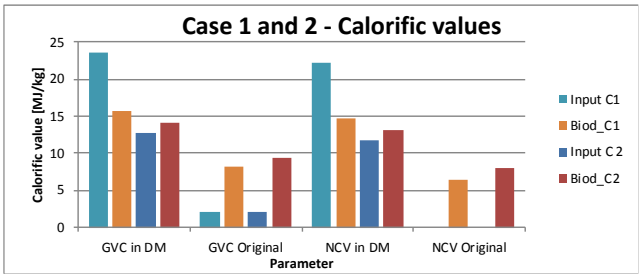


Figure 8. Calorific values of the sludge before and after biodrying

4 CONCLUSIONS

This paper is summarizing application of three different approaches for treatment of the wastewater treatment sludge coming from two different wastewater treatment plants in BiH. We have succesfully tested composting, biodrying and stabilization in pilot scale to see wheter these technologies will be efficient for elimination of harmfull characteristics of selected sludges. Each approach showed its advantages for different purpose of the final disposal. However with the existing legislation the use of each technology has its limitation. So far biodrying or composting would be the most suitable with regards to hygienization as a maian precondition for application at the agricultural land.

ACKNOWLEDGMENT

Results shown in this work have been obtained in the project „Feasibility study on potentials for municipal and industrial sludge treatment and use in Bosnia and Herzegovina“ under the Czech-UNDP Partnership for SDGs (Project Number: 00109001).

LITERATURE

[1] Rulkens, W., Sewage sludge as a biomass resource for the production of energy: Overview and assessment of the various options. 2008. Energy and Fuels 22, 9–15. https://doi.org/10.1021/ef700267m

[2] Yang, B., Zhang, L., Jahng, D., Importance of Initial Moisture Content and Bulking Agent for Biodrying Sewage Sludge. 2013. Dry. Technol. 32, 135–144. https://doi.org/10.1080/07373937.2013.795586

[3] Dos Reis, R.F., Sergio Cordeiro, J., Font, X., Laguna Achon, C., The biodrying process of sewage sludge–a review. 2019. Dry. Technol. 0, 1–14. https://doi.org/10.1080/07373937.2019.1629689

[4] Kosobucki, P., Chmarzyński, A., Buszewski, B., Sewage Sludge Composting. 2000. Polish J. Environ. Stud. 9, 243–248.

TRETMAN I ODLAGANJE MULJA SA DEPONIJA I POSTROJENJA ZA PREČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA KROZ PRIMJERE

TREATMENT AND FINAL DISPOSAL OF SLUDGE FROM LANDFILLS AND WASTEWATER TREATMENT PLANTS WITH EXAMPLES

Arnela Konak, MCE.dipl.ing.građ.
Ipsa Institut d.o.o., Put života bb,
arnela.konak@ipsa-institut.com

Jasmina Marić, MA.dipl.ing.arh.
Ipsa Institut d.o.o., Put života bb,
jasmina.maric@ipsa-institut.com

Sažetak: Finalna dispozicija mulja predstavlja jedan od završnih koraka u procesu prečišćavanju otpadnih voda te ujedno i najzahtjevnijih s ekološkog, ekonomskog, a ujedno i održivog aspekta. Danas, tendencije idu ka posmatranju mulja kao izvora energije, materijala koji nakon tretmana može biti iskorišten u građevinarstvu, odnosno potpunog iskorištavanja mogućnosti.
Ovaj rad će obraditi metode tretmana mulja sa postrojenja za prečišćavanje komunalnih otpadnih voda, te mulja sa deponija.
Na primjerima postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda Butila-Sarajevo i Jajce te deponija Goražde i Mostar biće prikazane različite metode tretmana i mogućnosti tretmana otpadnih voda i mulja koji je produkt tretmana otpadnih voda.

Ključne riječi: Mulj, postrojenje za prečišćavanje komunalnih otpadnih voda (PPOV), filtrat, koncentrat

Abstract: The final disposal of the sludge is one of the final steps in the process of wastewater treatment and at the same time the most demanding from the environmental, economic and at the same time sustainable aspect. Today, tendencies are toward viewing sludge as an energy source, a material that can be used in construction after treatment, that is, to take full advantage of the sludge.
This paper will discuss the methods of treatment of sludge from municipal wastewater treatment plants and sludge from landfills.
Examples of wastewater treatment plans Butila-Sarajevo and Jajce and landfills Goražde and Mostar will show different treatment methods and treatment options for wastewater and sludge which is a product of wastewater treatment.

Key words: Sludge, municipal wastewater treatment plant (WWTP), filtrate, concentrate

1 UVOD

Praksa ponovne upotrebe i dispozicije mulja iz obrade otpadnih voda značajno se razlikuje u zemljama Europe, pa čak i unutar regija jedne zemlje. Uglavnom tendencija ide u smjeru napuštanja opcije odlaganja na deponijama, osim ako se radi o koncentratu koji se dobija tretmanom otpadnih voda sa deponija i povećavanja termičke obrade mulja.
Termička obrada, bilo suspaljivanje u cementnoj industriji, poizvodnji energije i spaljivanje komunalnog otpada ili mono-spaljivanje je u porastu. Posebno se razvija koncept „od otpada prema energiji“, gdje se mulj stvara obnovljivim izvorom energije.
Održivost ostalih opcija ovisi od strategija i prioriteta pojedinih zemalja.
Potencijalne mogućnosti zbrinjavanja mulja sa postrojenja za prečišćavanje komunalnih otpadnih voda:

- Odlaganje mulja na odlagalištima sukobljava se sa Direktivnom o odlagalištima otpada.
- Primjena u poljoprivredi moguća je, ako su na raspolaganju dovoljno velike površine primjenjivog zemljišta sa bazom podataka o njemu i prakticira se u velikom broju zemalja članica EU. Primjena mulja predmet je direktive o mulju iz otpadnih voda (Sewage Sludge Directive) i provedbe te direktive uz nacionalno zakonodavstvo.
- Upotreba u ne-poljoprivredne svrhe (šumarstvo, vrtlarstvo, sanacija degradiranih područja) moguća je ako postoji potreba za takvom upotrebom.
- Suspaljivanje/miješanje s komunalnim otpadom održiva je opcija ako je već uvedena zadovoljavajuća obrada otpada – kojeg u BiH još nema
- Suspaljivanje, primjerice u cementnoj industriji prakticira se u velikom broju članica EU. Bosna i Hercegovina ima 2 cementare (Lukavac i Kakanj)
- Mono-spaljivanje i usporedive tehnologije

Za potrebe suspaljivanja i smanjivanja troškova transporta, mulj je potrebno dodatno osušiti sušenje mulja.
Tretmanu mulja treba pristupati pojedinačno u zavisnosti od količine mulja, sastava mulja, lokacije postrojenja i tipa postrojenja, veličine lokacije te mnogih drugih faktora koji mogu biti specifični za određeno postrojenje.
Ovaj rad će se fokusirati na načine tretmana mulja kroz četiri primjera i to dva primjera mulja sa deponije i dva primjera mulja sa postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda.

- Osnovni parametri
- Mulj sa postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda
- Mulj sa deponija

Primjeri koji će biti obrađeni u ovom radu:

- FS PPOV Butila
- PPOV Jajce
- PPOV deponija Mostar
- Deponija Goražde

FS PPOV Butila je projekat koji je obradio moguće načine finalnog tretmana i odlaganja mulja sa PPOV Butila, analizirao benefite i nedostatke ponuđenih načina te odabrao najpovoljniju varijantu.
PPOV Jajce je glavni projekat cjelokupnog postrojenja sa poljima za sušenje mulja kao finalnim načinom odlaganja mulja.
PPOV deponija Mostar je projekat prečišćavanja filtrata nakon kojeg ostaje koncentrat koji se vraća na tijelo deponije.
Deponija Goražde je projekat gdje je princip tretmana fitlrata zasnovan na recirkulaciji filtrata komplet bez prečišćavanja u prvoj fazi.

2 NAČINI FINALNOG TRETMANA MULJA

2.1. Načini finalnog tretmana mulja sa PPOV-a

Parametri za analizu mulja:

- Količina
- Sastav
- Uslovi lokacije

Načini finalnog tretmana i odlaganja mulja:

- Odlaganje mulja na odlagalištima
- Primjena u poljoprivredi
- Upotreba u ne-poljoprivredne svrhe (šumarstvo, vrtlarstvo, sanacija degradiranih područja)
- Odlaganje na poljima za humiziranje
- Suspaljivanje / miješanje sa komunalnim otpadom
- Suspaljivanje u cementnoj industriji
- Mono-spaljivanje
- Specijalne tehnologije: gasifikacija, piroliza, hidroliza
- Kompostiranje
- Kompozitni materijali
- Odvoz u inostranstvo


Slika 1. Prikaz taložnika na PPOV-u

2.2. ODLAGANJE MULJA NA ODLAGALIŠTIMA

Odlaganje mulja na deponijama, u sukobu je sa direktivom EU o odlagalištima (landfill Directive 1999/31/EC). Zbog toga se u zemljama EU skoro više i ne praktikuje, a tamo gdje se praktikuje, polako se napušta ovaj princip i iznalaze se drugi načini finalnog tretmana mulja.

Politika EU za upravljanjem otpadom (CEC, 1999) ima za cilj potaknuti oporavak vrijednosti od otpadnih proizvoda i smanjiti odlaganje biorazgradivog otpada na odlagalištima otpada.

Direktiva o odlagalištima obavezuje države članice da postepeno smanje količinu biorazgradivog otapda kojeg šalju na odlagališta na 35% od ukupnog iznosa (po težini) nivoa iz 1995.godine.

Budući da kanalizacijski mulj ima visok sadržaj biorazgradivog dijela ovaj zahtjev ima utjecaja na dugoročnu održivost odlaganja mulja na deponijama.

Upravljanje otpadom u FBiH regulisano je Zakonom o upravljanju otpadom. Iako su neke vrste otpada regulisane podzakonskim aktima, za određene vrste otpada ne postoji pravni akt kojim se njihovo odlaganje propisuje iako je odlaganje još uvijek praksa u mnogim, posebno novim članicama EU, to ne predstavlja održivo rješenje.

2.3. PRIMJENA U POLJOPRIVREDI, ŠUMARSTVU I PEJZAŽNOJ ARHITEKTURI

2.3.1. PRIMJENA MULJA U POLJOPRIVREDI

Prema Pravilniku o utvrđivanju dozvoljenih količina štetnih i opasnih materija u zemljištu i metode njihovog ispitivanja (Službene novine Federacije BiH, br. 72/09) mulj i svi proizvodi iz gradskih otpadnih voda, ubrajaju se među „štetne materije – materije, koje se u poljoprivrednom tlu nađu u koncentraciji koja privremeno ili trajno dovodi u pitanje njegovu osnovnu ulogu povoljnog staništa za biljke“.

Prema članu 11. spomenutog Pravilnika mulj i svi proizvodi iz gradskih otpadnih voda, mogu se koristiti na poljoprivrednom zemljištu samo uz prethodno izvršenu analizu, kojom se utvrđuje:

- da su materijali sterilizovani i da su uništeni patogeni organizmi, odnosno potencijalni uzročnici oboljenja te
- da je sadržaj štetnih materija ispod dozvoljenih graničnih količina.

Pravilnikom su propisane najviše dozvoljene količine teških metala u mulju, štetne organske materije, teški metali i anorganski spojevi zrakosuhog tla te granične vrijednosti dozvoljenih količina teškim metala na poljoprivrednim površinama (godišnje).

Količine mulja i svih proizvoda iz gradskih otpadnih voda koje se unose u poljoprivredno zemljište, određuju se prema sadržaju suhe materije, tako da maksimalne količine ne smiju prelaziti 10 tona po ha godišnje suhe materije.

Nakon što se mulj pušta u poljoprivredu, konkretna primjena na poljoprivrednom zemljištu mora biti zavedena u katastru primjene mulja, u kojem se između ostalog bilježi: oznaka serije mulja, kvalitet mulja, parcela i vlasnik i/ili korisnik zemljišta u kojeg se mulj unosi, protokol primjene i sl. Za katastar je obično odgovorno nadležno Ministarstvo.

Mulj i svi proizvodi iz gradskih otpadnih voda, ne smiju se koristiti:

- na pjeskovitim tlima sa kiselom reakcijom (pH u KCl-u ispod 5);
- na skeletnim i plitkim tlima;
- na vodozaštitnim područjima;
- na smrznutnom tlu i tlu zasićenom sa vodom;
- ne smije se istovremeno koristiti gnojovka i mulj odnosno svi proizvodi iz gradskih otpadnih voda.

A primjena mulja je zabranjena (član 16):

- u vinogradima, voćnjacima i hmeljarnicima;
- na površinama namijenjenima za uzgoj povrća, jagodastog voća i ljekovitog bilja;
- u laganijem pjeskovitom tlu s pH KCl<5;
- u parkovima prirode i drugim zaštićenim područjima;
- u priobalnom i vodozaštitnom području;
- na tlu krških polja, plitkom i skeltnom tlu krša;
- na tlu zasićenom vodom, pokrivenim snijegom i na smrznutom poljoprivrednom tlu;

- na travnjacima i pašnjacima koji se koriste za ispašu stoke, sa izuzetkom jeseni nakon zadnje kosidbe ili ispaše;
- na površinama na kojima se uzgaja krmno bilje najmanje mjesec dana prije žetve;
- na nagnutim zemljištima, gdje postoji opasnost od površinskog ispiranja.

Mulj se ne smije koristiti na tlu na kojem se koristi gnojevka, niti se smije miješati s gnojevkom prije upotrebe.

2.3.2. PRIMJENA MULJA U ŠUMARSTVU

Treći Radni dokument o mulju (Working Document on Sludge, 3rd draft) navodi, da se mulj ne smije koristiti u šumama. Međutim, države članice mogu dopustiti korištenje mulja u nasadima (kratke rotacije nasada, nasadi za uzgoj energetskih usjeva, plantaže božićnih drvca i slično), i za namjene ponovnog pošumljavanja gdje postoji potreba za dodatni unos hranjivih tvari i dok je udovoljeno odredbama obavezujućih direktiva.

Praksa u Europi se razlikuje – u Austriji, Njemačkoj i Švicarskoj zabranjeno je korištenje mulja u šumarstvu, dok je u Škotskoj, Danskoj i Norveškoj to još dopušteno.

Uz to šumsko zemljište koje se nalazi u krškim područjima ne može se koristiti za ponovnu uporabu mulja.

Potrebno je upozoriti, da porast nivoa hranjivih tvari u šumskim područjima može imati utjecaja na staništa i biljne vrste.

Šume su obično otvorene za javnost. Nakon primjene mulja šume trebaju biti zatvorena za određeno vremensko razdoblje (do 10 mjeseci) što može dovesti do otpora javnosti.

2.3.3. PRIMJENA MULJA U SANACIJI DEGRADIRANIH PODRUČJA

Mulj čini korisno sredstvo za prekrivanje deponija otpada i revitalizaciju tla koja ostaju nakon velikih građevinskih zahvata, odnosno rehabilitaciju zemljišta koje se koristi za rudarstvo, sanaciju klizišta i slično. Time se izbjegava upotreba skupih humusnih materijala, a takvi bio materijale mogu se miješati sa drugim materijalom na licu mjesta.

Za unos takvog materijala, međutim, postoje ograničenja i potrebne su analize zemljišta u kojeg se takav materijal unosi. Uredba o odlagalištima u razvijenim zemljama Europske unije dopušta korištenje mulja iz uređaja za prečišćavanje otpadnih voda za prekrivanje deponija samo u slučaju kada je sastav anaerobno stabiliziranog mulja (tj digestata) u skladu s graničnim vrijednostima utvrđenim u Pravilniku o preradi biorazgradivog otpada, iako to obično ne predstavlja problem.

2.4. TRETMAN MULJA NA POLJIMA ZA HUMIZIRANJE

Polja za humuziranje imaju dvije glavne funkcije: jedna je uklanjanje vode, čime se smanjuje volumen za više od 95%, a drugi je mineralizacija sadržaja organskih tvari za oko 50 do 60%.

Dakle, višak mulja iz uređaja za pročišćavanje otpadnih voda se pumpa na polja od trstike s udjelom suhe tvari od oko 1%. Najveći mogući sadržaj suhe tvari za slobodnu distribuciju mulja je oko 5-7%.

Volumen mulja opada na oko 10% početnog volumena. Obično polja za humuziranje upotrebljiva su u periodu od 8 do 12 godina, bez uklanjanja mulja.

Dobiveni proizvod dehidracije je zemljani organski materijal. Humus iz mulja može se koristiti za daljnje kompostiranje, kao gnojivo, za toplinsku recikliranje, za rekultivaciju, vrtlarstvo i uređenje okoliša.

Dehidracija mulja i mineralizacija postiže se primjenom mulja na površinu posebno dizajniranih vertikalnih sistema protoka. Trstike apsorbiraju posebno visoke razine vode koju transpiriraju u zrak kroz svoje lišće. Ovaj postupak, u kombinaciji sa pojačanom funkcijom odvodnje i aeracijom biljaka rezultira učinkovitom dehidracijom primijenjenog mulja.

Ova prirodna metoda obrade mulja nudi ekološke prednosti poput gravitacije, dehidratacije i procesa mineralizacije, evapotranspiracije izazvanog rastom trstike koji pozitivno utiču na energetsku ravnotežu. Metoda radi bez hemijskih dodataka kao što su polimeri u funkciji omekšivača. Stoga je obrada trstikom ekonomski učinkovita u usporedbi s uobičajenim mehaničkim tehnologijama.

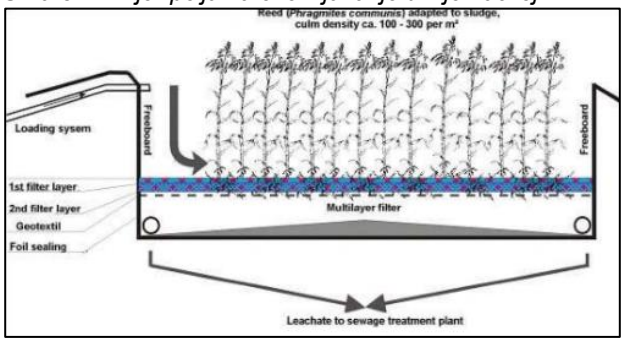
Troškovi ulaganja, a posebno rada za polja s trstikom razmjerno su niski, što je glavna prednost u usporedbi sa tehnologijama mehaničkog odvodnjavanja mulja.



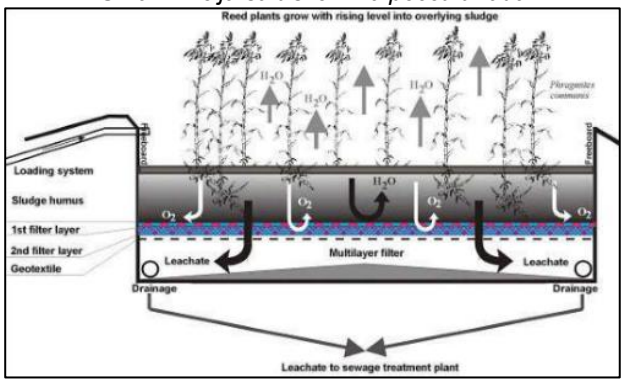
Slika 2. Primjer izgradnje polja za ozemljavanje



Slika 3. Primjer polja za ozemljavanje u Njemačkoj



Slika 4. Polja sa trskom na početku rada



Slika 5. Polja sa trskom nakon nekoliko godina rada

2.5. SPALJIVANJE I SU-SPALJIVANJE MULJA / UPOTREBA MULJA KAO ENERGETSKOG IZVORA

Iz otpadnog mulja sa PPOV moguće je dobiti korisnu energiju u obliku toplotne i/ili električne energije.

Moguća tehnička rješenja su:

- spaljivanje otpadnog mulja u monospalionici,
- suspaljivanje otpadnog mulja u kombinaciji s komunalnim otpadom u spalionici otpada (englesko Energy from Waste - EfW),
- suspaljivanje u fabrikama cementa,
- suspaljivanje u termoelektrani i
- specijalne tehnologije: gasifikacija, piroliza, hidroliza.

2.5.1. SPALJIVANJE OTPADNOG MULJA U MONOSPALIONICI

Digestirani otpadni mulja (25% suhe tvari) se prvo mora osušiti u kontaktnoj sušilici na oko 40% suhe tvari. Isparena voda se kondenzuje i koristi se u procesu povratka topline. Nakon sušenja mulj se ubrizgava u peć za spaljivanje mulja sa fluidiziranim slojem.

Mulj se dovodi u fluidiziran sloj sa strane, razgrađuje se, voda ispari, mulj se zatim zapali i hlapive komponente potpuno izgore za vrijeme zadržavanja krutih materija i dimnih plinova u zoni izgaranja. Anorganska tvar usitnjava se u pepeo i teče zajedno s dimnim plinovima na vrh peći za spaljivanje.

Kontrola temperature omogućuje da se komora za izgaranje ohladi vodnim sistemom u slučaju suviše visoke temperature i da se zagrije preko sistema za prirodni gas (koji se nalaze iznad mlaznica) u slučaju suviše niske temperature.

Količina pijeska u sloju kontrolira se mjerenjem pada tlaka. Taj se pad tlaka drži konstantan dodavanjem ili uklanjanjem materijala u sloju. Materijal se u sloj dovodi iz silosa pijeska preko rotirajućeg ventila.

SNCR (selektivna nekatalitička redukcija) se ostvaruje ubrizgavanjem uree u dimni plin. To je kontinuirani proces, što znači, da se ubrizgavanje uree kontrolira emisijama NOx.

Na izlazu iz peći sa fluidiziranim slojem instaliran je kotao na termalno ulje s ciljem hlađenja dimnih plinova na temperaturu od približno 180 °C.

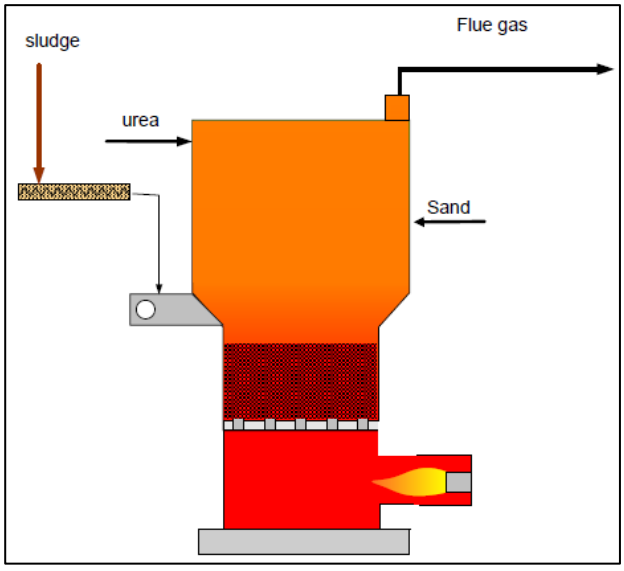
Dobijena toplota će se koristiti za zagrijavanje kruga toplinskog ulja.

Dimni gas koji izlazi iz kotla na termalno ulje s temperaturom od oko 180 °C sadrži proizvode sagorijevanja i polutante iz mulja, npr. kisele gasove, teške metale i pepeo. Kako bi se zadovoljili zahtjevi zaštite okoliša po direktivi EU (2010/75/EC) dimni gasovi se podvrgavaju obradi koja obuhvaća sljedeće korake procesa:

- Elektrostatski filter za za uklanjanje prašine: ESP koristi se u prvoj fazi procesa čišćenja dimnih plina u svrhu otprašivanja. Čestice koje ulaze u ESP s dimnim plinovima su naelektrizirani i odvojeni iz dimnih plinova u elektrostatičkom polju u kolektor, gdje su uklonjeni posebnim mehanizmom. ESP je sposoban ukloniti > 99,6% letećeg pepela (opasni otpad).
- sprej hlađenje: Cilj hladnjaka je uglavnom da se ohladi dimne gasove za daljnju obradu. To se radi kroz skraber/ispirač gasova. Dimni gas se ohladi na približno 140 °C.
- Sustav suhe sorpcije: Suha sorpcija je za uklanjanje kiselih gasova i teških metala sa

doziranjem praškastog aktivnog ugljena i hidratiziranog vapna. Dimni gas prolazi kroz reaktor, gdje se dodaje aktivni ugljen i hidratizirano vapno kao sredstva za suhi postupak sorpcije. Nakon toga sirovi gas prelazi na sustave vrećastih filtera za efikasno uklanjanje teških metala. Mješavina prašine, ugljika i vapna uklonjena iz vrećastih filtera prelazi u sistem za ekstrakciju kako bi se mogla vratiti/reciklirati u reaktor reguliranja protoka, a zatim se višak ispušta u silos ostatka.

- alkalno ispiranje: Sistem za ispiranje se sastoji od faze za neutralizirano ispiranje i faze hlađenja. Kiseli polutanti sadržani u dimnom gasu se uklone, a dio vode u dimnim gasovima se kondenzira. Kako bi se zadržao potreban pH-raspon tekućine za pranje, u praonik se dodaje kaustična soda. Nakon ispiranja plinova, faza hlađenja djelomično odvodnji dimne gasove unutarnjim krugom hlađenja. Izmjenjivač topline ohladi fazu hlađenja u krugotoku. Generirana toplota može se koristiti za potrebe lokalnog grijanja.
- ID ventilator i ispust/dimnjak: Inducirani ventilator prenosi tretirane dimne gasove do ispusta. Ventilator stvara potrebni negativni pritisak za izvlačenje dimnih gasova nastalih spaljivanjem kroz sve faze postrojenja. Ispust dimnih gasova osigurat će se ispuštanje tretiranih dimnih gasova u atmosferu.



Slika 6. Incinerator / Peć sa fluidiziranim slojem

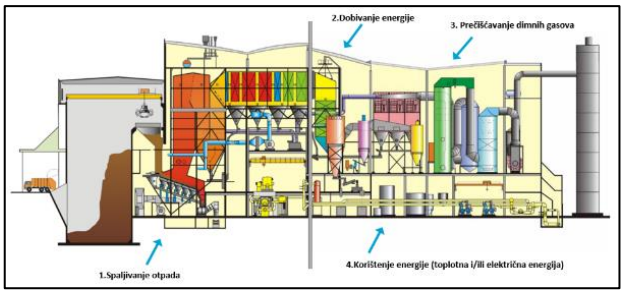
Ako želimo spaljivati mulj ili RDF, zahtjevi za dimne plinove i kotao su različiti, stoga su ova postrojenja često odvojena.

Izbor između monospaljivanja i suspaljivanja ima nekoliko faktora koje je treba uzeti u obzir:

- Izgaranje otpadnog mulja ne proizvodi mnogo energije. Spaljivanje otpadnog mulja se mora osloniti na naknadu, koju plaća isporučitelj vodnih usluga za konačno zbrinjavanje (trošak + taksa + PDV) i mora biti tržišno ostvarivo. Postrojenje za spaljivanje mulja treba biti locirano u blizini PPOV (zbog optimizacije i smanjenja troškova transporta mulja).
- Recikliranje fosfora - s monospaljivanjem čisti se pepeo može odvojiti prije čišćenja dimnih gasova i može doprinijeti fosfornom recikliranju. Kod suspaljivanja pepeo je kontaminiran.
- Kondenzat vodne pare - u monospaljivanju proizvodnja pare koja nastaje u procesu sušenja mulja zahtjeva dodatno rukovanje. Kod suspaljivanja prednost je da postrojenje ne treba sušenje otpadnog mulja i zahtjeva za sušilicu i tako nema problema sa kondenzatom.

2.5.2. SUSPALJIVANJE OTPADNOG MULJA U KOMBINACIJI SA KOMUNALNIM OTPADOM U SPALIONICI OTPADA (EFW)

Dobivanje energije iz komunalnog otpada (EfW) je proces dobivanja energije u obliku toplotne i/ili električne energije iz spaljivanja otpada.



Slika 7. EfW Postrojenje

Adekvatno zbrinjavanje otpada i iskorištavanje komunalnog otpada u svrhu dobivanja energije postalo je nužnost savremenog razvijenog svijeta. Porastom životnog standarda raste i proizvodnja komunalnog otpada, za čije zbrinjavanje već odavno nisu adekvatna odlagališta na kojima se otpad prethodno ne sortira, mehanički obrađuje, a

potom i djelomično reciklira. Velika količina otpada koji se odlaže u blizini većih gradova i gradskih naselja negativno utiče na zdravlje ljudi i zrak, ali i kvalitet života općenito. Izgaranjem otpada u postrojenju za termičku obradu otpada (spalionica) značajno se smanjuje volumen (do 90 %) i masa odloženog ostatka izgaranja/spaljivanja (do 75 %).

Osim problema zbrinjavanja otpada, svijet se suočava s velikim problemom dobave energije. Osigurati i dobaviti dovoljnu količinu energije među najvažnijim su zadaćama u razvijenim, ali i tranzicijskim zemljama, koje bilježe snažan gospodarski rast. U tom smislu, upotreba otpada predstavlja jedno od rješenja za smanjenje ovisnosti o energiji. U otpadu je koncentrirana korisna energija. Tehnologija izgaranja otpada sa rešetki danas je još uvijek najzastupljenija za dobivanje energije iz komunalnog otpada (Energy from Waste – EfW tehnologija). Trenutno je najrasprostranjenija tehnologija za termičku obradu otpada, a koristi se više od stotinu godina. Snažan razvoj doživjele su metode za pročišćavanje dimnih plinova, što je omogućilo opstanak ove tehnologije u vremenu sve strožih zahtjeva oko emisija i utjecaja na okoliš.

EfW postrojenja su dizajnirana za spaljivanje komunalnog krutog otpada (MsW) koji se ne može reciklirati, kao i drugog prihvaćenog industrijskog ili komercijalnog otpada. Kanalizacijski mulj i medicinski otpad može se suspaljivati u određenim postocima, ali oni trebaju posebne objekte za skladištenje i rukovanje. Ta postrojenja također istovremeno ponovo koriste energiju i čiste gasove nastale izgaranjem.

Otpad se transportira kroz rešetku u komori za izgaranje. Otpad je tako izmiješan i izgara u potpunosti. Negorljivi materijal ostane kao šljaka na kraju rešetke. Metali i građevinski materijali mogu se povratiti iz šljake i vratiti se u materijalni ciklus, čime se štedi upotreba drugih sirovina.

Dobivanje energije:

- Iskoristivost kotla je do 85% energije sadržane u otpadu i učini je korisnom u obliku pare.

Prečišćavanje dimnih gasova:

- Visoko sofisticiran proces osigurava da se svi zagađivači koji se nalaze u otpadu i kasnije u dimnim plinovima kroz izgaranje eliminiraju na učinkovit, održiv i pouzdan način.

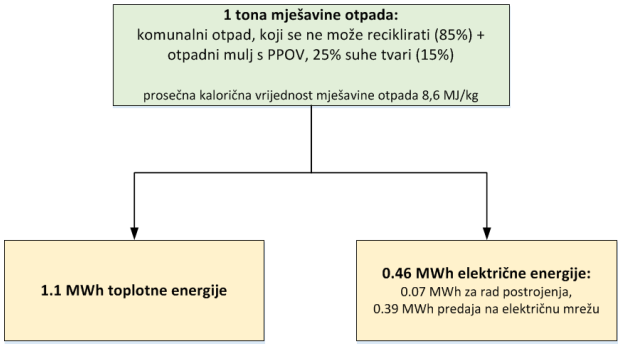
Korištenje energije (toplotna i/ili električna energija):

- Dobivena korisna energija koristiti se kao toplotna i/ili električna energija (npr. za grijanje i hlađenje grada, u industrijskim procesima). Otprilike polovica proizvedene energije predstavlja obnovljivi izvor energije jer dolazi iz ugljiko-neutralnog biogenog dijela otpada.

U EU, prosječan građanin stvara oko 500 kg otpada godišnje. Pretpostavljajući stopu recikliranja od 50%, još 250 kg preostalog otpada po stanovniku godišnje treba tretirati. Tako će grad sa 500.000 stanovnika trebati EfW postrojenje koje može tretirati 125.000 tona otpada godišnje. Minimalni kapacitet, ekonomsko gledano, za EfW postrojenja je oko 40.000 t/god. Najveća postrojenja imaju kapacitet od više od milijun t/godišnje. Za EfW postrojenja se očekuje da rade najmanje 8000 sati godišnje, otprilike više od 90% vremena. EfW postrojenja su najčešće napravljena po mjeri, ovisno o specifičnim lokalnim uvjetima.

Opasni i radioaktivni otpad ne smije se tretirati u EfW postrojenjima, nego se mora tretirati odvojeno, u namjenskim objektima. U EfW postrojenjima nije potreban predtretman, osim što vrlo veliki komadi (više od oko 1 m) i glomazni predmeti moraju biti isjeckani. Ukoliko je potrebno za vrlo velike komade otpada može se koristiti šreder za usitnjavanje. U tom je glavna prednost tehnologije izgaranja otpada na rešetki (vrlo fleksibilno i robusno rješenje) u odnosu na tehnologiju sagorijevanja u fluidiziranom sloju, kod koje postoji ograničenje za čestice ulaznog goriva zbog čega je moguće tehnologiju sagorijevanja u fluidiziranom sloju koristiti samo za spaljivanje tretiranog komunalnog otpada kad je alternativno gorivo iz otpada RDF, koji se proizvodi u postrojenjima za gospodarenje otpadom. Za insineratore sa fluidiziranim slojem, usitnjavanje je obavezno, zajedno sa drugim vidovima predtretmana.

U EfW postrojenjima može se zbrinjavati otpad prosječne kalorične vrijednosti od oko 7 MJ/kg do oko 16 MJ/kg (tehnologija omogućava vrlo veliku fleksibilnost). Moguće je usporedno tretirati i druge frakcije kao što su - otpadni mulj s PPOV, zapaljivi dio frakcije građevinskog otpada i otpada od rušenja, medicinski otpad (kroz odvojeni sustav za punjenje), grube frakcije/ostatak iz kompostiranja/digestije, onečišćen materijal za recikliranje, koji nije komercijalno atraktivan za prodaju i slično.



Slika 8. Količina proizvedene toplotne i električne energije iz jedne tone mješavine otpada (85% komunalni otpad, 15% mulj sa PPOV-a)

2.5.3. SUSPALJIVANJE U TERMOELEKTRANI ILI U FABRICI CEMENTA

U BiH rade četiri termoelektrane: u Tuzli i Kakanju su u vlasništvu EP BiH, a u Ugljeviku i Gackom su vlasništvo EPRS-a.

Većina termoelektrana je starija od 30 godina i oslonjene su na lignit i mrki ugalj iz lokalnih rudnih bazena. Sve elektrane karakteriše niska energetska efikasnost. One u prosjeku troše između 11.500 i 14.500 kJ toplotne energije uglja za proizvodnju jednog KWh električne energije pa se njihova energetska efikasnost kreće između 25 i 31 posto, dok je energetska efikasnost modernih termoelektrana veća od 41%.

Većina postojećih termoelektrana u BiH morat će smanjiti emisije štetnih tvari u okolinu, prvenstveno čestice prašine, azotnih te sumpornih oksida. To je obaveza koju je BiH usvojila pristupanjem evropskoj Energetskoj zajednici (EZ). Taj cilj se može postići modernizacijom postojećih termoelektrana u BiH, odnosno ugradnjom postrojenja za filtriranje štetnih tvari i zamjenom najstarijih TE blokova novim modernim blokovima. To će zahtijevati milijunske investicije ali će donijeti brojne prednosti među kojima su: veća energetska efikasnost, manja potrošnja uglja, smanjenje troškova upravljanja i održavanja te smanjenje emisije stakleničkih plinova.

2.5.4. SPECIJALNE TEHNOLOGIJE (GASIFIKACIJA, PIROLIZA, HIDROLIZA)

GASIFIKACIJA

Gasifikacija je proces obrade otpada u prisustvu vazduha ili vodene pare u cilju dobijanja gorivih gasova (engleski syngas). Tehnologija je zasnovana na poznatom procesu proizvodnje gasa iz uglja. Proizvod reakcije je mješavina gasova. Gas dobiven na ovaj način se može spaljivati ili iskoristiti u postrojenjima za kogeneraciju.

Tehnologija gasifikacije otpada se trenutno teško sprovode u industrijskom okolišu. Postrojenja su trenutno manjih kapaciteta (do 30.000 tona/godinu). Međutim, gasifikacija je trenutno u fazi razvoja i dopunjavanja i u bliskoj budućnosti možemo očekivati industrijske linije s godišnjim kapacitetom od 100.000 t /godinu.

Mehanizam za prijenos topline pri gasifikaciji je obično konvekcijski, zbog čega je brži nego proces pirolize, prema tome postrojenja su manjih veličina. Nedavno su se na tržištu pojavila postrojenja sa tehnologijom plazma gasifikacije, koja se odvija na vrlo visokim temperaturama 2.000-15.000 °C.

Pogodnost gasifikacije za otpadni mulj s PPOV je sličan pirolizi. Organske tvari u mulju otpadnih voda se uglavnom sastoji od biološko dezintegrisane celuloze, dakle prilično oksidirane, stoga se konverzija u vodik ne odvija, shodno tome generira se voda. U pogledu složenosti tehnologije, gasifikacija otpadnog mulja s PPOV je manje obećavajuća kao piroliza.

Piroliza

Piroliza je napredni postupak i predstavlja proces razgradnje organske tvari pri povišenoj temperaturi bez prisutnosti vazduha (kisika). Tokom procesa dolazi do termičkog razlaganja organskih materija u otpadu, pri čemu nastaju pirolitički gas, ulje i čvrsta faza bogata ugljenikom. Prema rasponu temperatura pri kojima se odvijaju, mogu se razlikovati tri moguće varijante pirolize:

- niskotemperaturna (do 500°C),
- srednjetemperaturna (500°C do 800°C) i
- visokotemperaturna (više od 800°C).

U slučaju, da se piroliza vrši na višoj temperaturi to će veći dio organske tvari biti pretvoren u plinovite i uljne proizvode. Pirolitički gas se obično spaljuje. Dimni gasovi se koriste za dobijanje toplotne ili električne energije.

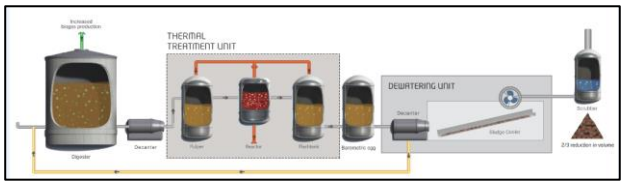
Postupak pirolize je pogodan za otpad sa visokim sadržajem organske materije, posebno za umjetne materijale (npr. plastiku), kao i za osušeni mulj s PPOV. Iz osušenog mulja otpadnih voda će se dobiti do 15% gasova, 15% kondenzata vode, 20% od piroliznog ulja i 50% od čvrstog piroliznog ostataka t.j. bio-uglja (englesko: biochar). Udio "najvrijednijeg" proizvoda (t.j. pirolitičko ulje) je mala (iz plastike će se proizvesti do 50% ovog proizvoda), zbog manjeg sadržaja visoke molekularne organske materije u mulju otpadnih voda, njihov kvalitet je loš (oksidiran i degradiran).

Pirolitičko ulje je potrebno u potpunosti ukloniti iz vode da bi postalo interesantno za tržište kao gorivo. Pirolizni ostatak bio-ugalj sadrži 30% ugljika i ima prosječnu kalorijsku vrijednost oko 9 MJ/kg. Ovo je prilično mala kalorična vrijednost, a samim tim i na tržištu sekundarnih goriva neće imati neke velike cijene. Piroliza otpadnog mulja s PPOV je trenutno još uvijek u istraživanju i u fazi razvoja tehnologije.

Dezintegracija mulja i termalna hidroliza

Kod velikih PPOV se zbog povećanja proizvodnje biogasa, poboljšanja efekta dehidracije i smanjenja problematike plivajućeg mulja u liniji vode praktikuje upotreba dezintegracije (hidroliza) ćelija suvišnog mulja prije ulaska u digestore na anaerobnu obradu. Upotrebljavaju se postupci mehaničke, hemijske, ultrazvučne i termičke hidrolize. U zadnje vrijeme se praktikuje upotreba termalne hidrolize. Najnoviji postupak je visoko naponska elektrokinetička

hidroliza (Biocrack) firme Vogelsand ali za sada još nema referentnih objekta na PPOV (postoji prilično velik broj izgrađenih uređaja ali samo na bioplinarama).



Slika 9. Primjer koncepta procesa termalne hidrolize

Prednosti termalne hidrolize:

- povećana produkcija biogasa (i posljedično el. energije dobivene u postrojenju kogeneracije)
- smanjena količina odvodnjenog mulja suhoće 40-50 %. Prema nekim proizvođačima tehnologije, volumen odvodnjenog mulja se može smanjiti i do oko 60 %
- konačni stabiliziran produkt bez patogenih organizma

Proizvodnja i kvaliteta dobivenog stabiliziranog preostatka mulja smanjuje troškove transporta i energije, a kako obećavaju vodeći proizvođači krajnji produkt može se izravno primijeniti u poljoprivrednim postupcima ili kao kompost, ili za upotrebu kao gnojivo ili bio-goriva.

Potrebno je napomenuti, da je materijal nakon termalne hidrolize niske kaloričke vrijednosti i ne može se samostalno spaljivati.

2.5.5. OBRADA MULJA U CENTRIMA ZA ZBRINJAVANJE OTPADA

Pored kanalizacionog mulja s PPOV, druge vrste otpada, kao što je biorazgradivi otpad predstavlja atraktivan način, jer višak mulja sadrži relativno visok sadržaj azota, koji obično nedostaje u procesu kompostiranja. Iznos kanalizacijskog mulja koji se može pomiješati sa biorazgradivim otpadom u praksi iznosi od 10 do 20%. Veći postotak pomiješanog kanalizacijskog mulja nije poželjan zbog prevelikog unosa vode i štetnih tvari (npr. teški metali) koji se nalaze u višku mulja s PPOV.

3 PRIMJERI IZ PRAKSE

3.1. STUDIJA IZVODLJIVOSTI ZA TRETMAN I ODLAGANJE MULJA SA PPOV BUTILA – SARAJEVO

U okviru studije izvodljivosti za tretman i odlaganje mulja sa PPOV Butila-Sarajevo analizirane su sve prethodno navedene varijante tretmana i obzirom na specifičnosti, sastav, količine i lokacijske uslove, odabrana je najpovoljnija.

Urađena je i finansijko-ekonomska analiza te se komparativnom metodom odredila najpovoljnija.

3.1.1. SOLARNO SUŠENJE

Prema iskustvima solarno sušenje je održivo i ekonomično rješenje za sušenje mulja u dijelovima Europe sa sunčanom klimom tijekom većeg dijela godine i u sistemima koji raspolažu otpadnom toplotnom energijom (višak toplotne energije) te za postrojenja koja ne produkuju velike količine mulja poput PPOV Butila i za količinu po hidrolizi treba oko 10.000 m^2 površine.

3.1.2. ODLAGANJE NA DEPONIJAMA

Odlaganje mulja na deponijama nije u skladu sa praksama EU i potrebama po smanjenju biorazgradivog dijela otpada koji se odlaže te ne može biti dugoročno održivo rješenje, a i u tom trenutku za takvo rješenje još nema dovoljno analiza. Zbog toga ova alternativa nije dalje obrađivana.

3.1.3. UPOTREBA U POLJOPRIVREDI, ŠUMARSTVU I PEJZAŽNOJ ARHITEKTURI

Upotreba mulja u poljoprivredi zahtjeva postavljanje intenzivnog informiranja, obrazovanja i programske podrške integrirane u druge poljoprivredno orijentirane programe. Isto tako korištenje mulja u poljoprivredi zahtijeva uspostavu regulatornog okvira, upravljanje informacijama, uspostavu i održavanje katastra podataka o kvaliteti mulja i kvaliteti tla/zemljišta i sl. Također, moraju biti uspostavljeni mehanizmi kontrole (monitoring kvaliteta), a sva ta pitanja, u opisanim uvjetima, predstavljaju veliki trošak i faktor rizika.

Predviđena količina mulja sa PPOV Butila (45.000 tona/godišnje, sa 25 % ST) znači apliciranje ukupno 45.000 tona tekućeg mulja ili 11.250 tona/godišnje suhe materije na poljoprivredna zemljišta. Pošto maksimalne količine ne smiju prelaziti 10 tona suhe materije po ha godišnje, za potrebe unošenja mulja u poljoprivredno zemljište, trebalo bi oko 1.125 ha poljoprivrednog zemljišta, koje ne podliježe Pravilnikom navedenim ograničenjima.

Dodatni problem je i činjenica, da je mogućnost korištenja mulja kao gnojiva na poljoprivrednim površinama i sezonski ograničena, a višak mulja se na PPOV proizvodi ravnomjerno tijekom cijele godine i vrlo ga je teško skladištiti na duže razdoblje. Problem može nastati i kod greške u radu PPOV koja uzrokuje odstupanja u kvalitetu mulja

i u kojem slučaju potrebno je skladištiti mulj nezadovoljivog kvalieta te za njega naći drugo rješenje.

Zbog svega gore navedenog smatramo, da primjena mulja u poljoprivredne i ne-poljoprivredne svrhe ne može biti prihvatljivo dugoročno rješenje za velike količine mulja sa PPOV Butila odnosno za kanton Sarajevo. Time tu alternativu nećemo dalje obrađivati.

3.1.4. POLJA ZA HUMIZIRANJE

Tehnologija isušivanja na poljima sa trstikom nije prikladno rješenje za mulj proizveden na PPOV Butila jer je njegov sadržaj suhe tvari previsok (cca. 25% suhe tvari), a time i ne može biti ravnomjerno raspršivan na polja trstike. Osim toga, potrebna ukupna površina polja trstike je ogromna i iznosi cca. 68 ha.

3.1.5. SPALJIVANJE I SU-SPALJIVANJE

Spaljivanje otpadnog mulja s PPOV Butila u monospalionici je jedno od mogućih dugoručnih rješenja:

- predloženo rješenje je napravljeno za tretman do 45.000 tona digestiranog otpadnog mulja (25% suhe materije) godišnje;
- Za rad na djelomičnom opterećenju pretpostavlja se, da će postrojenje trebati dodatno gorivo za zagrijavanje (na primjer prirodni gas).
- Postrojenje treba oko 1.500 m² površine plus pristupne ceste, parking, i slično, te je tipično oko 30 m visoko.
- Proizvesti je moguće do 13.600 MWh korisne toplotne energije godišnje. Pretpostavljena je prodaja toplotne energije u mrežu KJKP Toplane d.o.o. Sarajevo po cijeni 32 EUR/MWh.
- Taloženje/precipitacija kiselinskih gasova ne može se jamčiti s jednim sustavom suhe sorpcije na osnovi hidratiziranog vapna. Stoga se smatra potrebom druga faza čišćenja s doziranje otopinom sode kako bi se osiguralo granične vrijednosti u skladu s direktivom EU-a. Alternativno može se instalirati sistem suhe sorpcije doziranjem natrijevog bikarbonata. No, ovaj sustav obuhvaća veće operativne troškove.
- Pretpostavljeno je, da se ostanak nakon spaljivanja (pepeo i šljaka) transportira i odlozi se na deponiju šljake i pepela po cijeni 60 EUR/tona (šljaka) i 600 EUR/tona (pepeo).

Suspaljivanje otpadnog mulja s PPOV Butila u kombinaciji s komunalnim otpadom u spalionici otpada (EfW) je cjelovito rješenje za otpadni mulj s PPOV Butila i komunalni otpad.

Važna napomena: u EfW postrojenju moguće je tretirati sav miješani komunalni otpad (čak i sa samo minimalnim odvojenim prikupljanjem na početku što je trenutna situacija u Sarajevu - ili nakon povećanog odvajanja ili obrade kasnije - u budućnosti u Sarajevu i Bosni i Hercegovini bit će uspostavljen optimiziran sustav upravljanja otpadom, ali u ovom trenutku nemoguće je predvidjeti tačno kada. EfW postrojenje je vrlo robustan koncept dobivanja korisne energije iz otpada koji se može prilagoditi konceptu gospodarenja otpadom. U EfW postrojenjima može se obrađivati otpad od oko 7 MJ/kg do oko 16 MJ/kg u prosjeku - potreban je samo otpad (tj. miješani komunalni otpad ili preostatak miješanog komunalnog otpada), a RDF nije potreban.

Međutim, u ovom trenutku ne možemo tačno procijeniti troškove za takav projekt za primjer kantona Sarajevo (npr. trošak priključka/povezanosti na daljinsku mrežu, komunalnu mrežu, ceste, uslove tla i srodnih troškova izgradnje, troškovi poreza, stvarni trošak za odlaganje ostataka pepela i šljake, i sl.) pa je te detalje prije konačne ocjene potrebno dodatno definirati.

U objektu EfW se kao ulazno gorivo može upotrijebiti vrste otpada iz tabele u nastavku.

To znači, da se u EfW objektu uz komunalni otpad može tretirati sve vrste otpada koji nastaje na PPOV Butila, osim:

- 19 08 02 Otpad iz procesa odpjeskavanja
- 20 01 35* Odbačena električna i elektronska oprema koja nije navedena pod 20 01 21 i 20 01 23 koja sadrži opasne komponente i
- 20 01 36 Odbačena električna i elektronska oprema koja nije navedena pod 20 01 21 i 20 01 23 koja sadrži opasne komponente
- (15 01 10* ambalaža koja sadrži ostatke opasne materije ili je onečišćena materijama i 15 02 02* apsorbensi, filterski materijali (uključujući filtere za ulje koji nisu na drugi način specificirani), materijali za upijanje i zaštitna odjeća onečišćena opasnim materijama može se koristiti do neke mjere, odnosno s ograničenjima).

Suspaljivanje otpadnog mulja s PPOV Butila u fabrici cementa je moguće rješenje, ali cijena preuzimanja mulja i transportnih troškova i bez investicije i troškova potrebnog sušenja viša je nego za primjer spaljivanja na lokaciji. Ocjenjujemo, da za primjer najbliže cementare Kakanj, uz poštivanje

troškova sušenja, transporta i preuzimanja mulja, zbrinjavanje bi se kretalo oko 80-90€ /toni preuzetog osušenog mulja.

Moguće i pogodne lokacije za predaju osušenog mulja na suspaljivanje u termoelektrane bile bi u Kaknju, Tuzli, Zenici (planirani početak rada 2017) i Banovićima (planirani početak rada 2018) u odnosu na cijenu predanog osušenog mulja. Zbog odgovora TE „Tuzla“ i TE „Kakanj“ u nastavku, smatramo, da je i stajalište ostalih termoelektrana slično, pa time predaja mulja u suspaljivanje u termoelektrane nije izvodljivo i prihvatljivo rješenje.

Pri izradi studije kontaktirane su TE na području BiH u Tuzli i Kaknju. TE Tuzla se očitovala da njihova kotlovska postrojenja ne dozvoljavaju suspaljivanje mulja i TE Kakanj se očitovao da nema interesa za suspaljivanje mulja sa postrojenja za prečišćavanje komunalnih otpadnih voda.

Ovim, zaključujemo da suspaljivanje otpadnog mulja sa PPOV Butila u termoelektranama u BiH nije izvedivo i neprihvatljivo je rješenje zbog neizkazanog interesa termoelektrana.

3.1.6. SPECIJALNE TEHNOLOGIJE (GASIFIKACIJ, PIROLIZA, HIDROLIZA)

Gasifikacija i piroliza za otpadni mulj s PPOV Butila nije pogodno rješenje, jer tehnologija još nije na takvom nivou, da bi bila pogodna za komercijalnu aplikaciju, i u ovom trenutku je još u fazi istraživanja i razvoja.

HIDROLIZA: Prema procjenama nekih proizvođača, ovisno od odabranog postupka, termalna hidroliza može smanjiti volumen mulja i do oko 60 %, a suši ga na oko 40 – 45 % suhe materije. Na kraju postupka ipak ostaje znatna količina mulja, za koju je potrebno provjeriti mogućnost direktne upotrebe, a ako takva ne postoji, dodatna obrada, odnosno zbrinjavanje (pirmjerice suspaljivanje u fabrikama cementa, koja zahtjeva sušenje mulja na 80-91% suhe tvari). Ali to znači, da ako se klijent kasnije odluči još na dodatno isušivanje proizvoda, postrojenje za isušivanje bi bilo skoro dva puta manje i koristilo bi upola manje energije za sušenje u odnosu na konvencionalnu digestiju mulja.

Zaključujemo, da je upotreba termalne hidrolize poželjna u prvom koraku zbrinjavanja mulja, kao postupak za smanjivanje količine otpadnog mulja, za optimiziranje produkcije biogasa i električne energije, ali da ne rješava problem zbrinjavanja mulja do kraja, pa ju je potrebno nadgraditi ostalim postupcima konačnog zbrinjavanja ovisno od lokalnih karakteristika.

3.1.7. OBRADA U CENTRIMA ZA ZBRINJAVANJE OTPADA

Potrebna količina odgovarajućeg otpada u Kantonu Sarajevo nije dostupna, tako da ova opcija za korištenje digestiranog kanalizacijskog mulja s PPOV Butila u svrhu izrade komposta nije adekvatno rješenje.

3.1.8. ODVOZ U INOZEMSTVO

Odvoz digestiranog ili osušenog otpadnog mulja s PPOV Butila izvan granica BiH u Austriju ili u Mađarsku nije pogodno rješenje zbog vrlo visokih troškova transporta i kreće se u rangu 158-177 EUR/t preuzetog mulja.

3.1.9. ZAKLJUČAK

U Studiji su bila obrađena tehnička rješenja (alternative) konačnog tretmana i odlaganja mulja. Iako su svih 9 detaljno obrađenih varijanti tehnološki izvodljive, kompletna studijska analiza je pokazala, da su za PPOV Butila dugoročna, ekonomski održiva i ekološki prihvatljiva slijedeća rješenja:

- Sušenje i suspaljivanje u fabrikama cementa u BiH
- Termalna hidroliza u kombinaciji sa sušenjem i suspaljivanjem osušenog mulja u fabrikama cementa

Tako su se nametnule Varijante 7 i 9, koje se mogu opisati kao varijacije sušenja i suspaljivanja, odnosno procesa hidrolize prije sušenja i suspaljivanja otpadnog mulja.

3.2. POSTROJENJA ZA PREČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA OPĆINE JAJCE

Količina mulja koji nastaje prečišćavanjem komunalnih otpadnih voda zavisi od sastava otpadne vode koja se prečišćava, ali i o samom procesu prečišćavanja. Obrada i trajno zbrinjavanje mulja koji nastaje tokom prečišćavanja otpadnih voda glavni je problem u postrojenjima za prečišćavanje otpadnih voda (PPOV). Učinak prečišćavanja otpadnih voda ne mjeri se samo kvalitetom prečišćene otpadne vode nego i učinkovitošću obrade mulja koji se izdvoji tokom prečišćavanja. Odabir odgovarajućeg rješenja i lokacije zbrinjavanja mulja ovisi o nekoliko faktora:

- kvalitet i količina mulja nastalog u uređaju za prečišćavanje otpadnih voda,
- zakonska regulativa,
- lokalni uvjeti kao i troškovi ulaganja i rada, te
- održavanje.

Troškovi obrade i zbrinjavanja mulja kod uređaja manjih kapaciteta iznose gotovo 50% ukupnih troškova poslovanja.

Obrada mulja na poljima trske je ekonomična i ekološki ispravna opcija za mala PPOV (manje od 10.000 ES), kao i za srednja gdje postoji dovoljno prostora. Funkcionisanje je pouzdano i fleksibilno uz veoma niske operativne troškove, nisku potrošnju energije i bez hemikalija. Djelovanje sistema polja trske može se podijeliti u više perioda vezano za trajanje sistema. Sistem može da radi do 30 godina i taj period se dijeli u dvije ili tri faze od po 8-12 godina. Svaka faza se sastoji od puštanja u rad, normalnog opterećenja, pražnjenja i ponovnog uspostavljanja sistema.

Tretman mulja na trščanim poljima povećava troškove izgradnje postrojenja za prečišćavanje, ali dugoročno značajno smanjuje operativne troškove tretmana mulja. Proizvod koji nastaje je stabilan, sličan humusu i pogodan za upotrebu u poljoprivredi, kao prekrivni sloj na deponijama, popravku zemljišta i sl.

Transport mulja na trščana polja se vrši u razmacima od 10 do 15 dana, u zavisnosti od klimatskih uslova i vremena koje je potrebno za cijeđenje i asimilaciju od strane biljaka. Polja za humifikaciju mulja obavljaju tri osnovne funkcije:

- obezvodnjavanje mulja,
- dekompozicija mulja i pretvaranje u materijal sličan humusu,
- skladištenje mulja za duži vremenski period (od 8 do 12 godina), nakon čega se bezbjedno može koristiti u poljoprivredi

Obezvodnjavanje se odvija putem evaporacije (isparavanja sa površine), transpiracije kroz lisnati dio biljaka i ocjeđivanje kroz drenažni sloj. Procjedne vode se nakon obavljenog tretmana vraćaju u postrojenje za prečišćavanje otpadnih voda u mehanički predtretman.

Proces dekompozicije (razgradnje) i mineralizacije mulja se odvija zbog prisustva biljaka, koje usvajanjem hranljivih materija i njihovom ugradnjom u zelene djelove smanjuju sadržaj nutrijenata u mulju. One na taj način stvaraju i aerobne uslove, koji su potrebni za aerobnu degradaciju i mineralizaciju mulja.

Polja se pune naizmjenično. U razdijelnom oknu se vrši raspodijela na distributivne cjevovode kojima se mulj raspodijeljuje na trščana polja. Cjevovodi su izolovani zatvaračima koji se nalaze u raspodjelnoj komori. Distribucija mulja po polju se vrši cjevovodima postavljenim sa obe strane polja sa ispusnim mjestima po dužoj strani polja.

Polja za sušenje mulja su projektovana kao otvorena, poluukopana betonska građevina sa filterskom ispunom od pijeska i šljunka različite granulacije, cjevovodima za dovod mulja i odvod procjedne vode, drenažnim cijevima, te zatvaračima za ispust mulja u polja za sušenje. Filterski sloj se sastoji od 20 cm krupnog opranog šljunka granulacije 32-56 mm, 10 cm opranog šljunka granulacije 16-32 mm i 20cm opranog pijeska granulacije 2-8 mm. Prije prvog punjenja, na filtracioni sloj se nanosi sloj mulja i zasad trske.

U poljima za sušenje mulja su smještene drenažne cijevi, postavljene u padu 0.5%. Procjedna voda se iz drenažnih cijevi odvodi cijevima do šahta, a dalje se procjedne vode sistemom odvodnih cijevi transportuju do ulaza u postrojenje za prečišćavanje (crpna stanica sa rešetkom).

Odvodnja ocjedne vode vrši se odvodnim/ drenažnim kanalom izvedenim u nagibu (1%) po sredini polja do sabirne komore odakle se vraća u ulaznu komoru PPOV.

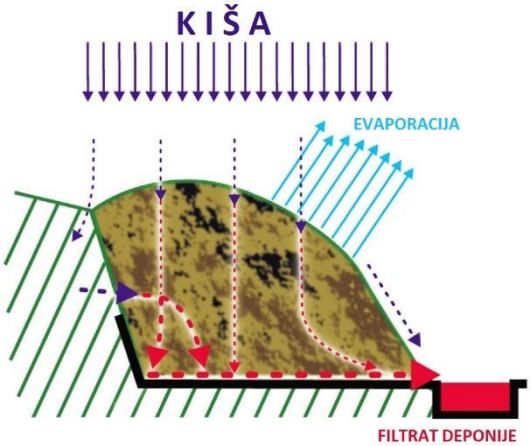
Biljke, to jest trske (Phragmites australis), se sade u prethodno pripremljen filterski sloj. Sadnju biljaka je potrebno izvesti za vrijeme vegetacijske sezone.

Pražnjenje polja po završenom ciklusu punjenja i stabilizacije se odvija uz pomoć utovarivača.

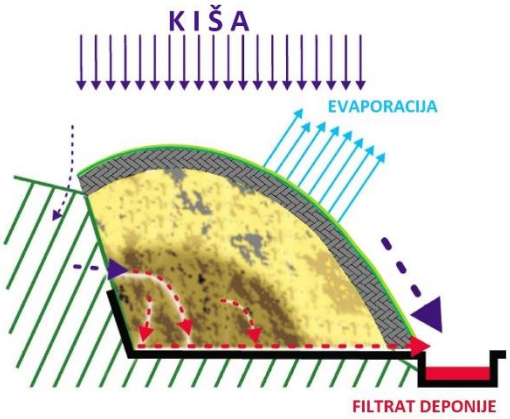
3.3. POSTROJENJE ZA PREČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA SA DEPONIJE MOSTAR

Ovim projektom su data slijedeća tehnička rješenja:

- Odvođenje filtrata iz objekta za reciklažu i njegov tretman prije ispuštanja u postojeću lagunu
- Odvod filtrata iz lagune do postrojenja za tretman – reverzna osmoza
- Povrat filtrata sa postrojenja i egalizacionog bazena na lagunu
- Odvod koncentrata na postojeću sanitarnu deponiju



Slika 10. Proizvodnja filtrata prije zatvaranja deponije



Slika 11. Proizvodnja filtrata nakon zatvaranja deponije

3.3.1. ODVOĐENJE FILTRATA IZ OBJEKTA ZA RECIKLAŽU

U sklopu ovog projekta, predviđeno je prikupljanje filtrata iz objekta za reciklažu u zaseban šaht – separator. Projektnim zadatkom je predviđeno da to bude više-komorni separator ulja i masti, zapremine 20m^3, protoka 80l/s.
Za odvod filtrata iz reciklažnog dvorišta predviđene su PEHD cijevi profila DN225 mm, sa padom od 0,85%.

3.3.2. ODVOĐENJE FILTRATA IZ NOVOIZGRAĐENE PUMPNE STANICE I LAGUNE

Na cjevovod filtrata od priključka voda iz reciklaže do nove pumpne stanice priključen je i povratni vod iz postrojenja a moguće je i priključiti i vod sa nove lagune koja je projektovana za prikupljanje filtrata sa "stare" deponije. Ovaj vod predstavlja sabirni cjevovod za prikupljanje filtrata.

Projektovan je kao PEHD cjevovod profila DN225 mm u padu od 1% do razdjelnog šahta. U razdjelnom šahtu se nalaze zatvarači za preusmjeravanje vode u postojeću pumpnu stanicu (Slika 12) ili postojeću lagunu.



Slika 12. Novoprojektovana pumpna stanica

3.3.3. ODVOĐENJE FILTRATA IZ TALOŽNIKA U LAGUNU

Odvodnja oborinskih voda oko tijela postojeće sanitarne deponije je izvedena tipskom betonskom segmentnom kanalicom 40x15 cm koja je postavljena u nožici obodnog nasipa deponije. Segmentnom kanalicom se oborinske vode dovode do armirano-betonskog okna sa taložnikom neposredno uz postojeću lagunu. Dimenzije taložnika su 1,96x1,88m, ukupne dubine 1,35m, debljine zidova i ploče 20cm.

Međutim prikupljene vode segmentnim kanalicama su onečišćene te ih je potrebno preusmjeriti u lagunu a potom i na uređaj za tretman filtrata.

3.3.4. ODVOĐENJE FILTRATA IZ LAGUNE DO POSTROJENJA REVERZNE OSMOZE

Filtrat iz lagune se preko usisnog cjevovoda DN50 mm i pumpnih agregata u šahtu dovodi do egalizacionog bazena pa zatim do projektovanog uređaja za tretman.

Uloga egalizacionog bazena je da obezbjedi smirivanje toka vode, taloženje i miran preliv iz jedne komore u drugu odakle će se voda pumpati do postrojenja. Dimenzije egalizacionog bazena 18,0x10,5m, svjetle dimenzije komore 1: 10x9,5 m, a komore 2: 6,6x9,5 m, ukupne dubine 3,4m. U egalizacionom bazenu predivđena su dva pristupna otvora, jedan na poziciji plutajućih pumpi, a drugi na poziciji pumpi za potrebe pražnjenja bazena. Egalizacioni bazen je podijeljen na dvije komore od kojih je prva komora veća i služi za zadržavanje vode odnosno taloženje čvrstih čestica prije preljevanja u drugu komoru. U prvoj komori predviđena je mogućnost montaže pumpe Q=1,0 L/s, Hman=3m, za čišćenje i pražnjenje bazena. U prvoj komori smješten je i dovodni potisni cjevovod iz lagune.

3.3.5. POVRAT FILTRATA SA POSTROJENJA I EGALIZACIONOG BAZENA

U egalizacionom bazenu su pored pumpi za potiskivanje filtrata prema postrojenju smještene i muljne pumpe. Ova dodatna pumpa predviđena je kao fleksibilna, koja bi se po potrebi namontirala. Pumpa je predviđena za slučaj čišćenja bazena. Projektovan je povratni vod od PEHD cijevi profila DN50mm u dužini od 10,33m od egalizacionog bazena do postojeće lagune. Karakteristika ove pume je: Q=1,0 L/s, Hman=3m te se montiraju u slučaju čišćenja i pražnjenja bazena odnosno za slučaje nužde.
Iz postrojenja su predviđene dva cjevovoda koje je potrebno vratiti u postojeću lagunu. Ova dva cjevovoda povrata filtrata su spojeni u jedan i

priključeni na glavni sabirni cjevovod koji vodi prema laguni.

3.3.6. ODVOD KONCENTRATA SA POSTROJENJA NA DEPONIJU

Standardni uslovi zahtjevani od strane nadležnih organa za recirkulaciju koncentrata

- Efikasna izolacija deponijske kasete sa plastičnim ili mineralnim materijalom
- Sistem odvodnjavanja
- Stabilnost tijela deponija
- Dovoljne količine organskog otpada/ komunalni otpad
- Sistem odvodnje gasova
- Kontrolisana infiltracija
- Kontrola balansa vode i gasova
- Kontrola granica veličine protoka
- Minimalna visina kasete

Prethodni uslovi za kontrolisanu infiltraciju koncentrata iz filtrata (na deponijama koje se koriste):

- upravljanje filtratom koji se temelji na kontroli ravnoteže vode u tijelu deponije, praćeno količinom vlage
- ispuštanje djelomičnog strujanja svih nastalih procjednih voda kao prečišćene vode (60 do 80%) nakon pročišćavanja s reverznom osmozom
- uništavanje kontaminanata u koncentratu filtrata koji su infiltrirani i u samom otpadu
- odlaganje komponenata koji više ne mogu eluirati formiranje minerala, adsorpcija itd. u odlagalištu

Proces aktiviran vodom:

- biohemijski proces dekompozicije na tijelu odlagališta
- smanjiti sadržaj organskih komponenti u otpadu i samog infiltriranog koncentrata
- toksični učinci koji bi se smanjili od viših razina pojedinačnih komponenata u koncentratu dosad nije detektovan
- raspad organskog i anorganskog materijala u obliku oksida, sulfida i karbonata, koji se proizvode mikroorganizmima tokom metabolizacije otpada
- apsorpcija teških metala na različitim površinama u otpadu kao što su minerali gline i spojevi humusnih supstanci
- procesi kristalizacije / formiranje minerala, u kojem nastaju i talože netopljive soli
- formiranje karbonata, sulfida i sulfata pomoću hemijsko-anorganskih procesa
- kombinacija tih procesa, temperature i / ili koncentracije

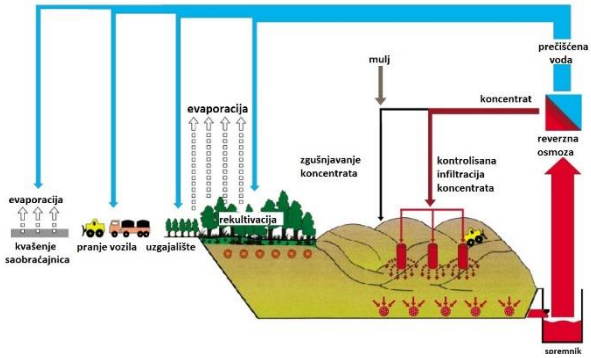
Efekti kontrolisane infiltracije koncentrata filtrata (trenutno aktivna odlagališta)

- optimizacija prinosa odlagališnih gasova (doprinos za uštedu resursa)
- ubrzavanje biološke stabilizacije tijela odlagališta
- skraćivanje faze naknadnog zbrinjavanja zbog ubrzane imobilizacije

Nekontrolirana infiltracija koncentrata ima sljedeće dugoročne negativne uticaje:

- povlaštene rute za kretanje koncentrata kroz tijelo deponije
- povećanje slanosti
- rizici takmičenja s metanizacijom

Nakon prečišćavanja filtrata nastaje koncentrat. Pored postrojenja je predviđen spremnik za koncentrat kapaciteta 20m^3. Iz postrojenja, koncentrat se pod pritiskom transportuje u spremnik za koncentrat, dimenzija 4x2,5m.



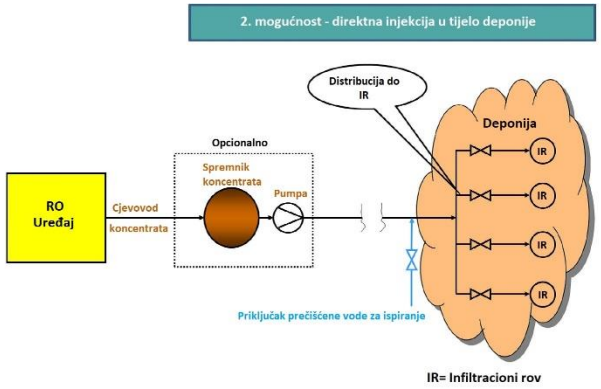
Slika 13. Proces i korištenje filtrata

Koncentrat se iz bazena uz pomoć perforiranih cijevi profila DN50mm transportuje u rovove na sanitarnoj deponiji. Predviđene su dvije uronjene pumpe kapaciteta 1l/s i visine dizanja Hman=20m. Dovod do tijela deponije predviđen je od punih PEHD cijevi profila DN50 u dužini od 44,53m. Perforirane cijevi postavljene su na tijelo deponije u dužini od 92,43m, u padu od 2% i minimalnoj dubini 1.5 m. Rovovi su postavljeni tako da udaljenost od lijevog i desnog ruba deponije bude minimalno 30m.

Uz pomoć Darsijevog zakona proračunata je količina koncentrata, i iznosi 0,45l/s.

Prema vodnom bilansu ukupno prečišćavanje iznosi 75% od ukupne količine filtrata. Ostatak od 25% predstavlja koncentrat koji se prebacuje u spremnik. S obzirom da je kapacitet postrojenja Q=80m^3/dan, očekivana količina koncentrata iznosi 0,25 l/s. Previđena zapremina spremnika je 20m^3 što omogućava zadržavanje koncentrata od 22.2h.

Pozitivni efekti kontrolisane infiltracije koncentrata na deponiju su optimizacija proizvodnje deponijskog gasa, ubrzanje biološke stabilizacije na tijelu deponije i skraćenje faze nakon zbrinjavanja.



Slika 10. Odabrani način povrata koncentrata na deponiju



Slika 14. Odabrani način povrata koncentrata na deponiju



Slika 15. Odabrani način povrata koncentrata na deponiju

3.4. GLAVNI PROJEKAT DEPONIJE I CENTRA ZA UPRAVLJANJE OTPADNOM TREŠNJICA – GORAŽDE

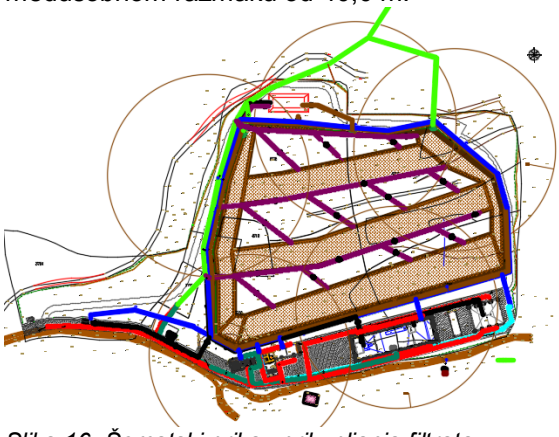
Izbor načina tretmana filtrata predstavlja veliki problem jer je sastav filtrata promjenjiv tokom vremena, s tim što su prisutne i varijacije u količini filtrata pa je čak moguć i potpuni izostanak filtrata. Općenito postoji više mogućnosti odnosno načina tretmana filtrata i to:

- aerobno biološko prečišćavanje,
- anaerobno biološko prečišćavanje,
- prskanje po velikim površinama zemljišta (land tretman),
- fizičko - hemijsko prečišćavanje,
- recirkulacija procjedne vode na deponiju,
- prečišćavanje na gradskim uređajima za prečišćavanje otpadnih voda.

Povećana početna vlaga otpada kao i veća količina padavine uzrokuju postizanje maksimalnih vrijednosti opterećenja u kraćem periodu. Daljim povećanjem padavina razrijeđuju se koncentracije zagađenja u filtratu.

Na deponiji Trešnjica predviđena su dva načina tretiranja filtrata, tako da se jedan dio procjednih voda iz lagune odvodi na uređaj za tretman procjednih voda, a dio se vraća na deponiju (recirkulacija filtrata). U lagunu se dovode samo procjedne vode sa kasete s otpadom, dok se vode sa praznih kaseta ne prečišćavaju, te se odvode direktno u sabirni vod čiste vode, a potom ispuštaju u vodotok.

Prikupljanje filtrata u svakoj od kaseta deponije vrši se putem sistema drenažnih cijevi. Drenažni sistem se sastoji od centralnog drenažnog voda (PEHD cijevi) i lateralnih vodova (PEHD cijevi) na međusobnom razmaku od 40,0 m.



Slika 16: Šematski prikaz prikupljanja filtrata

Filtrat prikupljen drenažnim cijevima, sistemom punih HDPE-cijevi, te revizijskih okana upušta se u otvorenu lagunu zapremine cca. 950m^3.

U drenažnim šahtovima postavljeni su EV zasuni koji omogućavaju regulisanje proticaja u sabirni vod čiste vode ili u lagunu. Do trenutka početka korištenja kaseta oborinske vode se uvode direktno u sabirni vod prečišćene vode, a potom u potok nizvodno.

Ovaj sistem omogućava nezavisno prikupljanje filtrata iz kasete koja se puni otpadom, i dispoziciju filtrata u lagunu. Istovremeno se ocjedne vode sa praznih kaseta tretiraju kao oborinske, te se iste sistemom cjevovoda, šahtova i zatvarača ispuštaju direktno u potok. Ovim je izbjegnuto povećanje količine filtrata koji bi se trebao tretirati, te su troškovi na pročišćavanju filtrata svedeni na minimum.
Primarna uloga drenažnih cijevi je da prikupljaju i transportuju filtrat u lagunu u periodu punjenja deponije.
U sklopu procesa tretmana filtrata koji je prikupljen u laguni, predviđeno je slijedeće:

- Povrat filtrata na tijelo deponije,
- Tretman filtrata na uređaju za pročišćavanje u drugoj fazi tretmana filtrata

Povrat filtrata na tijelo deponije prihvatljiv je i ekonomski i tehnološki opravdan postupak tretmana filtrata. Ovim se smanjuje količina filtrata koji se treba pročistiti, poboljšavaju se uslovi sabijanja, dekompozicije organskog otpada, te povećava proizvodnja bio plina.
U tu svrhu, neposredno uz tijelo deponije predviđena je izrada prepumpne stanice, koja usisava filtrat iz lagune i potiskuje ga u prsten položen oko tijela deponije.
Prskanje filtrata iz lagune na tijelo deponije predviđeno je preko 5 podzemnih hidranata DN80mm, ravnomjerno raspoređenih po cjevovodu, tako da mlaz prskanja može doseći bilo koju tačku na tijelu deponije.

LITERATURA

1. Zakon o poljoprivredi, prehrani i ruralnom razvoju („Službeni glasnik BiH“, br. 50/08)
2. Zakon o vodama Federacije Bosne i Hercegovine („Službeni glasnik FBiH“, br. 70/06)
3. Zakon o upravljanju otpadom („Službeni glasnik FBiH“, br. 33/03)
4. Zakon o Fondu za zaštitu okoliša („Službeni glasnik FBiH“, br. 33/03)
5. Zakon o zaštiti voda FBiH („Službeni glasnik FBiH“, br. 33/03 i 54/03)
6. Uputstva o uspostavljanju maksimalno dozvoljenog nivoa količine štetnih i opasnih supstanci u tlu i metodama mjerenja („Službeni glasnik FBiH“, br. 11/99)
7. Propis o opasnim i štetnim supstancama u vodama („Službeni glasnik FBiH“, br. 43/07)
8. Pravilnik o životinjskom otpadu i drugim neopasnim materijama prirodnog porijekla koji se mogu koristiti u poljoprivredne svrhe ("Službene novine FBiH" broj: 08/08)
9. Pravilnikom o utvrđivanju dozvoljenih količina štetnih i opasnih tvari u zemljištu i metode njihovog ispitivanja („Službene novine FBiH“ broj:72/09).
10. Uredba o životinjskom otpadu i ostalim neopasnim materijalima prirodnog porijekla koji mogu biti korišteni za potrebe poljoprivrede („Službeni glasnik FBiH“, br. 8/08)
11. Uredba o uslovima ispuštanja otpadnih voda u okoliš i sisteme javne kanalizacije („Službene novine FBiH“, broj: 101/15 1/16)
12. Pravilnik o kategorijama otpada sa listama („Službene novine FBiH“, broj: 9/05)
13. Studija izvodljivosti za tretman i odlaganje mulja, mart 2017, IPSA Institut, Sarajevo
14. Glavni projekat postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda sa regionalne deponije Uborak-Buđevci, Mostar, mart 2018, IPSA Institut, Sarajevo
15. Glavni projekat postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda općine Jajce, oktobar 2019, IPSA Institut, Sarajevo
16. Glavni projekat regionalne sanitarne deponije Trešnjica sa centrom za upravljanje otpadom, Goražde, februar 2019, IPSA Institut, Sarajevo

VISOKE BRANE U JUGOSLAVIJI

LARGE DAMS IN YUGOSLAVIA

Prof. dr Tarik Kupusović, dipl. inž. građ.
Institut za hidrotehniku d.d. Sarajevo, Stjepana Tomića 1, 71.000 Sarajevo
tarik.kupusovic@heis.ba

Sažetak: Razvijene zemlje uglavnom su izgradile sve visoke brane koje mogu i trebaju im. Za nerazvijene, pravo pitanje je „kako graditi" a ne „da ili ne graditi". Izazov je još važniji u svjetlu klimatskih promjena, koje donose veće varijacije proticaja voda, te povećane potrebe za akumulacijama da ih regulišu.
Do II svjetskog rada, u Jugoslaviji je postojalo 6 visokih brana. Od 130 visokih brana koje su izgrađene od 1945. do raspada Jugoslavije, u radu je ponešto navedeno o njih 40.
U posljednjem 25-o godišnjem periodu, osim nekih rekonstrukcija, modernizacija i nešto sitno, niti u jednoj državi nastaloj na tlu bivše Jugoslavije, nije ništa ozbiljno napravljeno, osim nasute brane Kozjak, u Sjevernoj Makedoniji. Ta brana je visoka impozantnih 130 m i gradili su je kineski inženjeri, od 1994. do 2004. g.

Ključne riječi: Regulacija režima voda, akumulacije, hidroenergetika, Jugoslavija 1945-'90.

Abstract: Developed countries already constructed most of the large dams they might and need. For undeveloped ones, right question is „How to construct", not „Yes or No". Challenges are even more important in the view of Climate Changes, with stronger water flow variability, which more provoking water regulations reservoirs. Up to the World War II, there were 6 large dams in Yugoslavia. From 1945. up to the dissolution of Yugoslavia, there were constructed 130 large dams; 40 are shortly described in the paper. In the last 25 years, except some reconstructions, modernizations and some minor works, not in any country established from the former Yugoslavia, nothing serious has been done. Exception is 130 m high dam Kozjak in North Macedonia, constructed from 1994 to 2004, but by the Chinese engineers.
Key words: Water regime regulation, Reservoir, Hydro-energy, Yugoslavia 1945-'90.

1 UVOD

"Treba dubinski i do srži osjetiti jade sa vodom i muke bez vode i tu vječnu borbu sa vodom i čežnju za vodom. Ako je vlažna godina – opasnost i nesreća, ako je sušna, nevolja još veća!" (Inž. Nikola Mirkov, 1890 - 1957, idejni tvorac i voditelj izgradnje kanala Dunav - Tisa - Dunav).

Zašto se grade visoke brane? Zbog akumuliranja vode, naravno. Time ljudi oponašaju prirodne procese, jer se u prirodi vode akumuliraju najčešće podzemno, zatim u snijegu i ledu, te prirodnim jezerima, iz kojih otiču po prirodnim zakonima. Međutim, prirodni režim voda je ljudima veoma nesklon – kada najviše treba, vode ima najmanje, a kada je ima najviše, ljudima treba najmanje, a tada poplave pričinjavaju i najveće štete! Treba li naglašavati, umjetna jezera omogućavaju kontrolisano zadržavanje i upotrebu voda prema ljudskim potrebama, uz istovremano zadovoljavanje potreba ekosistema zavisnih od voda.

Vodne akumulacije su uvijek značajan zahvat u prostoru. Vještačko jezero pruža niz šansi za razvoj, ali i sprječava neke ranije postojeće djelatnosti. Gradnja visoke brane traje obično nekoliko godina, s dominacijom klasičnih građevinskih radova.

Brane su služile mnogim civilizacijama posljednjih 5.000 godina. Akumulacije vode za navodnjavanje, zaštitu od poplava i transport, grade se već u neolitiku, kao, uz sakralne objekte, najranije značajnije ljudsko graditeljstvo. Svete knjige i epske legende stare Kine, Mezopotaije, Perzije, Egipta i Indije eksplicitno pominju ulogu hidroakumulacija.

Razvijene zemlje uglavnom su izgradile sve visoke brane koje su mogle i koje im trebaju. Za nerazvijene, pravo pitanje je „kako graditi" a ne „da li ili ne graditi?". Resurs koji se ne koristi, za ljude nema vrijednost! Ljudi su izmislili novac kao mjeru vrijednosti – u prirodi ga nema!

Ekološki i socijalno, visoke brane i akumulacije vode imaju uvijek značajne uticaje, i to kako tokom izgradnje, tako i tokom njihovog dugotrajnog funkcionisanja. Uvijek su prisutni najmanje: plavljenje zemljišta, modificiranje režima tečenja i promjene ili čak prekid kontinuiteta akvatičnog života duž rijeke, te eventualno manje ili veće preseljavanje ljudi. Inženjeri oduvijek transformiraju prirodno okruženje u ljudski, civilizacijski ambijent življenja, posebno kada su u pitanju hidroakumulacije.

Visoke brane su one brane čija visina od temelja do vrha (krune) iznosi više od 15 m, kao i brane visine od 5 do 15 metara, čije je umjetno jezero zapremine veće od 3 miliona kubnih metara (www.icold-cigb.org/GB/dams/definition_of_a_large_dam.asp).

ICOLD – "The International Commission on Large Dams", (zvanično ICOLD-CIGB, CIGB dolazi od francuskog „Commission Internationale des Grands Barrages") je međunarodno nevladino udruženje, osnovano 1928. godine u Parizu, koje danas okuplja tačno 100 nacionalnih komiteta za visoke brane (uključujući nekada Jugoslaviju, a od 1996. BiH, kao i sve zemlje regiona), te 15.000 individualnih članova: inženjerskih i razvojnih kompanija, zatim konzultanata, istraživača, inženjera i univerzitetskih profesiora, te finansijskih institucija i udruženja. ICOLD je svjetski vodeća profesionalna organizacija sa jakom i permanentnom strukturom, koja unaprjeđuje tehnologiju i inženjerstvo brana, podržavajući društveno i okolišno odgovoran održivi razvoj kroz upravljanje vodnim resursima, radi zadovoljavanja potražnje za vodom. Izazov postaje još važniji u svjetlu rastuće svjesnosti o klimatskim promjenama, koje donose sve veće varijacije proticaja voda, te povećane potrebe za akumulacijama, da bi se mogao regulisati režim voda bliže ljudskim potrebama.

U svijetu je izgrađeno oko 60.000 visokih brana, koje mogu akumulirati 4.000 km3 vode, što predstavlja oko jedne trećine realno dostupnih svjetskih obnovjivih vodnih resursa. U Evropi postoji oko 6.100 visokih brana, više od 10% od ukupnog broja u svijetu, ali stvaraju samo oko 5% postojećih svjetskih akumulacionih kapaciteta.

Danas se brane grade pretežno za hidroenergiju i to će se nastaviti još neko vrijeme, do dostizanja maksimuma iskorištenja hidroenergetskih potencijala. Nova situacija nastaje naglim razvojem vjetro i solarnih elektrana, kao i protočnih hidroelektrana, što dovodi do velikog povećanja potreba za balansiranjem energije, a to znači akumuliranja energije vode, umjesto samo proizvodnje hidroenergije kao takve. Danas su kapaciteti pumpno-reverzibilnih hidroelektrana samo 10% od ukupnih, dok se do 2050. predviđa njihovo izjednačavanje (ICOLD).

Iako je hidroenergetika odavno „zrela", klasična tehnologija, njena budućnost je svakako u novim tehnologijama takozvane četvrte industrijske revolucije (ili Industrije 4.0), koja se sastoji u prilagođavanju proizvodnje pametnom automatizacijom, samo-dijagnozom i otklanjanjem problema, te svjesnim i inteligentnim procesom donošenja odluka.

2 BRANA KLINJE

Prva visoka brana izgrađena na tlu Jugoslavije je zidana gravitaciona brana lučnog oblika Klinje, udaljena 8 km od Gacka, na rijeci Mušnici, visine 26 metara. Građena je od klesanog kamena, za vrijeme Austro-ugarske uprave Bosnom i Hercegovinom, od 1891. do 1896. godine. Kruna brane dugačka je 142 i široka 4,6 m, dok je širina temelja 16,7 m.

Brana Klinje je kulturno-istorijski spomenik i pod zaštitom je Republike Srpske i BiH

(http://www.upoznajsrpsku.com/index.php?language=SR&charset=latin&page=186).
Branom je formirano malo jezero, izuzetno bistre vode, površine 26 hektara, zapremine 2 miliona m3, između minimalne radne kote od 1.018 m n. m. i normalnog uspora 1.027 m n. m. Jezero je u početku služilo za navodnjavanje Gatačkog polja i smanjenje rizika od poplava, a kasnije i za rekreaciju i ribnjak.
Za potrebe termoelektrane Gacko, 1983. godine je na kraju akumulacije Klinje, na riječici Vrba, izgrađena nasuta brana sa uzvodnim armirano-betonskim ekranom, koja formira jezero Ulinje (ili Vrba), iz koje se voda preliva u Klinje. Korisna zapremina akumulacije Vrba iznosi 14,5 miliona m3. Karakteristične kote su: normalni uspor 1.062,5 m n. m. i minimalni radni nivo 1.027,0 m n. m.
Voda iz jezera Klinje se odvodi betonskom cijevi Ø 1.000 mm, dužine 60 m, koja se ispred nožice brane reducira na čeličnu Ø 700 mm. Ova cijev ulazi u tunel presjeka oko 4 m2, dužine 2.920 m, iskopan kroz stijene. Poslije tunela, čelični vod se nastavlja azbest-cementnim vodom Ø 500 mm, dužine 3979 m do platoa Termelektrane, gdje završava u bazenu sirove vode
(http://media.gacko-rs.info/2018/02/Regulacioni-plan-RiTE).
Oko jezera Klinje i Vrba planirana je izgradnja više turističko–ugostiteljskih objekata, luksuznih hotela, etno–sela, terena za rekreaciju, staza za jahanje i plaža
(http://media.gacko-rs.info/2018/02/Regulacioni-plan-RiTE).



Slika 1. Brana i jezero Klinje



Slika 2 Brane i jezera Vrba i Klinje

3 BRANE U JUGOSLAVIJI PRIJE I NEPOSREDNO POSLIJE II SVJETSKOG RATA

Do II svjetskog rada, u Jugoslaviji je postojalo 6 visokih brana, navodi Petar Stojić, u svojoj knjizi „Hidrotehničke građevine, knjiga I“, Građevinski fakultet Sveučilišta u Splitu, 1997, str. 153. Po jedna brana je bila u Bosni i Hercegovini (Klinje, kao što je već navedeno, iz 1896, visine 26 m) i Makedoniji (Matka, iz 1938, visine 38 m), te po dvije u Sloveniji i Srbiji. Interesantno je da se na zvaničnoj web stranici Slovenačkog komiteta za visoke brane (http://www.slocold.si/e_pregrade_seznam.htm), nabraja njih čak osam: Ajba, izgrađena 1940, visine 39 m, Dravograd, 1944, 23 m, Fala, 1932, 34 m, Podsela, 1939, 55 m, Završnica, 1914, 15 m, te tri „istorijske“ pregrade, Belčne Klavže, iz 1769, visine 18 m, Ovčjaške Klavže, 1812, 16 m i Putrihove Klavže, 1779, 15 m (sve u upotrebi do 1926, kada ih je poplava teško oštetila, a transport balvana (za šta su služile) nastavljen je drumski; danas su ove obnovljene pregrade turističko-istorijske atrakcije).
Prva brana izgrađena poslije II svjetskog rata, 1948. godine, bila je betonska gravitaciona brana Mariborski Otok u Sloveniji, visine 32 m, navodi Petar Stojić u svojoj knjizi. Interesantno je da se ova brana i hidroelektrana počela graditi još 1942. g, da bi do kraja rata bilo završeno oko 30 % građevinskih radova
(https://maribor24.si/gospodarstvo/hidroelektrarna-mariborski-otok-obelezuje-70-let). Nastavljeno je 1946, tako da je prvi agregat počeo raditi 5. septembra 1948. Kasnije, 1953. i '60. ugrađena su još dva agregata, tako da je ukupna snaga ove hidroelektrane 60 MW.



Slika 3 Brana i hidroelektrana Mariborski Otok

Već 29. novembra 1948. godine, izgrađena je i puštena u pogon još jedna hidroelektrana, Sokolovica, na rijeci Timok, kod Zaječara, u Srbiji (www.elektroenergetika.info/istorijat). Brana je gravitaciona, visine 18 metara, ukupne dužine 100 metara. Zapremina akumulacionog jezera iznosi 1,100.000 m³. Prvi agregat dobijen je iz ratne odštete, dok su drugi i treći projektovali i isporučili jugoslovenski proizvođači Rade Končar i Litostroj. Ukupna snaga ove HE iznosi 5,2 MW. Brana HE Sokolovica je jedna od rijetkih iz prijašnjih vremena koja ima riblje staze, i to sa obje strane brane. (https://sh.wikipedia.org-wiki/Mala_hidroelektrana_Sokolovica)



Slika 4 Brana i hidroelektrana Sokolovica

Autor Petar Stojić u već pomenutoj knjizi piše da je u bivšoj Jugoslaviji 1984. godine bilo izgrađeno ukupno 115 brana, dok je 7 bilo u gradnji. Najviša brana bila je Mratinje, visine 220 metara i dužine u kruni 296 m. Izgrađena je na rijeci Pivi, u Crnoj Gori, 1977. godine. Druga po veličini bila je lučna brana dvostruke zakrivljenosti Grančarevo, visine 123 m i dužine u kruni 445 m. Izgrađena je 1967. godine na rijeci Trebišnjici, oko 17 km uzvodno od Trebinja, u Bosni i Hercegovini. Najviša nasuta brana od kamenog nabačaja s glinenim jezgrom bila je brana Lazići, na planini Tari u Srbiji, visine 131 m, izgrađena 1982. godine za potrebe reverzibilne hidroelektrane Bajina Bašta.

Ovdje će se još napomenuti da se postojanje socijalističke Jugoslavije, od 1945. do 1990, može podijeliti u pet perioda pokušaja njene transformacije:

- Staljinizam, 1945.-1949.;
- Antistaljinizam, 1949.-1953.;
- Titoizam, 1954.-1963.;
- Tržišni socijalizam, 1964.-1973. i
- Konfederalizam, sa tzv. „dogovornom ekonomijom“, 1974.-1990. godine.

Tražena je formula ravnoteže višenacionalne socijalističke zajednice građana i naroda, ali se očigledno nije mogla naći.

Izgradnju visokih brana, kao veoma velikih investicionih poduhvata, zato treba gledati u svjetlu ovih transformacija bivše države.

Od oko 130 visokih brana koje su izgrađene od kraja II svjetskog rata do raspada Jugoslavije, znači u periodu od 45 godina, u nastavku će se, nakon jednog općeg pregleda, ponešto navesti o njih 40-ak.

4 VEĆI HIDROTEHNIČKI PROJEKTI U PRVIH 20-AK GODINA OD ONOG RATA

Poslije dužih i temeljnih priprema, u Beogradu je 1969. godine održan I Kongres o vodama Jugoslavije. Skup je sumirao dotadašnje rezultate i dao smjernica za dalje stručne, naučne i organizacione aktivnosti, u svjetlu specifično jugoslovenskog tržišnog socijalizma.

Za tih nešto više od 20 godina, bili su izgrađeni ili su se završavali značajni objekti i sistemi, od kojih se navode (približno po hronologiji puštanja u rad):

- Vlasinsko jezero i sistem od četiri hidroelektrane,
- Brane i hidroelektrane:
  - Moste na Savi,
  - Moravske hidroelektrane,
  - Jablanica na Neretvi,
  - Jajce I i II na Vrbasu,
  - Mavrovo u Makedoniji, Peruća na Cetini,
  - Zvornik,
  - Medvode na Savi,
  - Vinodol,
  - Sistem HE na Uvcu – Kokin Brod i Bistrica,
  - Globočica i Špilje na Crnom Drimu,
  - Rječina kod Rijeke,
  - Sistem ’Gornja Zeta’ sa HE Perućica,
  - Bajina Bašta,
  - Sistem Trebišnjice sa HE Trebinje 1 i HE Dubrovnik,
  - Potpeć na Limu,
  - Tikveš na Crnoj reci,
  - Sklope na Lici.
- Takođe, realizovani su brojni veći hidromelioracioni sistemi i sistemi za snabdijevanje vodom:
  - Kumanovski sa branom Lipkovo,
  - Prilep,
  - Batlava,
  - Modrac,
  - Brestovačka reka,

- Mladost kod Velesa,
- Vodoča u Makedoniji,
- Letaj u Hrvatskoj,
- Kalimanci na Bregalnici,
- Glažnja na Lipkovskoj reci, itd.

Završavan je jedan od najvećih hidrograđevinskih poduhvata u Evropi, hidrosistem Dunav-Tisa-Dunav, a tada je već uveliko poodmakla i izgradnja HE Đerdap 1.
Urađeni su i vrlo značajni vodovodni sistemi i intenzivno je rađeno i na rekonstrukciji objekata za uređenje voda i zaštitu od poplava.
Ovo je samo djelimični pregled izuzetno značajnih izgrađenih objekata za samo dvije decenije poslijeratnog stvaralaštva, koji su tadašnje hidrotehničko građevinarstvo Jugoslavije svrstale u vrhunski dinamičnu djelatnost. Po ovom, samo vema kratkom pregledu objekata i sistema, zapaža se da nije lišena smisla pošalica – da je sada teško okrečiti sve te objekte koji su isprojektovani i sagrađeni vlastitim snagama za samo dvije decenije gradnje (Branislav Đorđević, http://www.vodoprivreda.net/sample-page/).

5 VLASINSKO JEZERO

Nastalo je izgradnjom nasute brane s glinenim jezgrom, visine 34 m, širine krune 5,5 m i dužine 239 m, oko 12 km od Surdulice, u južnoj Srbiji. Brana je građena od 1946. godine, da bi punjenje bazena vodom počelo 09. aprila 1949. i trajalo do 1954. godine. Tada je Vlasinsko jezero dostiglo punu zapreminu od 168 miliona m3 vode i površinu od 16,5 km2. Jezero je dužine 9 km, maksimalne širine 3,5 km, najveće dubine 30 m i nalazi se nešto iznad 1.200 metara nad morem.
Voda iz Vlasinskog jezera se zahvata za hidroelektranu „Vrla I“, pa dalje u nizu do „Vrla II i III“, u dolini Vrle rijeke, te „Vrla IV“, na Suhoj Moravi, pritoci Južne Morave, kod Vladičinog Hana. Ukupna instalisana snaga ovih HE je 127 MW, a sistem je dovršen 1959. godine. Strojara HE „Vrla I“ izvedena je podzemno, zbog opasnosti od napada Istočnog bloka, nakon Rezolucije Inform Biroa (IB-a) 1948. godine, dok su ostale nadzemne, izvođene nakon što je opasnost prošla (https://sr.wikipedia.org/sr-el/hidroenergetski-sistem-Vlasina).







Slika 5 Izgradnja brane Vlasinskog jezera

6 MOSTE

Brana hidroelektrane Moste izgrađena je 1952. godine u veoma uskom kanjonu rijeke Save Dolinke, na krajnjem sjeverozapadu Slovenije, odnosno tadašnje Jugoslavije. To je lučno-gravitaciona pregrada visine 60 m i dužine u kruni 52 m. Bila je i ostala najviša brana u Sloveniji. Pravi akumulaciju vode dužine 5 km i površine 62 ha, zapremine 6,24 miliona m3, koja je nadvišenjem brane za 1,25 m, 1966. godine, povećana za 15 %.
Cijeli objekat je građevinski obnovljen 1999. godine. Odmah ispod brane, ukopana u brdu je strojara

hidroelektrane, prvobitno instalisane snage 13 MW, rekonstrukcijom 2008-10. godine, povećane na 21 MW, radi boljeg balansiranja vršne potrošnje električne energije (http://www.sel.si/HE-moste).





Slika 6 Brana i akumulacija Moste

7 JABLANICA

Vizija, planovi i projekti još iz Austro-ugarskog doba, da se u srednjem toku Neretve, od Konjica do Jablanice, nalazi ogroman hidro-energentski potencijal, dobila je svoju konkretizaciju izgradnjom prve velike hidroelektrane u Jugoslaviji nakon II svjetskog rata – HE Jablanica. To je tada bio najznačajniji objekat i najveći ispit nove vlasti. Branu, druge objekte hidroelektrane i sve prateće objekte i rekonstrukcije saobraćajnica, gradila su preduzeće iz cijele države, skupa sa 6.000 mladih brigadira iz cijele Jugoslavije i Evrope, od 1947. pa sve do 1958. godine. Poznata po velikoj bitci partizana i udruženih fašista iz 1943. godine (Bitka na Neretvi), Jablanica je dugi poslјeratni period bila jedno veliko gradilište.
Podizanjem betonske lučno-gravitacione brane visoke 85 metara, neposredno ispod ušća rijeke Rame u Neretvu, 5 km uzvodno od Jablanice, uz magistralni put prema Prozor – Rami, stvoreno je akumulaciono jezero maksimalne dužine 30 kilometara, koje se proteže uz Neretvu do Konjica, a uz rijeku Ramu do sela Gračaca. Površina jezera iznosi 13 km2, s najvećom dubinom od 80 m, uz najveće oscilacije vodostaja od 25 m. Zapremina akumulacije je 290 miliona m3, što je dovoljno za sezonsko izravnanje proticaja.



Slika 7 Brana i akumulacija Jablanica

Najkraćom trasom između jezera i podzemne strojare blizu Jablanice, voda se na turbine dovodi kroz dva paralelna tunela prečnika 5,0 i 5,5 m, dužine po dva kilometra i pri tome se koristi maksimalni pad od 111 metara, ostvarujući snagu od 150 MW.
Proizvodnja električne energije u HE Jablanica započela je u februaru 1955. godine. Nakon izgradnje, bila je dugo najveći hidroenergetski objekat u bivšoj Jugoslaviji, te je imala veliku ulogu u vremenu narastajućih potreba za električnom energijom, usljed ubrzane elektrifikacije i industrijalizacije tadašnje zemlje.
Izgradnjom hidroakumulacije potopljen je gradić Ostrožac, nastao 1888. godine izgradnjom željezničke pruge, te poljoprivredna, posebno voćarska područja u njegovoj okolini. Posljedicu ondašnjeg velikog državnog uspjeha dugo su nosili lokalni stanovnici, jer im nikad nije izvršena pravična naknada za potopljeno zemljište.
Zanimljivo je da zvanični grb Općine Jablanica prikazuje branu i akumulaciju s folklornim ornamentom uz gornji i srušenim mostom iz Bitke na Neretvi uz donji rub, sve obrubljeno zlatnim rubom.



Slika 8 Grb Općine Jablanica

Jablaničko jezero je bogato raznosvrnom ribom, poput pastrmke, glavatice, strugača, šarana, bijelog klijena, pijurice, i babuške.
Revitalizacija šest agregata i dijela prateće opreme Hidroelektrane, okončana je 2008. godine. Revitalizacijom je instalisani kapacitet povećan sa 150 na 180 MW i radni vijek produžen za narednih 30 - 40 godina (https://www.epbih.ba/stranica/hidroelektrane-na-neretvi#hidroelektrana-jablanica).

8 JAJCE I I II

Još 1894. godine u Jajcu je u rad puštena prva hidroelektrana u jugoistočnoj Europi, u početku s generatorom jednosmjerne struje od 1.000 KS = 735 kW, da bi do 1928. narasla na čitavih 7 MW, za pogon Elektrolize u Elektrobosni. Za podsjećanje, Nikola Tesla je svoju HE na Niagari izgradio 1895. HE Elektrobosna je koristila prirodno Veliko plivsko jezero i denivelaciju do doline Vrbasa, koju stvara više kaskada rijeke Plive i njen vodopad u Jajcu, visine 22 m. Izgrađeni dovodni kanal dužine 3.600 m, kapaciteta 15 m3/s, djelimično je bio betonski, a ostatak od drvene građe, profila 4x2 m.



Slika 9 Vodopad Jajce i ušće Plive u Vrbas

HE Jajce I projektovana je već 1946. godine i radovi su započeli '47. Tokom 1948. godine izbijen je dovodni tunel prečnika 5,4 m i dužine 5.700 m. Međutim, u septembru sljedeće godine radovi su obustavljeni zbog problema oko nabakve opreme, odnosno Rezolucije IB-a. Radovi su ponovo nastavljeni tek 1953, kada je Kraljevina Švedska donirala kompletnu elektromehaničku opremu, te je u novembru 1957. hidroelektrana puštena u pogon. Podzemna strojara i razvodno postrojenje smješteni su 7 km nizvodno od Jajca. Njen instalisani proticaj je 74 m3/s i snaga 60 MW, uz srednji neto pad od 92,5 m (www.ephzhb.ba/wp-content/uploads-Jajce_brosura_2014.pdf). Tada je i prestala s radom HE Elektrobosna Jajce.
Hidroelektrana Jajce II udaljena je 17 km nizvodno. Puštena je u rad 1954. godine. To je protočna elektrana s dnevnim izravnanjem putem svoje akumulacije od 2,1 milion m3 korisnoga volumena, koji se proteže od brane do donje vode HE Jajce I, u dužini od 5 km, s oscilacijom nivoa od 7,0 m. Brana je lučno-gravitaciona, smještena 15 km nizvodno od Jajca, visine 19,5 m.





Slika 10 Izlazi iz podzemnih strojara i rasklopnih postrojena HE Jajce I i II

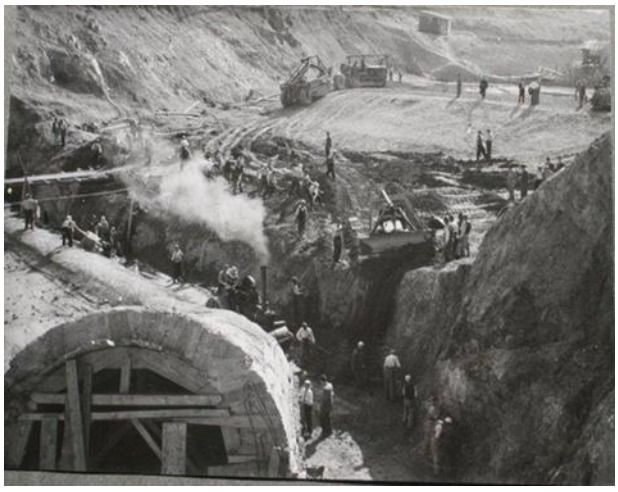
Dovodni tunel je dužine 2,8 km i prečnika 5,5 m. U podzemnoj strojari su smještena tri agregata ukupne snage 30 MW.

9 SISTEM MAVROVO

To je veoma složen višenamjenski vodoprivredni sistem u jugozapadnoj Makedoniji, građen od 1947. do '60. godine, te dograđivan sve do 1977. Prva faza je završena 27. maja 1957, kada je tadašnji predsjednik Tito pustio u rad hidroenergetski sistem Mavrovo. Hidroakumulacija Mavrovo ima 357 miliona m3 vode na koti 1.200 m. n. m, čija se površina zimi redovno ledi; zemljana brana je visine 62 i dužine 210 m, sa širinom krune od 5 m. Dovodi vode, kanali i tuneli su ukupne dužine 130 km. U sistemu su tri hidroelektrane: Vrben od 16, Vrutok od 168 i Raven od 24 MW, sa koncentracijama pada od 185, 550 i 71 m, respektivno. Sistem ima više tlačnih cijevi, i čak sifon od 900 m, a izgrađeno je i 167 km puteva za pristup i održavanje (http://www.elem.com.mk/?page_id=1840&lang=en).

Mavrovsko jezero je potopilo 1.370 ha livada i šume, dugo je 10 km, široko između 3 i 5 km, s najvećom dubinom od 50 m, poribljeno pastrvom i drugim ribljim vrstama. Jezero je sa juga ograđeno šumovitom i travnatom planinom Vlainicom, a sa sjevera ograncima Šar planine. Već od 1949. je dio nacionalnog parka Mavrovo, najvećeg od tri u današnjoj Sjevernoj Makedoniji, u posljednje vrijeme sa veoma razvijenom turističkom infrastrukturom (http://npmavrovo.org.mk/?lang=en).

U skladu sa političkom situacijom 50-tih godina prošlog vijeka, kada je Jugoslavija bila pod blokadom i Istoka i Zapada, svi ključni objekti elektrana su iz razloga sigurnosti projektovani i izvedeni kao podzemni. Oprema za građenje je bila veoma oskudna, pa se odsustvo prikladnih mašina nadoknađivalo zaista visprenom organizacijom građenja i nenadmašnim entuzijazmom graditelja (http://www.vodoprivreda.net/wp-content/uploads/2019/01/3-Mikle-Serafimovski-portret_R.pdf). Kroz gradnju Mavrova i drugih sistema u to vrijeme, preovladavala je koncepcija da su veliki hidrotehnički projekti najefikasniji razvojni projekti, oni koji kao „lokomotive razvoja“ za sobom povlače svekoliki razvoj zemlje, kao što se to uostalom dešavalo i u gotovo svim najrazvijenijim državama svijeta; u stvari već od prvih civilizacija do današnjih dana. Jer, tadašnja odluka „sve gradimo sami“ značila je da se paralelno razvijaju i sve druge grane privrede, od projektovanja i mašinogradnje, industrije građevinskih materijala i građevinskih mašina, pa do proizvodnje složene opreme za upravljanje. To je bio veoma zdrav razvojni ambijent, u kome se znalo da se troškovi gradnje hidroelektrane otplate za 10-ak godina (kao i danas), a onda one postaju čiste „fabrike para“. „Zdrav razvojni ambijent“ je sada, u gotovo svim državama nastalim nakon raspada Jugoslavije, odnosno svim državama Zapadnog Balkana, samo pusta želja, ali bi se iz „onih vremena“ moglo svašta naučiti!



Slika 11 Gradnja sistema Mavrovo





Slika 12 Jezero i brana Mavrovo

Revitalizacija i produženje radnog vijeka svih objekata sistema Mavrovo, uz povećanje kapaciteta, sigurnosti i optimizaciju rada, izvršena je 2014. godine.

10 ZVORNIK

U Prvom petogodišnjem planu (Prva petoljetka) obnove i razvoja Jugoslavije nakon Drugog svjetskog rata, napravljen je plan o izgradnji 30-ak električnih centrala. Najveći hidropotencijal u zemlji imala je Drina, pa je kao prva u nizu već 1946. projektovana HE Zvornik, da bi radovi započeli 1948. godine. Na tom tada najvećem gradilištu u zemlji, pored radnika dovedenih iz svih krajeva Jugoslavije, prisilno su radili i ratni zarobljenici, politički osuđenici, te lokalno stanovništvo. I pored oko 2.000 ljudi u smjeni, gradnja je sporo odmicala, jer je Drina pet puta plavila i rušila dijelove gradilišta, pri čemu je 39 ljudi poginulo. Konačno je 18.1.1953. rijeka uspješno pregrađena, da bi elektrana bila dovršena i puštena u rad 26.9.'55. godine (http://www.eps.rs/cir-dlhe/Pages/Proizvodni_kapaciteti.aspx).



Slika 13 Gradnja HE Zvornik

Visina betonske gravitacione brane je 42 m, dok je korisni pad 21,6 m. Sa svake strane brane je simetrično izvedena po jedna strojara. Dužina brane je 166,5 metara, a ukupna dužina računajući i strojare iznosi 267 m. U početku je instalisana snaga iznosila 86,6 MW. Kasnije je podizanjem nivoa gornje vode i produbljivanjem korita rijeke Drine ispod brane, znači povećanjem korisnog pada, te revitalizacijom opreme i zamjenom agregata, u 2018. i '19. godini, snaga ove HE povećana na 110 MW (http://www.eps.rs/cir/dlhe/Pages/Proizvodni_kapaciteti.aspx).
Brana ima osam prelivnih polja za propuštanje velikih voda, slapište dužine 32 m za umirivanje toka vode koja se preliva, te 4 temeljna ispusna tunela za propuštanje riječnog nanosa . Sa desne strane u brani je tunel dug 125 m za propuštanje balvana. Na lijevoj strani brane je riblja staza dužine 160 m.



Slika 14 Brana i Zvorničko jezero

Izgradnjom brane formirano je vještačko jezero dužine 25 kilometara i površine 8,1 km2, te ukupne zapremine 90 miliona m3. Vlasnik HE je Elektroprivreda Srbije, iako granica sa BiH ide sredinom rijeke.

11 MEDVODE

Gradnjom betonske gravitacione brane Medvode, od 1947. do '53, pregrađena je rijeka Sava 15-ak km uzvodno od Ljubljane i stvoreno Zbiljsko jezero. Brana je visine 30 i dužine 134 m, a u sklopu nje je i strojara s agregatima ukupne snage 25 MW. Jezero je površine 72 ha i zapremine 3,05 miliona m3. I ovu branu su, osim radnika iz cijele Jugoslavije, gradili i ratni zarobljenici.





Slika 15 Brana i panorama Medvoda s branom i jezerom

12 VINODOL

Od ukupno 30 izgrađenih visokih brana u Hrvatskoj, najstarija je brana Bajer, visine 15 m, izgrađena 1951. g. na rijeci Ličanki, u sklopu hidroenergetskog sistema Vinodol. Izgradnja samog sistema započeta je 1939, koja je smanjenim intenzitetom trajala sve do kapitulacije Italije 1943. Odmah nakon Drugog svjetskog rata, nastavljena su istraživanja, projektovanja i daljnja gradnja sistema, koji je završen 25.5.1952. puštanjem u rad HE Vinodol snage 84 MW, a nakon rekonstrukcije 94,5 MW, sa instalisanim proticajem 18,6 m3/s i srednjim bruto konstruktivnim padom od 658,5 metara. Čitav sistem se sastoji od Lokvarkog jezera i jezera Lepenica, Bajer i Potkoš, te više tunela i kanala, crpnih stanica i reverzibilnih malih hidroelektrana (https://hr.wikipedia.org/wiki/Hidroelektrana_Vinodol; http://www.hep.hr/proizvodnja).



Slika 16 Umjetna jezera Lepenica, Potkoš i Lokvarsko, hidroenergetskog sistema Vinodol

13 PERUĆA

Brana Peruća je nasuta kamena brana sa glinenim jezgrom na rijeci Cetini, građena od 1956. do '58. godine, a u svrhu proizvodnje električne energije na HE Peruća, te rješavanja poplava u Hrvatačkome i Sinjskom polju. HE Peruća je akumulaciona hidroelektrana prvobitne snage 41,6 MW, čija je strojara smještena uz branu, udaljenu uzvodno 16 km od grada Sinja.

Jezero Peruća je najveća akumulacija u Hrvatskoj, ukupnog volumena 565 miliona m3 i površine 20 km2. Brana je visine 65 m, i nalazi se 25 km od izvora rijeke Cetine.

HE Peruća je 1960. godine puštena u rad. Za dovod vode na turbine, u brani je izgrađen tunel promjera 6,7 m, ukupne dužine 300 m.

HE Peruća je uspješno obavljala svoju funkciju sve do septembra 1991. godine, kada je bila okupirana. Okupacija je trajala do januara 1993, kada je miniranjem pri punom jezeru namjera okupatora bila potopiti nizvodno područje, uključujući grad Omiš. Međutim, 25 tona eksploziva postavljenog u galeriji i preljevnoj građevini samo je oštetilo branu, a jedino je strojara potopljena. Do 1995. godine, brana je uspješno sanirana i nadvišena za 1,5 m, čime je povećan volumen akumulacije. U razdoblju 2004 – 2008. zamijenjena su oba agregata i sistem upravljanja, te je povećana snaga elektrane na 61,2 MW (http://www.hep.hr/proizvodnja/hidroelektrane-1528/pp-he-jug/he-peruca/1551).







Slika 17 Jezero, brana i strojara hidroelektrane Peruća

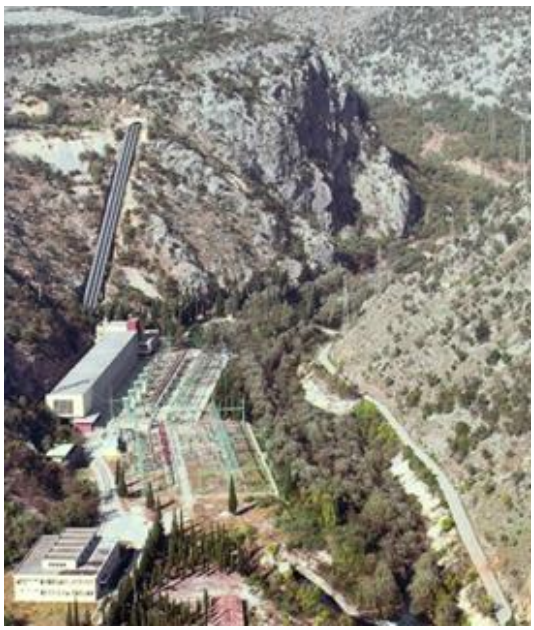
14 PERUĆICA

HE Perućica je najstarija velika hidroelektrana u Crnoj Gori, puštena u pogon 1960. godine. Nazvana je po vrelu Perućica, koje izvire u blizini hidroelektrane. Nalazi se blizu Nikšića i uz instalisani proticaj od 68 m3/s, ima instalisanu snagu 285 MW. Projektovana korisna akumulacija je 225 miliona m3 voda sliva rijeke Gornja Zeta, odnosno voda koje dotiču u Nikšićko polje pri padu od preko 500 m i na kratkom rastojanju od Bjelopavlićke ravnice.

Voda za HE Perućicu sakuplja se u akumulacijama Krupac i Slansko, te retenziji Vrtac, za koje su izgrađene tri nasute brane dužina 1.480, 1.630 i 2.380 m, te visina 19,5, 21,2 i 16,5 m. Krupac i Slansko imaju skupa zapreminu 153 miliona m3, dok za retenziju Vrtac vododrživost nikada nije postignuta. Voda teče sistemom kanala dužine oko 40 km i skuplja se u kompenzacioni bazen od 180.000 m3, zatim kroz dovodni tunel dužine 3,3 km i prečnika 4,8 m, te 3 tlačna voda položena po površini, dužine 1,9 km i prečnika 1,80 do 2,65 m. U strojari je 7 agregata, a u toku su pripremni radovi za instaliranje dodatnog, osmog, uz zahvatanje novih količina vode iz rijeke Zete u akumulaciju Krupac, povećanje instalisanog proticaja na 81 m3/s i snage postrojenja na 307 MW, te takođe uz rekonstrukciju razvodnog postrojenja (https://www.epcg.com/o-nama/hidroelektrana-perucica).







Slika 18 Slansko jezero i tlačni vodovi za HE Perućica

15 KOKIN BROD I BISTRICA

Izgradnja hidroelektrana u slivu rijeke Lim otpočela je 1953. godine. Krajem 1959. g. proizvedeni su prvi kilovatsati električne energije u HE „Bistrica“, a godinu dana kasnije u HE „Kokin Brod“.
Izgradnja sistema Kokin Brod - Bistrica počela je podizanjem brane Radoinja na Uvcu, na 43. kilometru od ušća u Lim. Kamena nasuta brana visoka je 43 m, a dugačka 361 metar. Akumulacija Radoinja proteže se 12 km dužinom Uvca, ima zapreminu 7,5 miliona m3, a sa strojarom HE „Bistrica” povezana je dovodnim tunelom dužine 8 km, prečnika 4 m. Nastavilo se radovima na izgradnji ogromne brane i ostalih dijelova HE „Kokin Brod”. Brana se sastoji iz dva dijela: glavna brana koja pregrađuje korito Uvca visoka je 83 metra i dugačka 480 metara; bočna brana visoka je 23, a dugačka 700 metara. Akumulacija od 250 miliona m3 nastala izgradnjom brane, dugačka je 26 kilometara.
HE Kokin Brod ima snagu 22,5 MW, sa ukupnim instalisanim protokom od 43 m³/s, a HE Bistrica 104 MW, sa 36 m3/s.





Slika 19 Brana Radoinja i strojara HE Bistrica – ispred je Potpećko jezero HE Potpeć

16 MODRAC

Brana Modrac, visine 33,5 m, izgrađena je 1964. g. na rijeci Spreči, čime je formirana akumulacija površine 17 km2, zapremine 100 miliona m3 i prosječne dubine 5,3 m. Osnovne namjene akumulacije su obezbjeđenje vode za industriju na području Tuzle i Lukavca, razblaživanje otpadnih voda koje se ispuštaju u Spreču i smanjenje rizika od poplava.
Brana Modrac je armirano-betonska višelučna, visine 28 m i dužine u kruni 205 m. Brana se sastoji od 10 svodova sa kontraforima, od kojih su tri prelivna sa ski skokom, bez ustava. Četiri temeljna ispusta smještena u kontraforima širine od 3 m u stopi do 1,4 m pri vrhu, sa klinastim zatvaračima, služe za upravljanje količinama vode koje se ispuštaju, do maksimalnog njihovog kapaciteta od 80 m3/s.
Akumulacija Modrac danas služi i za interventno snabdijevanje pitkom vodom Tuzle, uz veoma skupo prečišćavanje, zatim za proizvodnju energije na maloj HE od 1,9 MW, za turizam i rekreaciju, te navodnjavanje nizvodnog područja. (https://spreca.com/opsti-podaci/). Mala HE ugrađena je na jednom od temeljnih ispusta, a planira se izvesti još jedna od 0,5 MW.





Slika 20 Brana i jezero Modrac

17 GLOBOČICA I ŠPILJE NA CRNOM DRIMU

Rijeka Crni Drim ističe iz Ohridskog jezera u Struzi i na njoj je 1960-'65. izgrađena brana akumulacije Globočica i hidroelektrana od 42 MW, te brana i Debarsko jezero za HE Špilje od 84 MW, '69. godine.



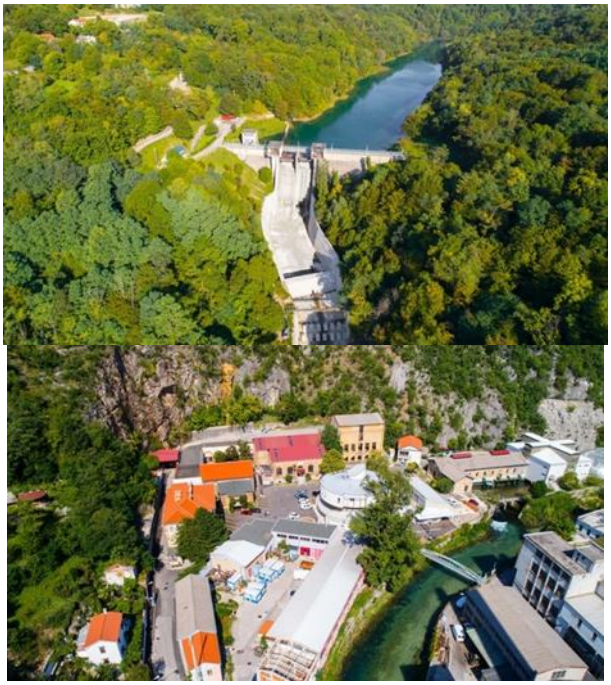


Slika 21 Brana Globočica sa šahtnim preljevom i HE Špilje

Globočica je kamena nasuta brana visine 94,5 m, koja formira akumulaciju zapremine 60 miliona m3. Špilje je također kamena nasuta brana visine 102 m, s najvećom akumulacijom u Makedoniji – Debarskim jezerom, od 520 miliona m3 (http://www.elem.com.mk/?lang=en).

18 RJEČINA KOD RIJEKE

Izgradnjom betonske gravitacione brane visine 35 m na rijeci Rječini nekoliko km od Rijeke, na koti 229,5 m nad morem, ostvareno je malo umjetno jezero od 0,5 miliona m3 i zahvat vode za strojaru hidroelektrane Rijeka, smještenu 5 m nad morem, u samom centru grada Rijeka, blizu morske obale. Instalisani proticaj kroz tunel prečnika 3,2 metra i dužine 3,1 km je 21 m3/s. Ovo postrojenje snage 36,8 MW pušteno je u pogon 1968. godine (http://www.hep.hr/proizvodnja/hidroelektrane-1528/pp-he-zapad/he-rijeka/1535).



Slika 22 Brana s jezerom i zgrada strojare hidroelektrane Rijeka

19 BAJINA BAŠTA

Gradnja betonske gravitacione brane HE Bajina Bašta na Drini, visine 90,5 i dužine 460 m, započeta je 1961, a HE je u pogonu od kraja '66. godine. Akumulaciono jezero Perućac, dužine je 52 km, proteže se do Višegrada, površina mu je 12,4 km2 i ukupna zapremina 345 miliona m3. Najveća širina jezera je 1.000 metara, a najmanja 150, pri čemu je sredina jezera granica između BiH i Srbije. Uz branu se nalazi strojara s 4 agregata, instalisanog proticaja 700 m3/s, na padu od 66 m, snage 420 MW.





Slika 23 Gradnja brane HE Bajina Bašta i brana sa strojarom i jezerom danas

Revitalizacijom HE Bajina Bašta 2009 – '14. godine, snaga je povećana za dodatnih 54 MW (http://www.eps.rs/cir/dlhe/Pages/HE-Bajina-Ba%C5%A1ta.aspx).

20 HE SENJ

Hidroelektrana Senj, u pogonu od 1965. godine je visokotlačno derivacijsko postrojenje snage 216 MW. Podzemna strojara je smještena 7 km južno od grada Senja, uz samu obalu. Uz hidropotencijal rijeke Gacke, koristi i hidropotencijal rijeke Like, počevši od akumulacije Krušćica (128 miliona m3), HE Sklope (22,5 MW), spoja voda ovih rijeka, te dovođenjem zajedničkih voda u HE Senj. Instalirani proticaj je 60 m3/s, a pad vode je 437 metara. HE Senj prosječno godišnje proizvodi 22% ukupne proizvodnje hidroenergije u Hrvatskoj. U planu je i njeno proširenje za još 350 do 400 MW, proširenjem postojećeg umjetnog jezera Krušćica.

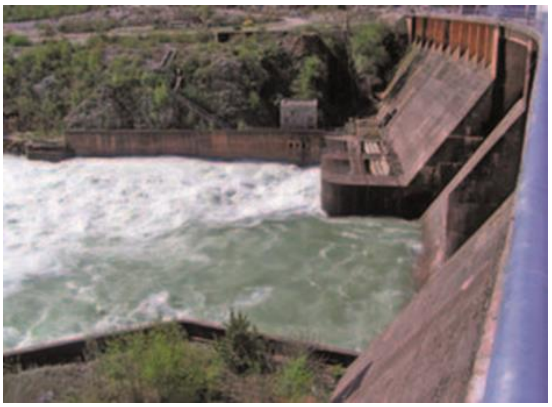


Slika 24 Strojara i razvodno postrojenje HE Senj

21 HE ZAKUČAC

HE Zakučac, snage 576 MW smještena je na ušću rijeke Cetine u more kod Omiša. Puštena je u pogon 1962. godine i isporučuje oko trećinu ukupne hidroenergije u Hrvatskoj. Osnova rada HE Zakučac je korištenje sliva rijeke Cetine iz dvije daljinske akumulacije, Peruće i Buškog Blata, koja je u Bosni i Hercegovini. Umjetno jezero Peruća vrši sezonsko izravnanje proticaja, dok Buško Blato vrši potpuno godišnje izravnanje. S ova dva jezera, HE Zakučac ima mogućnost vršnog opterećenja u najvećem dijelu godine (http://www.hep.hr/proizvodnja/hidroelektrane-1528/pp-he-jug/he-zakucac/1555).
U donjem toku rijeke Cetine, betonskom branom Prančevići, visokom 35 m, formirano je derivacijsko jezero Prančevići ukupne zapremine 6,8 miliona m³, koje služi za potpuno dnevno izravnanje dotoka i gdje se vrši zahvat 4 x 60 = 240 m3/s vode potrebne za rad agregata hidroelektrane Zakučac.





Slika 25 Izlaz vode iz strojare i rasklopno postrojenje HE Zakučac te brana Prančevići za HE Zakučac

22 TIKVEŠ

Brana i jezero Tikveš su među najvećim u Makedoniji, izgrađeni 1968. godine na Crnoj Rijeci, pritoci Vardara, blizu grada Kavadarci. Nasuta kamena brana, visine 113,5 m, formira akumulaciono jezero od 479 miliona m3, dužine 29 km i površne 14 km2, čija se voda koristi za navodnjavanje Tikveškog polja, najtoplijeg i najsuhljeg regiona u Makedoniji, zatim za rekreaciju i turizam, te hidroelektranu Tikveš, snage

113 MW (www.elem.com.mk/?page_id=1862&lang=en).
Jezero je danas u centru zaštićenog ornitološkog parka prirode, s tri stalna ostrva i 23 vrste ptica – predatora (https://macedonia-timeless.com/eng/things_to_do/senses/sight/lakes/tikvesh-lake/).







Slika 26 Jezero Tikveš

23 SISTEM TREBIŠNJICE

Projekt korišćenja hidrosistema Trebišnjica zasniva se na izgradnji niza objekata (brane, akumulacije, otvoreni kanali, tuneli i hidroelektrane), kojima se vode kraških polja Istočne Hercegovine kontrolisano koriste za navodnjavanje, smanjenje rizika od poplava i proizvodnju električne energije. Planirana je izgradnja 7 hidroelektrana i 6 akumulacionih bazena u sistemu.
Do sada su izgrađene četiri hidroelektrane, koje koriste vodu iz akumulacije Bileća: HE Trebinje I snage 180 MW, HE Trebinje II, 8 MW, HE Dubrovnik, 216 a nakon rekonstrukcije 252 MW i pumpno-reverzibilna HE Čapljina, 420 MW. One su građene od 1960. godine i sukcesivno su ulazile u pogon počevši od 1965. (HE Dubrovnik) do 1981. (HE Trebinje II). Preostale tri hidroelektrane pripadaju podsistemu „Gornji horizonti“ i to su: HE Nevesinje (60 MW), HE Dabar (160 MW) i Bileća (30 MW).
Podsistem „Gornji horizonti”, obuhvata korišćenje voda na pravcu Gatačko polje - rijeka Zalomka - Nevesinjsko polje - Dabarsko polje - Fatničko polje - akumulacija Bileća. U ovaj sistem se u konačnoj etapi uvodi dio voda sjeverozapadnog dijela Nevesinjskog polja. U toku je izgradnja HE Dabar.
Akumulaciju Bileća, najveću u Jugoslaviji, površine 33 km2 i zapremine 1.300 miliona m3 stvara brana Grančarevo. To je lučna brana dvostruke zakrivljenosti, visine 123 metra i dužine po kruni 445 metara. Njena debljina u dnu je 27 metara, a na vrhu 4,6 metra. Zanimljivo je da se ista količina vode prirodno akumulirala tokom poplava Popovog polja, koje su trajale 6 do čak 9 mjeseci godišnje.





Slika 27 Brana Grančarevo i jezero Bileća, danas i tokom gradnje





Slika 28 Kanal kroz Popovo Polje za navodnjavanje i CHE Čapljina, te izlaz iz HE Dubrovnik

24 HE RAMA

Dužina rijeke Rame, najveće pritoke Neretve, u prirodnom toku iznosila je 33 kilometra. Jablaničkim jezerom je 1954. g. smanjena dužina toka Rame za 9 km, jer se sada ulijeva u jezero. Visinski pad od izvora do ušća iznosi 376 metara, što je i razlog izgradnje elektrane i hidroakumulacije, kojom je potopljeno 15,5 km2 zemljišta i iseljeno 1.700 ljudi.
HE Rama je građena od 1964. do '68. godine. Brana od kamenog nabačaja sa uzvodnim armirano-betonskim ekranom, visine 103 metra i dužine u kruni 230 m, stvara akumulaciju zapremine 487 miliona m3. Dovodni tunel je dužine 9,5 km i prečnika 5 m. U ukopanoj strojari pored puta Jablanica – Prozor, instalirana su dva agregata, ukupne snage 160 MW.





Slika 29 Ramsko jezero i izlazna građevina HE Rama

25 ZLATOLIČJE

HE Zlatoličje, snage 126 MW, građena je 1964-'69. g. Branom Melje visine 17 m, izgrađenoj u Mariboru, voda se skreće u trapezni dovodni kanal dužine 17,2 km, te dolazi do brane i strojare Zlatoličje, visine 54 m. Odvod je također trapezni kanal dužine 6,2 km, do Ptuja i prirodnog toka Drave (www.dem.si/en-gb/Power-plants-and-generation/Power-plants/Zlatoli%C4%8Dje-HPP).





Slika 30 Brana Melje te brana i strojara HE Zlatoličje

26 HE ORLOVAC

HE Orlovac građena 1968 - '72 g, snage 237 MW, koristi vode sliva Livanjskog polja, koje se sistemom kanala i regulisanih vodotoka sakupljaju u Buškom jezeru (blatu), te ih propušta u rijeku Cetinu nizvodno od Peruće, na padu od 380 m između Livanjskog i Sinjskog polja. Kapacitet Buškog jezera je 800 miliona m3, površina 55,8 km2 (po čemu je najveće umjetno jezero u bivšoj Jugoslaviji) i najveća dubina mu je 15 m. U sklopu sistema je i Crpna stanica Buško Blato i kompenzacioni bazen Lipa, od kojeg se tunelom dužine 12.100 m i promjera 5,5 m voda transportuje do vodne komore i tlačnog voda HE Orlovac.





Slika 31 Tlačni vod i strojara HE Orlovac, te Buško jezero

27 ĐERDAP I I II

Hidroenergetski i plovidbeni sistem Đerdap I puštan je postepeno u rad od juna 1970. do maja '72. godine. To je najveća hidrotehnička građevina na Dunavu, i najveći proizvođač hidroenergije u Jugoistočnoj Evropi. Projektovan je i građen zajednički sa Rumunijom, tako da obje države (ranije Jugoslavija, a danas Srbija) raspolažu istim, simetričnim dijelovima glavnog objekta, a njegova simetrala predstavlja državnu granicu.
Još 1957. godine formirana je Jugoslovensko-rumunska komisija, koja je do '60. izradila tehničko-ekonomski memorandum usvojen od strane obje vlade, da bi 30.11.'63. Sporazum o izgradnji potpisali predsjednici Dež i Tito, koji su i radove svečano otvorili 7.9.'64. Na obje strane Dunava instalirano je po 6 hidroagregata snage po 190 MW (ukupno 2 puta po 1.140 MW, za dvije strane) s padovima od 17,5 do 35,4 m, dvije brodske prevodnice i u sredini prelivna brana sa 14 polja. Ukupna dužina građevine iznosi 1.278 metara. Stvorena akumulacija od ukupno 2.800 m3 proteže se, zavisno od proticaja, 130 do čak 265 km, do Beograda i dalje. Na gradilištu je bilo angažovano 8.000 radnika, uz upotrebu najmodernijih mašina tog vremena i džinovske mehanizacije.
Đerdap II, takođe zajednički s Rumunijom, s elektranom snage 270 MW, građen je dugo, od 1977. godine, da bi posljednji, deseti agregat na srbijanskoj strani bio instaliran i pušten u rad 23 godine kasnije, septembra 2000. godine. Pored energetskog i plovidbenog, sistem ima veliki značaj i za poljoprivredu, te drumski i željeznički saobraćaj, jer su rekonstrukcije dio hidroenergetske investicije.

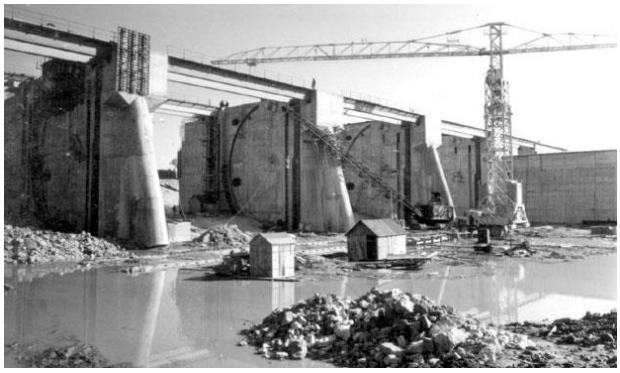


Slika 32 HE Đerdap I

28 HIDROSISTEM DUNAV – TISA – DUNAV

Planiranje i projektovanje Hidrosistema Dunav – Tisa – Dunav (DTD) započelo je 1947. godine usvajanjem ideje i koncepta inženjera Nikole Mirkova o povezivanju tokova Dunava i Tise kroz Vojvodinu, radi odvodnjavanja, navodnjavanja, plovidbe, snabdijevanja vodom i prihvatanja upotrebljenih voda jedinstvenim sistemom. Pažljive i detaljne pripreme trajale su čitavu deceniju, a sam hidrosistem građen je od 1957. do '77. godine. Ranije, već od XVIII vijeka, bilo je izgrađeno 170 km kanala, pet prevodnica i četiri ustave, dok cijeli izgrađeni sistem obuhvata 960 km magistralnih i plovnih kanala, 28 ustava, 15 brodskih prevodnica, 159 crpnih stanica, 14 luka i 86 mostova. Detaljnu kanalsku mrežu čini 20.000 km primarnih i sekundarnih kanala, sa 1.900 objekata i cijevnih drenaža za odvodnjavanje i navodnjavanje. Tek isušivanjem do tada močvarnog zemljišta, područje Bačke i Banata postaje pogodno za život i počelo je naseljavanje. U vrijeme gradnje,

Hidrosistem DTD je smatran najvećim investicionim projektom, kojim se odvodnjava ukupno 1.060.000 hektara, tada i danas najplodnijeg zemljišta u regionu (http://www.vodevojvodine.com/Kategorije/Kategorija/4).
Jedan od važnijih objekata sistema je ustava Novi Sad, sa čeličnom klapnom širine 8 m, izgrađena 1963. godine, koja omogućava denivelaciju do 7,5 m, pa se može smatrati i visokom branom. Najveći i najznačajniji objekat sistema DTD je brana na Tisi kod Novog Bečeja, dužine 520 m, koja ima 7 prelivnih polja sa segmentnim zatvaračima i klapnama, standardnu prevodnicu za Hidrosistem DTD za brodove do 1.000 tona nosivosti i most preko brane. Njen završetak gradnje, 1977. godine, smatra se ujedno i završetkom gradnje Hidrosistema Dunav - Tisa - Dunav.





Slika 33 Gradnja brane sa ustavama na Tisi i jedan od kanala sistema DTD

29 JUGOSLAVIJA U '70-IM GODINAMA

I tako, brana po brana, hidro sistem po sistem, dođe se do 70-ih, baš onoliko godina od II svjetskog rata, koliko je do danas prošlo od posljednjih ratova na prostoru bivše Jugoslavije. Kratko se prikaza samo oko 25 većih hidrotehničkih poduhvata, od ukupno preko 100 završenih u tom periodu. To je bio zaista ogroman, epohalan iskorak, kada se zna da u posljednjem 25-o godišnjem periodu, osim nekih rekonstrukcija, modernizacija i nešto sitno, niti u jednoj državi nastaloj na tlu bivše Jugoslavije, nije ništa ozbiljno napravljeno, osim nasute brane Kozjak u Sjevernoj Makedoniji. Ta brana je visoka impozantnih 130 m, jezero je 380 miliona m³ i namijenjeno je prevashodno za zaštitu od poplava i sa HE od 82 MW. Nalazi se uz planinu Suva Gora, a izgradili su je kineski inženjeri, od 1994. do 2004. g.
Postavlja se pitanje kako i zašto je to bilo moguće, da li je tadašnja Jugoslavija, na vrhuncu napretka, dakle u 70-im godinama prošlog vijeka, zaista bila tako snažna?
Naravno, nije na inženjerima da ponude kompletne odgovore, ali će se citirati Desmond Ng, koji je, kako navodi, 8 godina proučavao istoriju Jugoslavije (www.quora.com/profile/Desmond-Ng-23, 3.3.'16.). Dakle, „Jugoslavija je 70-ih godina bila zaista snažna. Bila je jedna od najpovezanijih i najotvorenijih zemalja u to vrijeme, vodeća među 100-tinjak nesvrstanih, koje su se, nakon političke, tada više orijentisale na ekonomsku saradnju, uporediva samo sa zemljama kao što su npr. Švicarska, Finska ili Singapur. Jugoslovenski pasoš jedini je u istoriji omogućavao slobodno putovanje bez ikakvih problema na obje strane – kapitalističku i komunističku. U tom vremenu, Jugoslavija je imala defanzivno osiguranje i od Amerike i od Sovjetskog Saveza - ako SSSR napadne, SAD je obećala braniti Jugoslaviju, a ako SAD napadnu, SSSR bi se borio sa Jugoslavijom!
Jugoslavija 70-tih je takođe bila ekonomski jaka. Imala je najveći GDP per kapita od svih komunističkih zemalja. Bila je treća najveća komunistička ekonomija, iza Kine i Rusije. Njena armija takođe nije bila za potcijeniti. Američki izvještaji iz tog perioda navode da je po pješadiji bila četvrta sila u Evropi, šesta u avijaciji i peta u tenkovskim snagama.“
I, nastavilo se graditi ..., nešto manje, ali ipak, pa će se u nastavku prikazati i neke brane izgrađene do 1990-tih godina, tj. raspada Jugoslavije.

30 BRANA MRATINJE

Najviša brana u Jugoslaviji i među 30-ak najviših na svijetu (10 ih je više od 250 m, a dvije čak više i od 300 m) je betonska lučna brana Mratinje HE Piva, u Crnoj Gori, visine 220 m i dužine luka u kruni 296 m, građena od 1969. do '76. godine. Dovodi, strojara, odvod i razvodno postrojenje smješteni su podzemno, neposredno uz branu, zbog teških terenskih uslova.
Akumulacija je dužine 45 km, površine 12,5 km² i zapremine 880 miliona m3. Snaga HE je 360 MW, uz instalisani proticaj 240 m3/s i pretežno vršni rad, te sezonske oscilacije nivoa vode u jezeru od 82 m.
HE Piva je od početka radila u elektroenergetskom sistemu Srbije po Ugovoru o dugoročnoj saradnji s

Elektroprivredom Crne Gore, koji je obnovljen 1991. godine i zaključen na određeno vrijeme od 25 godina, ali je raskinut 2013. (www.epcg.com/o-nama/hidroelektrana-piva). U 2019. godini su u toku završni radovi na revitalizaciji i povećanju snage HE.





Slika 34 Brana Mratinje sa nizvodne i uzvodne strane

31 HE VARAŽDIN

U periodu od 1970 - '75. g, na rijeci Dravi pored Varaždina izgrađena je betonska brana visine 20 m i širine122 m, sa segmentnim ustavama, dovodnim i odvodnim kanalima s nasipima ukupne dužine 15 km i strojarom za denivelaciju 24,3 m, za višenamjensku hidroelektranu Varaždin. Njena snaga je 95 MW, pri instalisanom proticaju 500 m3/s. U desnom upornjaku brane izvedena je i mala HE od 0,65 MW (koristi biološki minimuma od 10 m3/s), a uz branu je smještena i riblja staza.
Akumulaciono jezero površine 2,85 km2 i zapremine 8 miliona m3 za dnevno izravnanje proticaja je jednim dijelom i u Republici Sloveniji. Jezero je uokvireno obodnim nasipima a kanalima ispred i iza strojare u pravoj liniji, znatno je skraćeno staro korito Drave. Ono sada služi samo dva do tri puta godišnje po nekoliko dana za evakuaciju velikih voda, a inače njime teče biološki minimum.
Uz proizvodnju električne energije, HE Varaždin sudjeluje u opskrbi vodom, odbrani od poplava i zaštiti od erozije, navodnjavanju i odvodnji, te stvara uslove za rekreaciju i dalji razvoj turizma.

U toku je rekonstrukcija i revitalizacija ove HE, uz povećanje instalisanog proticaja na 550 m3/s i snage na 110 MW (http://www.hep.hr/proizvodnja/hidroelektrane-1528/pp-he-sjever/he-varazdin/1532).





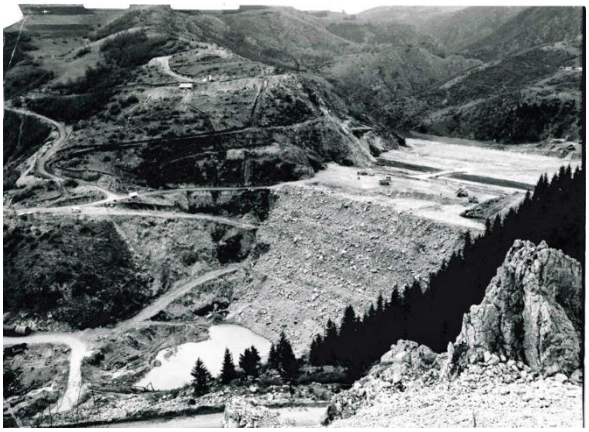
Slika 35 Brana i strojara sa dovodnim i odvodnim kanalima HE Varaždin

32 HE UVAC

Nasuta zemljana brana građena od 1974 – '79. godine na rijeci Uvac, visine 110 i dužine 313 m akumulira 220 miliona m3 vode u akumulaciji dugoj 27 km. Izgradnjom ove brane, rijeka Uvac, najveća pritoka rijeke Lim, u energetskom smislu je 100% iskorištena i prestala je da postoji kao rijeka, odnosno sva je pretvorena u akumulaciona jezera.
Snaga derivacione HE Uvac je 36 MW, sa ukupnim instalisaniom proticajem od 43 m3/s. Tunel je dužine 1,3 km i prečnika 2,5 m. Uvac je (bila) rijeka u istočnoj Bosni, koja jednim dijelom čini i granicu BiH i Srbije.
Kanjon rijeke Uvac predstavlja jedinstvenu morfološku cjelinu, u kojoj se izdvajaju meandri, pa je još 1971. proglašen za „Specijalni rezervat prirode“, na teritorijama opština Sjenica i Nova Varoš. Područje je stanište rijetkih ptica. Bjeloglavi sup je orao lješinar, raspona krila do 3 metra. Isključiva hrana su mu uginule životinje, čime sprječava širenje zaraza i na taj način čini ″prirodnu reciklažu″ (https://bs.wikipedia.org/wiki/Uvac_(rijeka)).

Na Uvcu su, uz HE Uvac, izgrađene i pomenute HE Kokin Brod (22,5 MW) i HE Bistrica (104 MW).





Slika 36 Kanjon rijeke (odnosno akumulacije) Uvac sa orlom i izgradnja brane HE Uvac

33 CHE ČAPLJINA

U okviru sistema Trebišnjica, ranije je bilo planirano da se uz HE Dubrovnik napravi još jedna, paralelna, praktično ista, HE Dubrovnik II. Za tu elektranu je već tada napravljena ulazna građevina i prvih nekoliko desetina metara tunela, te u strojari iskopan duplo veći prostor od tada potrebnog, za još dva agregata. Tako bi se HE Dubrovnik II mogla izgraditi bez ikakvih smetnji za istovremeni rad već izgrađenih hidroelektrana sistema. Njeno vrijeme će tek doći, pogotovu u svjetlu izgradnje „Gornjih Horizonata“, ali je 70-tih godina, u okviru tendencija za višenamjenskim korištenjem voda i porasta potreba za vršnom energijom, izgrađena CHE Čapljina.
Puštena je u pogon 25. 11. 1979. godine (za tadašnji i današnji Dan državnosti BiH) i po mnogo čemu je jedinstvena i za svoje vrijeme i sada, znatno ispred vremena, samo kada bi se čitavim sistemom upravljalo koordinirano. To je reverzibilna crpno-akumulaciona hidroelektrana, koja koristi vode vlastitoga slivnog područja i vode rijeke Trebišnjice, odnosno akumulacija izgrađenih u njenom slivu. U vrijeme kada je izgrađena, bila je prva reverzibilna elektrana u Jugoslaviji. Istovremeno, nakon njezinog puštanja u pogon, poplave u Popovom polju svedene su na veoma rijetke ekscese, dok su vode rijeke Trebišnjice ostale na površini u kanalu dugom 65 kilometara, kapaciteta 50 m3/s, za navodnjavanje Popovog polja.
CHE Čapljina ima pad 227 m, instalisani proticaj 225 m3/s i instalisanu snagu 420 MW. Gornji kompenzacioni bazen je zapremine 7,2 miliona m3, dovodni tunel prečnika 8 m dug je 8,1 km, a donji kompenzacioni bazen, na minimalnoj koti 2,3 metra nad morem, ima zapreminu 44 miliona m3. Iz njega se branom Krupa sa ustavama kontrolisano voda evakuira u Neretvu.





Slika 37 Gornji kompenzacioni bazen i ulaz u podzemnu strojaru CHE Čapljina

34 HE BOČAC

Hidroelektrana Bočac snage 110 MW građena je 1975 – '81. g. Akumulaciju za sedmično izravnanje od 52 miliona m3 i dužine 17,5 km omogućava betonska lučna brana visine 66 m. Na udaljenosti 7 km nizvodno, izgrađena je niska pregrada kompenzacionog bazena za izravnavanje proticaja Vrbasa kroz Banja Luku, koji omogućava vršni rad elektrane instalisanim proticajem 240 m3/s. Na samoj pregradi kompenzacionog bazena, 2018 g. je kao „Bočac 2“ instaliran agregat od 8,76 MW.



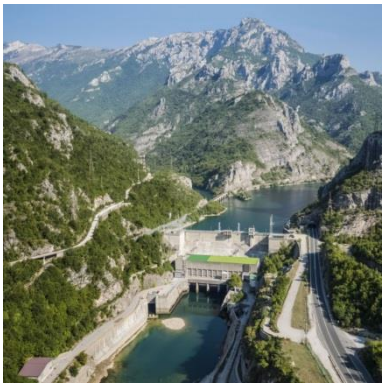


Slika 38 Brana HE Bočac i HE Bočac 2

35 HE SALAKOVAC I HE GRABOVICA

Izgradnja hidroelektrane Salakovac trajala je od početka 1977. godine do decembra 1981. godine. Nalazi se 15 km uzvodno od Mostara, ima snagu 210 MW i betonsku gravitacionu branu visine 70 m. Akumulacija zapremine 68 miliona m3 je dugačka 20 km, do brane Grabovica.
HE Grabovica je završena '82. g, ima snagu 114 MW i betonsku gravitacionu branu visine 60 m, sa akumulacijom od 19,8 miliona m3, koja se proteže 11 km, do donje vode HE Jablanica.







Slika 39 HE Salakovac i HE Grabovica; te stari i novi most 7 km nizvodno od Jablanice (Aleksin Han)

36 RHE BAJINA BAŠTA

Reverzibilna HE Bajina Bašta, snage 310 MW, instalisanog proticaja 126 m3/s, građena je od 1976. do '82. godine. Kao donju akumulaciju, koristi postojeće jezero Perućac HE Bajina Bašta, a gornja od 150 miliona m3 je u dolini rijeke Bijeli Rzav, na planini Tari, 610 m iznad. Visina glavne nasute brane Lazići od kamena sa glinenim jezgrom je 125 m, a druga brana na prevoju je visine 45 m.
Cijeli odvodno – dovodni derivacioni sistem RHE Bajina Bašta, koji se sastoji od tunela prečnika 6,3 m i dužine 8 km, vodostana visine 141 m, tlačne cijevi dužine 738 m i prečnika 4,8 m, te horizontalnih cjevovoda dužina 700 i 314 m, prečnika 4,2 i 7 m, je ukupne dužine 9.750 m.





Slika 40 Gornja akumulacija na planini Tari i panorama strojare RHE Bajina Bašta

37 RHE VELEBIT

U donjem toku rijeke Zrmanje, u blizini grada Obrovca, formiran je donji bazen i izgrađena ukopana strojara, dok se sistem gornjih bazena nalazi s druge strane planine Velebit, na visinama 550 do 700 m n.m. RHE Velebit je građena je od 1978. do '85, ima snagu 276 MW i instalisani proticaj 60 m3/s. Tunel prečnika 4,6 m je dužine 8,2 km, a tlačni vod prečnika 3,9 – 3,0 m je dužine 2,1 km. Gornji bazeni se koriste i za snabdijevanje pitkom vodom većeg dijela sjeverne Dalmacije.

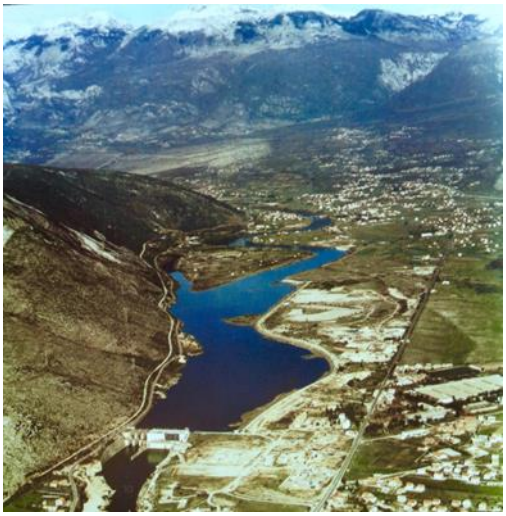


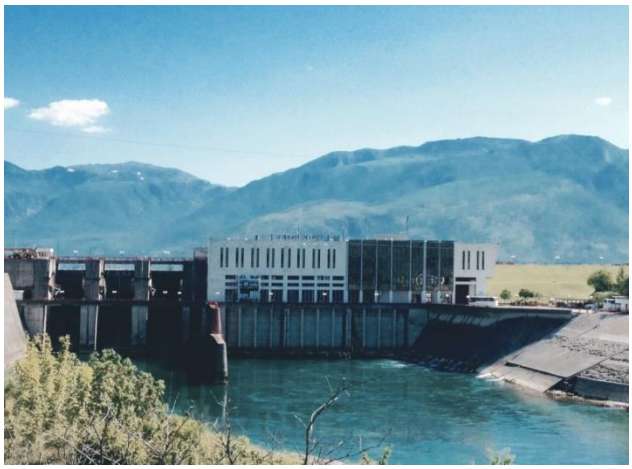


Slika 41 RHE Velebit

38 HE MOSTAR

Nalazi se 6 km uzvodno od Mostara, građena je od 1983 – '87. g, ima instalisanu snagu 72 MW i instalisani proticaje 3 x 120 = 360 m3/s. Može raditi veoma fleksibilno, s najmanjom snagom od 12 MW i proticajem 50 m3/s. Gravitaciona betonska brana s prelivima i strojarom, koja se nastavlja nasutom branom i odbranbenim nasipom, ima visinu 44 m. Akumulacija od 11 miliona m3 se proteže 12 km, do uzvodne HE Salakovac.
HE Mostar omogućava vršni rad svih uzvodnih elektrana, a da su pri tome dnevne oscilacije proticaja, odnosno nivoa vode rijeke Neretve u Mostaru u prihvatljivim granicama, zbog ambijentalnih vrijednosti, turizma, stabilnosti obala i drugih razloga.





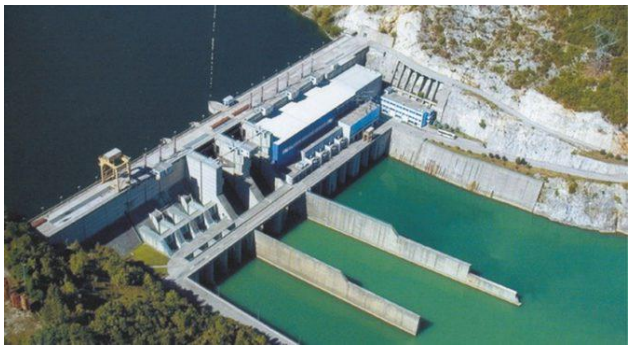
Slika 42 Akumulacija i brana sa strojarom HE Mostar

39 HE VIŠEGRAD

To je posljednja izgrađena HE u Jugoslaviji i jedina koju je na Drini izgradila Bosna i Hercegovina.

„Život je nashvatljivo čudo, jer se neprestano troši i osipa, a ipak traje i stoji čvrsto kao na Drini ćuprija“ (Ivo Andrić). Na 2,7 km uzvodno od ćuprije, 1983. je počela izgradnja HE Višegrad, koja je puštena u rad 25.11.1989. godine. Njena snaga je 315 MW, instalisani proticaj 800 m3/s, brana je visoka 79,5 m, a jezero zapremine 161 milion m3, dužine 40 km, proteže se do Goražda.





Slika 43 Na Drini ćuprija, iznad koje je 2,7 km uzvodno HE Višegrad

40 ZAVRŠNE NAPOMENE

Studiju o razvoju hidroenergije na Zapadnom Balkanu (WB6: Albanija, BiH, Makedonija, Kosovo, Crna Gora i Srbija), naručila je Europska komisija (DG Near – Komisioner Hahn), a u periodu 2016. do 2018. provodio ju je konzorcij EU konzultantskih firmi s preko 30 angažiranih stručnjaka (www.wbif.eu/content/stream//Sites/website/library/WBEC-REG-ENE-01-Final-Report.pdf). Cilj je bio doprinijeti radu na ograničavanju ekoloških i klimatskih promjena i održivoj proizvodnji hidroenergije u regiji WB6, u skladu sa strateškim ciljevima Europske unije i obavezama strana prema Ugovoru o energetskoj zajednici, koji su sve WB6 zemlje ratificirale još prije 15-ak godina.

Svrha je bila utvrditi listu prioriteta u razvoju hidroenergetskih projekata (HEP) prema riječnim slivovima i vrsti planiranih HEP objekata (akumulacijski, protočni, reverzibilni), u okviru kojih će se procijeniti i preostali hidroenergetski potencijal. U cilju iskorištavanja čitavog hidroenergetskog potencijala, u obzir su uzimani sljedeći prioriteti:

- opravka, obnova, nadogradnja i sanacija postojećih HEP; i
- održivi novi („greenfield“) HEP.

Stanje 1. 1. 2017. izgledalo je ovako: 442 HEP u WB6 (82 HEP ili 19 % u BiH), 55 HEP je preko 10 MW, koji predstavljaju 93 % ukupnoga kapaciteta od 8.585 MW (BiH: 2 081 MW ili 25 %). Tokom perioda 1955. – 1990., prosječni dodatni kapacitet HEP iznosio je 202 MW godišnje, dok je u periodu 1990. – 2015. pao na tek 32 MW godišnje. Kao razlozi se navode: „Najbolji“ HEP već su provedeni, raspad bivše SFRJ, nakon čega su uslijedili ratovi, prekid centralnoga planiranja i koordiniranog upravljanja vodama, nedostatak saradnje između novoustanovljenih država, nedostatak finansijskih kapaciteta WB6 država za velike investicijske projekte, rastući investicijski rizici u novim tržišnim uslovima, te nerješavanje prekograničnih problema.

Kapaciteti i objekti prenosne mreže nisu i neće predstavljati ograničenje za HE projekte. Svi novi HEP povezani na prenosnu mrežu:

- povećavaju ukupnu stabilnost funkcioniranja regionalnog energetskog sustema;
- unapređuju kapacitete za kontrolu energetskog sistema; te
- povećavaju mogućnosti za integraciju drugih izvora u proizvodnji obnovljive energije, kao što je proizvodnja vjetro i solarne energije.

Međutim, kapacitet distribucijskih mreža u regiji nedovoljan je da bi zadovoljio rastuću potražnju za povezivanjem malih HEP.

Uz hidrološku analizu i analizu okoliša, posebno biodiverziteta i klimatskih promjena, te razvojem GIS aplikacije, trebalo je multikriterijskom analizom doći do rang-liste projekata. Međutim, to je očigledno bilo suviše ambiciozno očekivanje (mada je nešto urađeno), zbog čega je i izmijenjen naziv studije u „Regionalnu strategiju za održivi razvoj hidroenergije u zemljama Zapadnoga Balkana“.

U dokumentu se posebno preporučuje da „Evropska komisija treba udružiti snage sa Sekretarijatom Energetske zajednice i dati neodoljivu ponudu zemljama WB6“ (koje one ne mogu odbiti). Preliminarni rezultati studije predstavljeni su na samitu premijera i ministara WB6 s dužnosnicima Europske komisije u Trstu 12. 7. 2017. Međutim, koliko je poznato, na analognom samitu u Londonu 10.7.2018. više nije bilo riječi o dokumentu, ili se barem u usvojenim deklaracijama i zaključcima, uopće ne spominje.

A kada će, ne zna se.

KORIŠĆENJE VODNIH SNAGA – OD PRVOG VODNOG KOLA DO SAVREMENIH HIDROTURBINA

USE OF WATER POWER - FROM THE FIRST WATER WHELL TO MODERN HYDROTURBINS

Slobodan Kovačina, dipl.inž.građ.
ENCOS d.o.o., Džemala Bijedića 2,
Sarajevo
encos@bih.net.ba

Sažetak: Korišćenje vodnih snaga se u današnje vrijeme uglavnom veže za proizvodnju električne energije u hidroelektranama, čija je izgradnja odpočela krajem XIX vijeka. Pri tom se zanemaruje činjenica da se ta snaga koristila u raznim ljudskim djelatnostima tokom mnogih vijekova i mile¬nijuma prije toga. Nit koja povezuje čitavo razdoblje razvoja načina i cilja korišćenja tog fenomena vode, od jednostavnog i primitivnog do savremenog i modernog, predstavlja naprava koju nazivamo vodno kolo. Za vodno kolo se može reći da je prva naprava u istoriji ljudskog društva koja je koristila neku prirodnu energiju za njeno pretvaranje u koristan mehanički rad. Kroz mnoge vijekove stare i nove ere odigralo je veliku ulogu u obezbjeđenju egzistencije ljudske populacije i u razvoju tehničke misli koja je uslovila današnji nivo društvenog razvoja. U ovom članku se podsjeća na mukotrpni razvoj i uslove korišćenja vodnog kola, sa osvrtom na neka saznanja o njegovom korišćenju u BiH.

Ključne riječi: vodno kolo, hidro turbine, vodne snage, vodenice, hidroelektrane

Abstract: The use of water power is nowadays mainly associated with the production of electricity in hydroelectric power plants, whose construction began at the end of the 19th century. This neglects the fact that this power was used in various human activities for many centuries and millennia before. The thread that connects the entire period of development of the way and purpose of using this phenomenon of water from the simple and the primitive to the modern and the modern is the device we call the water wheel. The water whell can be said to be the first device in the history of human society that used some natural energy to convert it into useful mechanical work. Throughout the centuries, old and new eras have played a major role in ensuring the existence of the human population and in developing the technical thought that has conditioned today's level of social development. This article recalls the painstaking development and conditions of use of the water whell, with a focus on some knowledge of its use in BiH.

Key words: water whell, hydro turbines, water power, watermills, hydroelectric power plants

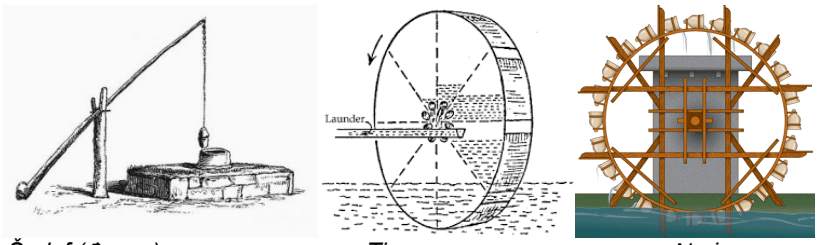
"Ne teče rijeka, nego voda. Kao što ne prolazi
vrijeme, nego mi."
Ivo Andrić

1 UVOD

U sadašnjem periodu brzih promjena u oblasti tehničkih dostignuća, korišćenje vodnih snaga se uglavnom veže za proizvodnju električne energije u hidroelektranama, čija je izgradnja odpočela krajem XIX vijeka. Pri tom se zanemaruje činjenica da se snaga vode koristila u raznim ljudskim djelatnostima tokom mnogih vijekova i milenijuma prije toga. Govoriti o tome u ovom trenutku ne predstavlja nostalgično vraćanje u prošlost, već podsjećanje na prve korake i mukotrpni razvoj tehničke misli koja je uslovila današnji nivo društvenog razvoja.
Suočen sa svim izazovima prirode, čovjek je od postanka bio prinuđen da razvija i koristi svoje najmoćnije oružje - svijest. Tako je veoma brzo počeo koristiti snagu domaćih životinja, podređujući je svojim potrebama, što se i danas praktikuje u manjem obimu. Međutim, ova snaga je ograničenog kapaciteta i ima svoju cijenu, ali je ipak dugo vremena bila jedina alternativa.
Tragajući za boljim i jeftinijim rješenjima, a suočen sa fenomenom vode bez koje nema života na zemlji, čovjek je brzo shvatio da je ona „dobar sluga, a loš gospodar“. Bio je opsjednut njenom ljepotom kad je čista i mirna, ili brza i bučna dok se spušta sa planinskih vrleti, praveći bukove i vodopade, a impresioniran njenom snagom dok udara u obale, nosi stabla i ruši sve pred sobom. U razmišljanju kako ukrotiti njenu snagu i iskoristiti bar dio njene energije, rođena je ideja o izgradnji vodnog kola.
Za vodno kolo se može reći da je prva naprava u istoriji ljudskog društva koja je koristila neku prirodnu energiju za njeno pretvaranje u koristan mehanički rad. Kroz mnoge vijekove stare i nove ere odigralo je veliku ulogu u obezbjeđenju egzistencije ljudske populacije i razvoju tehnike, obavljajući razne zadatke: pogon mlinskog kamena, pogon mjehova topioničnih peći i hidrauličkih čekića u kovačnicama, pogon pilana, rezanje kamena, izvlačenje i drobljenje rude, pogon sistema za gnječenje gline, te obezbjeđenja vode za navodnjavanje ili vodosnabdjevanje. Međutim, vodna kola su korištena i za izvlačenje vode iz podzemlja (bunara, rudnika i sl.), a za njihov rad korištena je snaga ljudi ili životinja.

2 TIPOVI VODNIH KOLA

Kad snaga vode djeluje na lopatice vodnog kola, posljedična rotacija kola prenosi se na vratilo transformišući tu snagu u snagu rotacije. Ovaj proces može biti i obrnut: ako djelovanjem neke vanjske snage dođe do rotacije vratila, ta snaga se posljedičnom rotacijom kola transformiše u snagu lopatica. Prema istorijskim izvorima ovaj fenome vodnog kola se počeo koristiti za podizanje vode iz rijeka, kanala ili bunara u IV milenijumu p.n.e.
Najstariji poznati uređaj za podizanje vode je **šaduf** (u Vojvodini se i sada koristi pod imenom đeram). To je praktično jedna poluga koja balansira na vertikalnoj gredi, sa konopcem i posudom na jednom i protutegom na drugom kraju poluge. Povlačenjem konopca spušta se posuda u vodu, a njegovim popuštanjem posuda sa vodom se podiže djelovanjem protutega.
Primjena vodnog kola za izdizanje vode predstavljalo je značajan civilizacijski napredak u odnosu na šaduf. Vjerovatno najstariji tip vodnog kola za podizanje vode bio je poznat kao **timpanum**. To je šuplji drveni okvir zatvoren kožom kao što je bubanj, čija je unutrašnjost podjeljena u osam klinastih segmenata. Kolo se okretalo u vertikalnoj ravni, sa donjim dijelom uronjenim u vodu, što je omogućavalo da se pojedini segmenti pune vodom. Kad prilikom rotacije segment dostigne horizontalni nivo, voda iz njega se prazni u žlijeb u osi kola. Na ovaj način je bilo moguće podići veliku količinu vode, ali na visinu koja je nešto manja od polovine promjera kola. Ovakva kola su pokretana od strane ljudi (obično niskokvalitetnih robova) ili životinja,

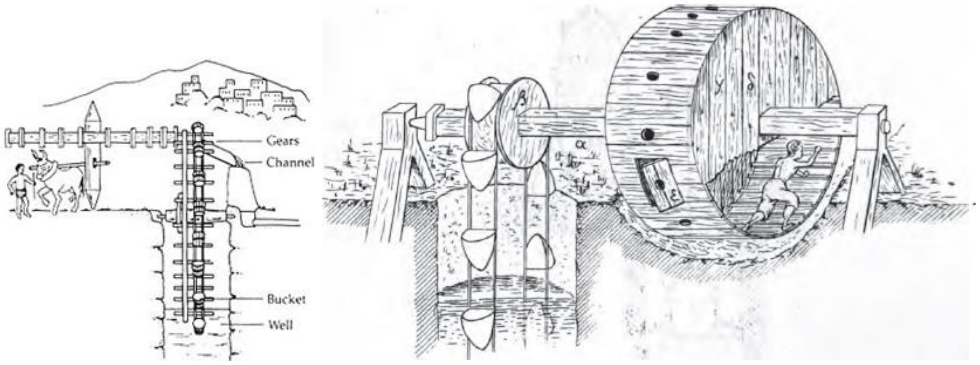


Šaduf (đeram) *Timpanum* *Noria*

Slika 1: Tipovi prvih vodnih kola

Prvo vodno kolo za izdizanje vode koje je pokretano snagom vode je **noria**. Sastoji se od kola uronjenog u tok vode, po čijem obodu su fiksirane posude koje podižu vodu od rijeke do žlijeba (kanala, malog akvadukta) na vrhu kola. Za razliku od vodnih kola koja pokreću mlinove, norija ne pruža mehaničku snagu bilo kojem drugom procesu. Norija može podići vodu do nešto manje od njene pune visine. Najveća norija na svijetu, promjera oko 22 metara, nalazi se u

Sirijskom gradu Hama, koja sada predstavlja turističku atrakciju.

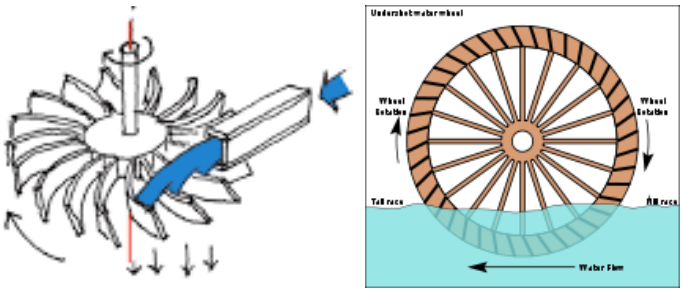


Slika 2: Varijacije tehničkog rješenja sakije

Termin norija se obično koristi za vodno kolo koje koristi snagu tekuće vode (vode u pokretu), dok isto takvo kolo koje pokreću životinje, naziva se **sakija** (saqiya). Sakija se koristi za podizanje vode iz bunara ili stajaćih voda. Može da ima posude za vodu pričvršćene direktno po perimetru kola i tada je veoma slična noriji, a može koristiti tzv. lanac posuda prebačenog preko vertikalnog kola i visi do nivoa vode u bunaru.

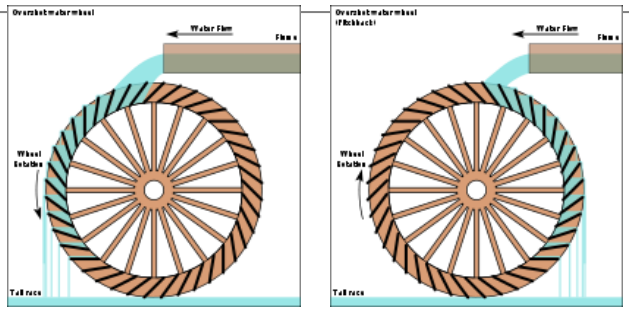
Vodno kolo koje predstavlja pokretačku snagu nekog drugog procesa, može biti **horizontalno** koje tok vode rotira oko vertikalne osi, te **vertikalno** koje rotira oko horizontalne osovine u vertikalnoj ravni. Vertikalna vodna kola mogu biti **podnožna** i **tjemena**, u zavisnosti od mjesta djelovanja snage vode na vodno kola.

U prvom slučaju je vodno kolo uronjeno u rijeku, a kinetička energija toka pretvara se u silu koja gura lopatice i posljedično izaziva rotaciju kola zajedno sa horizontalno postavljenim vratilom, tako da rotirajuća snaga vratila omogućava prenošenje mehaničke sile nekom drugom procesu. Ovakav tip kola je najjednostavnije i vjerovatno je najranije bilo u upotrebi. Međutim, veoma brzo je uočeno da efikasnost ovih kola zavisi od nivoa vode u rijeci, što je u toku vremena promjenljivo i nepredvidivo. Ako su nivoi vode premali, ne bi bilo dovoljno energije da okreće kolo, i obratno, previše vode podigne nivo i potopi kolo, što ga učini beskorisnim.



Slika 3: Horizontalno vertikalno - podnožno vodno kolo

Tjemeno vodno kolo se pokazalo pouzdanije i efikasnije, ali je predstavljalo složenije i skuplje rješenje: potrebno je na nekom mjestu vodotoka vodu zahvatiti, dovesti je akvaduktom i usmjeriti na tjeme vodnog kola, a zatim odvesti i upustiti ponovo u vodotok. Kod ovog tipa kola razlikujemo dva tipa: ako su lopatice usmjerene suprotno od dovoda vode kolo se okreće u smjeru vode, a ako su lopatice usmjerene u smjeru vode, kolo se vrti suprotno od toka vode. Voda se izlijeva iza kola, ima još značajnu energiju i predaje je potiskujući lopatice na odlasku.



Slika 4: Vertikalno - tjemeno vodno kolo

Kombinacija vodnog kola i mlina naziva se vodenica. Za pokretanje mlinskog kamena u vodenici bila je prirodnija primjena horizontalnog vodnog kola, sa vertikalnim vratilom koje je direktno povezano sa pokretnim (rotirajućim) kamenom mlina. Međutim, horizontalna vodna kola uronjena ili potopljena u tekuću vodu nisu, bila dovoljno efikasna, tako da je i u ovom slučaju dovođenje vode sa određenom kinetičkom energijom na lopatice kola predstavljalo bolje rješenje. Mada su ovakva vodenička kola i danas u primjeni, njihova efikasnost je ograničena zato što se za rotaciju kola koristi samo horizontalna komponenta sile vodenog mlaza.

Dugi period vremena, možda vijekova i milenijuma, snaga vodnih kola korišćena je za podizanje vode (radi vodosnabdjevanja i navodnjavanja) i mljevenje žita u vodenicama. Širi spektar primjene vodnih kola, prema tvrdnji istoričara, omogućili su pronalasci tri industrijska elementa: zupčanika, koljenastog vratila i bregaste osovine.

Zupčanici su bili poznati već u antičko doba – opisao ih je rimski arhitekta Vitruvije, no nikada se nisu šire upotrebljavali. U masovnu upotrebu ulaze u poznom srednjem vijeku. Zupčanici su bili neophodni da se prenese snaga sa horizontalne osovine na vertikalnu osovinu vodnog kola. Koljenasto vratilo, koje se prvi put pominje u izvorima 830. godine, omogućilo je pretvaranje kružnog kretanja u linearno kretanje osovine, poput testere. Bregaste osovine, sa bregovima od tvrdog drveta ili metala, koristile su se za podizanje čekića u kovačnicama i drugim proizvodnim postrojenjima sa vodnim kolima.

3 ISTORIJSKI RAZVOJ

3.1. RAZVOJ DO KRAJA XVIII VIJEKA

Razvojni put od primitivnog drvenog vodnog kola do savremene hidro turbine, trajao je skoro 6 milenijuma. Na tom putu i u tom periodu, mijenjali su se uslovi života u svijetu: nestajale stare i uzdizale nove civilizacije, smjenjivale se mnoge imperije, sudarala i razdvajala carstva i kraljevstva, pobjeđivali i gubili ratove moćni i bogati, ... Kontinuirano je trajala samo borba ljudi za hranu i vodu i njihova želja da neiskorištenu prirodnu energiju podrede svojim potrebama. Kao simbol te borbe predstavlja vodno kolo čiji se istorijski razvoj može pratiti na osnovu pisanih dokumenata i arheoloških nalaza:

- Prvi zapisi o vodnom kolu potiču iz Mesopotamije (sumersko razdoblje iz trećeg milenijuma p.n.e.), a korišćeno je za izvlačenje vode iz akumulacija u kanale za navodnjavanje. Međutim, nije poznato na osnovu koje energije su se kola okretala.
- Grčki pjesnik Antipatera u četvrtom vijeku prije nove ere opisuje mlin koji koristi vodno kolo. U naselju Perashora u blizini Korinta otkopano je vodno kolo koje se koristilo za izvlačenje vode u vodovod. Kolo su okretali volovi, a procjenjeno je da potiče iz trećeg vijeka p.n.e.
- Na osnovu opisa rada vodenice grčkog matematičara Apolonija iz Perge, smatra se da su se horizontalna vodna kola počela primjenjivati početkom 3. stoljeća, a vertikalna oko 240. godine p.n.e.
- Grčki inženjer Philon od Byzantiona u djelima Pneumatica i Parasceuastica oko 240. godine p.n.e. detaljno opisuje i grafički prikazuje nekoliko vodnih kola, uključujući i ono za dizanje vode.
- Marcus Vitruvije Pollio, arhitekt cara Augusta, oko 25. godine p.n.e. detaljno opisuje konstrukciju vodenica.
- Kineski inženjer Du Shi je u 31. godini n.e. konstruisao složeno horizontalno vodno kolo za pogon mijeha topioničkih peći. Ta tehnologija je usvojena u Evropi tek nekoliko vijekova kasnije.
- U mjestu Barbegal u južnoj Francuskoj otkriven je sistem od 16 vodenica koji predstavlja najveću koncentraciju mehaničke energije u antičkom svijetu. Predpostavlja se da ove građevine potiču iz prvog stoljeća n.e.
- U sjevernom Tunisu otkrivene su dvije vodenice sa naprednim horizontalnim kolom. Prilazni kanal ulazi tangencijalno u statorsku komoru što je svojstvo turbina. Starost se procjenjuje na 300. godinu n.e.

- Mlin sa vodnim kolom koje je pokretala morska plima otkriven je u Irskoj, a potiče iz 6. stoljeća n.e.
- Muhamed ibn al-Razi Zakarija iz 10. stoljeća opisuje vodno kolo koje podiže 2550 l/min.
- U Bagdadu u 10. stoljeću izgrađeni su mlinovi na plutajućim platformama ispod mosta na Tigrisu. Mogli su proizvesti 10 tona kukuruznog brašna dnevno, a bili su izrađeni od tikovine.
- Duž obala južne engleske i sjeverne francuske podignute su u XII, a naročito u XIII i XIV vijeku brane i akumulacije koje su se tokom plime punile vodom, čije je povlačenje u vrijeme osjeke pokretalo vodenička kola.

Neka nova otkrića i usavršavanja omogućila su širu primjenu snage vodnih kola, naročito vertikalnih zbog veće efikasnosti. Osim korišćenja ovih kola kao vodeničkih, za mljevenje žita, njihovo učešće je od XI vijeka imalo značajan uticaj na razvoj metalurgije, naročito topljenje i kovanje željeza, zatim u proizvodnji i valjanju sukna, u proizvodnji papira, a od početka XV vijeka i za odvodnjavanje rudnika.

Usavršavanja tehnike primjene vodnog kola postignuta u XII i XIII vijeku na tlu zapadne Evrope, neće biti prevaziđeno sve do XVII, a radikalno će se izmjeniti tek krajem XVIII vijeka.

3.2. RAZVOJ U XIX I XX VIJEKU

Nagli industrijski razvoj stvorio je materijalnu bazu, odnosno stimulisao i intezivirao daljni razvoj vodnog kola u cilju povećanja njegove efikasnosti. Tako je naučni pristup konstrukciji vodnog kola nastupio krajem XVII i početkom XVIII vijeka.

Britanski inženjer John Smeaton prvi se naučno bavio ispitivanjem vodnih kola. Dolazi do zaključka da vertikalna kola sa podnožnim tečenjem vode imaju stepen efikasnosti prosječno 0,22, a sa tjemenim dovodom vode 0,63. Bolje konstrukcije horizontalnih vodnih kola imaju stepen efikasnosti od 0,15 do 0,30. Ova saznanja su podstakla veće angažovanje naučnika zato što je povećanje efikasnosti vodnih kola predstavljalo idealni prostor za inovacije.

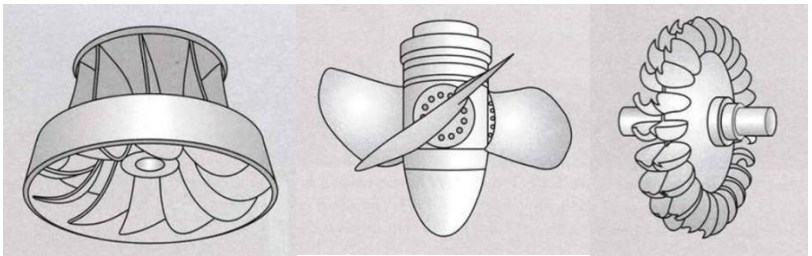
Kao rezultat mnogobrojnih inovacija, vertikalna vodna kola do kraja devetnaestog vijeka su postigla skoro optimalno oblikovanje, sa efikasnošću većom od 0,80, ali još uvek je bilo prostora za inovacije.

Francuski inženjer Benoit Fourneyron konstruirao je 1827. godine horizontalnu vodnu turbinu stepena efikasnosti 0,80. Dovod vode i stator smješteni su centralno, a rotor, koji se mogao okretati do 2300 o/min periferno. Turbina se pokazala pouzdana u radu pa je značajno primjenjivana u Evropi i Americi tokom XIX vijeka.

James Francis je na osnovama rješenja turbine Fourneyrona napravio niz eksperimenata i konstruisao 1855. godine modifikovanu turbinu sa rotorom unutar i distributorom izvana. Nazvao je Francis turbina koja je uz permanentna poboljšanja i danas u upotrebi. Prvobitno planirana za srednje padove, raspon njene primjene se povećao i za velike padove. Instalisane su jedinice snage 700 MW na najvećim hidroelektranama kao što su Grand Coolee, Itaipu i Tri klanca, a snage 1000 MW planirane su za buduće projekte u Kini.

Do 1880. godine turbine Fourneyron i Francis, koje spadaju u reaktivne turbine, još nisu bile ugrađivane na padovima većim od 120 m. Zato je bila potražnja turbina koje bi omogućavale korišćenje manjih planinskih vodotoka, sa višim padovima. Rješenje je bilo u konstrukciji impulsione turbine, sa vodenim mlazom koji udara direktno u lopaticu rotora. Godine 1878. je Pelton razradio takvu ideju i razvio impulsivnu turbinu sa svojim imenom.

Razvoj i osvajanja proizvodnje Francis i Pelton turbina, dešavalo se u periodu kada je počela izgradnja hidroelektrana za proizvodnju električne energije. To je dodatno stimulisalo usavršavanje vitalnih dijelova turbina (radnih kola, rotora) u cilju postizanja što veće efikasnosti.



Francis *Kaplan* *Pelton*

Slika 5: Radna kola (rotori) turbina

Turbine Francis nisu adekvatne za velike snage na vrlo malim padovima. Tim problemom se bavio Viktor Kaplan koji je patentirao 1912. godine turbinu sa svojim imenom. Rotor ove turbine oblikovan je kao elisa, a efikasnost je 0,90 što je bilo izvrsno. Problem je bio pojava kavitacije zbog visoke ugaone brzine rotacije pri velikom proticaju. Rješenje je pronađeno 1926. godine, tako što je omogućeno prilagođavanje ugla lopatica rotora. Nakon ovog datuma, Kaplan

turbina je postala referentna za niske padove pribranskih hidroelektrana.

Poboljšanje Kaplan turbine za vrlo niske padove je takozvana kapsulna ili balb (bulb) turbina, sa alternatorom integrisanim unutar turbine.

4 NEKI SPECIFIČNI SLUČAJEVI KORIŠĆENJA VODNIH KOLA U SVIJETU

4.1. NORIE U HAMI

Hama je grad u Siriji poznat po sačuvanih 17 noria koje su proglašene „najsjajnijim norijama ikada izgrađenim“ i uvrštene su na listu Svjetske baštine. Nalaze se uz obalu rijeke Orontes i predstavljaju primjer veličanstvene tehnike prošlosti. Dio su sistema koji je vijekovima snabdjevao grad vodom.
Postoje neki tragovi koji ukazuju na to da su norie izgrađene oko grada Hame u ranom periodu Vizantijskog carstva, a one koje se danas mogu vidjeti potiču iz XII vijeka. Tokom vladavine dinastije Mamluka u XIV vijeku, norie i akvadukti zajedno sa sistemom za navodnjavanje, modernizovani su i prošireni.
Među istoričarima nema konsenzusa oko toga gdje su prve norie nastale, ali su saglasni da je veliki doprinos islamskih inženjera u njihovom usavršavanju i da je ova tehnika upravljanja vodama bila ključna za poljoprivrednu revoluciju u muslimanskom svijetu, koja je započela u 8. stoljeću.
Norie se nikada nisu koristile u druge svrhe, samo za podizanje vode. Dakle, nije bilo drugih složenih mehaničkih dijelova koji bi omogućili instaliranje nekih drugih korisnika, na primjer mlinova.

Veličina noria Hame varira, a najveća od njih je al-Mohamadiyya visoka 22 m i snabdjevala je Veliku džamiju vodom. Imala je 120 posuda raspoređenih obodom kola i mogla je da podigne oko 100 litara u minuti.

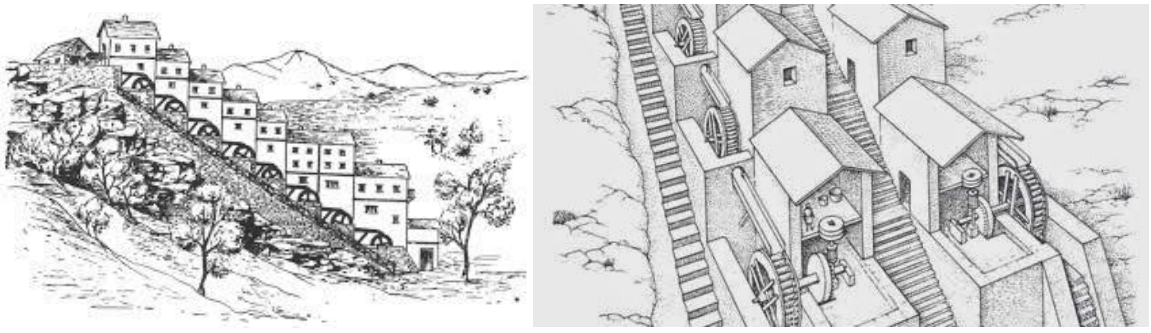


Slika 6: Norie u Hami (Sirija)

Počela je sa radom 1361. godine i najveća je poznata noria na svijetu. Izgubila je svoju funkciju, ali je predstavljala izuzetnu turističku zanimljivost do poslednjih ratnih zbivanja u ovoj zemlji. Njena sudbina poslije ratnih razaranja još nije poznata.

4.2. KOMPLEKS MLINOVA BARBEGAL

Zbog velikog istorijskog značaja sistema vodenica Barbegal u južnoj Francuskoj, reći ćemo o njima nešto više. Izgrađeni su u prvom stoljeću n.e., a njihov ukupni kapactet je bio 4,5 tone brašna dnevno, dovoljno da obezbjede hljeb za 12.500 stanovnika.
Kompleks Barbegal mlinova je sagrađen kaskadno u dva reda na strmoj padini, a voda je tekla kanalima sa obje strane kompleksa. Parovi mlinova su bili smješteni u nizu 8 malih zgrada, sa ukupno 16 vertikalnih vodnih kola, sa tjemenim dovodom vode. Voda je doticala sa dva odvojena i dugačka akvadukta, izgrađena na tradicionalni način karakterističan za Rimski period, čiji su ostaci sačuvani do danas.



Slika 7: Rekonstrukcija rješenja sistema vodenica Barbegal

Smatra se da je izgradnja mlinskog kompleksa Barbegal predstavljalo prekretnicu u proizvodnji hrane, što je omogućilo da se hljeb proizvede na industrijskom nivou. Takođe je predstavljalo revolucionarni napredak i skok od jednostavnih vodnih kola do moćne „mašine na vodu“. Pri

tom zaslugu Rimljana nije moguće izbjeći. Međutim, kao i kod Rimskog luka kod mostova i građevina, Rimski inženjeri također nisu izmislili vodno kolo, ali su eksploatisali tehnologiju korišćenja vodnih snaga mnogo šire nego njihovi prethodnici, projektujući mlinove kako bi racionalno iskoristili vodu koja je već transportovana velikim akvaduktima.
Takođe se smatra da tehnologija primjenjena u izgradnji mlinskog kompleksa Barbegal, a koja se odnosi na konstrukciju vodnog kola i primjenu zupčanika, zatim izbor kamena i način obrade mlinskih kola, predstavlja iskustvo i znanje koje se prenosilo sa majstora na učenika sve do industrijske revolucije. Dakle, bio je pokretač industrijske revolucije u oblasti metalurgije, proizvodnje tekstila i papira.

4.3. VODNO KOLO "LADY ISABELLA" U IRSKOJ

Vodno kolo „Lady Isabella“ nalazi se u selu Laxey, na ostrvu Man u Irskom moru i spada u najveća vodna kola na svijetu. Naime, početkom XIX vijeka u selu Laxey je bio rudnik olova, cinka i drgih metala i u jednom trenutku se pojavio problem podzemnih voda na velikim dubinama prilikom iskopa rude. Za ispumpavanje vode parne mašine su bile jedino rješenje, ali su one koristile ugalj koga na ostrvu nije bilo. Jedini spas je bio u korišćenju vodnih snaga, za što su postojali uslovi.
Sistemom izgrađenih kanala koji su preusmjeravali vodu iz potoka sa susjednih padina, uključujući i lokalnu rijeku, do jedne akumulacije. Odatle se voda cijevima sprovodila preko mosta, u kulu koja je izvedena pored velikog vodnog kola. Sa vrha kule voda slobodno pada u posude na rubu kola, tako da težina vode pokreće kolo. Radovi su završeni 1854. godine čime je omogućeno efikasno pumpanje vode iz rudnika.
Kolo se okreće ležerno, 3 obrtaja u minuti, a u mogućnosti je da podigne vodu sa dubine od 1500 m i ispumpa je na površinu sa nevjerovatnih 250 litara u minuti.



Slika 8: Vodno kolo „Lady Isabella“ u Irskoj

Kolo u prečniku ima 22,10 m, širina 1,83 m, a obim je 64,12 m i još uvijek je najveće radno vodno kolo na svijetu. Zanimljivo arhitektonsko rješenje ovog vodnog kola postalo je turistička atrakcija.

4.4. VODNO KOLO FALKIRK U ŠKOTSKOJ

U središnjoj Škotskoj teren je takav da između pojedinih vodotoka postoji velika visinska razlika, zbog čega je vjekovima bila nemoguća ili vrlo otežana plovidba. Kanal Union iz 1822. godine omogućio je plovidbu između Falkirka i Edinburgha, a imao je 11 prevodnica jer je visinska razlika između kanala ponegdje bila 24 i više metara. Sve su to bile nepovoljne okolnosti što je uticalo da se inicira izgradnja jedinstvenog vodnog kola koje je završeno i pušteno u pogon prije šest godina.
Točak je prečnika 35 m i sa svake strane ima po jednu »ruku« od 15 m, odmaknutu od središnjeg držača. U svakoj »ruci« je po jedna gondola dužine 25 m, težine 300 tona, u koju ulazi brod kako bi ga podizanjem ili spuštanjem (u zavisnoti da li je u gornjem ili donjem kanalu), prebacila u drugi kanal. Cijeli svoj složeni posao (dakle, zatvaranje, regulacija nivoa vode i okretanje), ta ogromna rotaciona prevodnica obavi u samo 15 minuta, što je često propraćeno spontanim aplauzom turista.



Slika 9: Pogled i detalj vodnog kola Falkirk u Škotskoj

Ova fantastična prevodnica postala je simbol savremene Škotske, a donijela je, kako vremensku, tako i energetsku uštedu. Inače, cijeli taj kraj izgleda čudesno, i to ne samo zbog prelijepih škotskih brda, nego i zbog dvovisinskih kanala.

5. NEKI SPECIFIČNI SLUČAJEVI KORIŠĆENJA VODNIH KOLA U BiH

5.1. VODNA KOLA U OBRADI ŽELJEZA

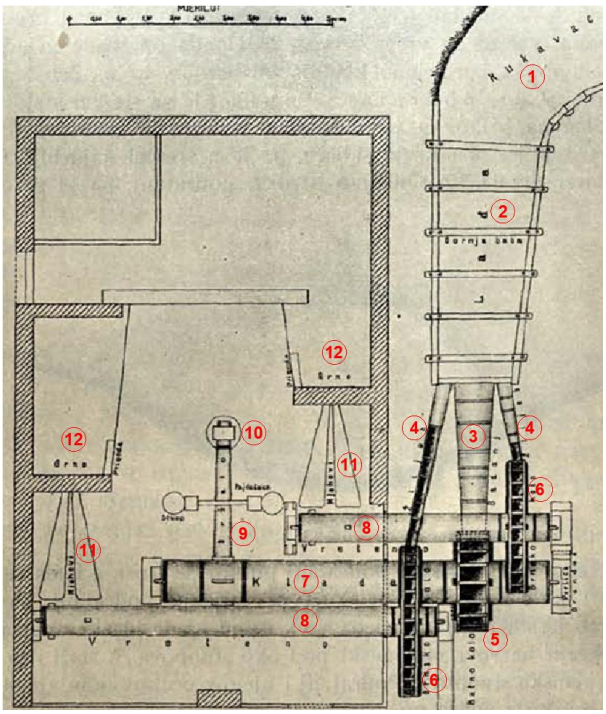
Dok se u Bosni kopala i topila željezna ruda, uz peći u kojima se gvožđe topilo svojevremeno su građene i kovačnice u kojima su se kovale razne stvari. Za razliku od običnih kovačnica (vignjeva), ove kovačnice su se zvale *majdani*, isto kao i zgrada kovačnice i *veliki čekić* u zgradi. Prema nekim istorijskim izvorima, u Varešu i njegovoj bližoj okolini, kopanje i topljenje rude datira još iz druge polovine XV vijeka, a kraj rijeke Stavnje i potoka Varešca nekada su radila 33 majdana [2].

Osnovni pogonski dio majdana predstavljala su vodna kola koja su omogućavala transformaciju vodnih snaga u koristan rad, odnosno u snagu velikog čekića. Za formiranje potrebnog pada pregrađene su dvije trećine korita, a na jednoj trećini uz lijevu obalu formiran je jaz ili rukavac.



Slika 10: Originalna fotografija majdana Mije Mutića u Varešu, objavljena u GZM 1933. godine

Pregrada visine oko 3 m i podužni zid rukavca (jaza), izgrađeni su od brvana (stija), pokovanim daskama i poduprtim drvenim kocima. Iz rukavca ulazi voda u jedan duguljasti rezervoar koji se zove lađa, formiran od pokovane daske na drvenoj konstrukciji. Na završnom zidu lađe nalaze se tri otvora: srednji i najveći kroz koji ulazi voda u badanj, a kroz dva manja u dva žlijeba.



Legenda::

1 - Rukavac
2 – Lađa
3 – Badanj
4 – Žlijeb
5 – Batno kolo
6 – Grnsko kolo
7 – Klada
8 – Vreteno
9 – Držalo velikog čekića
10 – Veliki čekić i nakovanj
11 – Mjehovi
12 – Grno (ognjište)

Slika 11: Šema kovačnice (majdana)

Voda iz badnja pokreće vertikalno **batno kolo**, a iz žljebova dva vertikalna **grnska kola**. Batno kolo okreće horizontalnu gredu (kladu), a preko jedne poluge na kraju naizmjenično podiže i spušta veliki čekić (majdan). Na sličan način dva grnska kola preko odvojenih horizontalnih greda (vretena) omogućavaju naizmjenični rad dva para kovačkih mjehova.

5.2. VODNA KOLA NA RIJECI TREBIŠNJICI

Područje donjeg toka rijeke Trebišnjice predstavlja tipičan primjer kraškog fenomena koga karakteriše izobilje vode u vlažnom i nedostatak vode u sušnom periodu. Tako se život i opstanak čovjeka na kršu svodi na njegovu iskonsku i surovu borbu sa vodom i za vodu. Međutim, iz te neravnopravne borbe čovjek je uvijek nalazio načina da izađe kao pobjednik, i da opstane, pa čak i da iskoristi njenu snagu podređujući je svojim potrebama.

Prvi način korišćenja vodnih snaga je izgradnja mlinica, specifičnih u pogledu formiranja potrebnog pada i odvođenja voda koje pokreću vodno kolo. Naime, duž korita rijeke formirano je više manjih ili većih ponora, naročito na dijelu njenog povremenog toka. Izolujući ponor sa jednom kružnom ili polukružnom građevinom, omogućava se formiranje pada između nivoa vode u rijeci i ponora. Unutar tako formirane konstrkcije izvedeni su svi funkcionalni sadržaji mlinice: najniža zasvođena etaža u kojoj se nalazi horizontalno vodeničko kolo sa vertikalnim vratilom, bočni dovod vode („mlaznica“) i odvodni kanal do ponora, zatim gornja etaža na kojoj se nalazi donji i gornji vodenički kamen (žrvanj), koš za žito i mušnjak u koji se skuplja samljeveno brašno, te pristupno stepenište [3].



Slika 12: Jedna mlinica uz korito r. Trebišnjice i ostaci horizontalnog vodnog kola u njoj

Od kada datira izgradnja ovog tipa mlinica u dolini rijeke Trebišnjice, još nije pouzdano utvrđeno. Postoji mišljenje da su se pra stanovnici Balkana upoznali sa tehnikom izgradnje mlinica na ponorima od Grka, koji su u IV vijeku kao kolonisti počeli naseljavati dalmatinske otoke. Ta izgradnja je intezivirana (i vjerovatno usavršena) poslije invazije Rimljana u naše krajeve.

Prvi pomen „mlinova i mliništa“ u Popovom Polju je u darovnici Matije Korvina, kralja ugarsko-hrvatskog, koji 1465. godine dariva fra Aleksandru Dubrovčaninu neka sela u Popovu. Osim toga, u knjizi Poimenični popis sandžaka vilajeta Hercegovina (Orjentalni institut u Sarajevu, 1985.), pominju se mlinovi u Popovu. Ovi izvori upućuju na zaključak da su već u XV vijeku na ovom području postojali izgrađeni mlinovi na ponorima, jer za druge tipove mlinova nije bilo uslova.

Drugi način korišćenja vodnih snaga rijeke Trebišnjice je izgradnja vodnih kola (dolapa), koja podižu vodu iz korita rijeke u cilju navodnjavanja okolnih bašči, polja i vinograda.



Slika 13: Postojeća vodna kola (dolapi) na rijeci Trebišnjici

U lokalnom žargonu se ova vodna kola nazivaju jednostavno – kola, a zbog svoje ljepote oduvijek su predstavljala motiv za slikare i neizostavni dio najljepših trebinjskih razglednica.

Prema nekim istraživanjima o trebinjskim kolima postoje pisani tragovi od sredine XIX, ali su vjerovatno prva izgrađena početkom XVIII vijeka i nekada ih je bilo oko 60. Prema legendi je neki Mujaga Hadžihasanović, idući na hadž u Meku, vidio

ovakvo kolo na Nilu i prema sjećanju sagradio slično u Trebinju [4].

Kolo nije mogao sagraditi bilo ko ili finansirati njegovu gradnju, tako da su samo najimućnije trebinjske porodice poput Hadžihasanovića, Ćatovića, Bakšića, Dučića i Ivankovića imale svoja kola. Svako kolo je u narodu imalo svoje ime, a obično je nazivano po imenima porodica koje su ih izgradili.
Najteži dio u gradnji kola bila je izgradnja ustave, odnosno jaza koji pravi uspor vode, nakon čega bi se gradila tzv. kulina, kameni dio u koji je umetnuto kolo i iz koga se razvodnom mrežom kanala voda odvodi po svim okolnim njivama. Čitava konstrukcija kola bila je drvena.
Danas je na Trebišnjici ostalo samo nekoliko kola koja su od strane preduzeće "Hidroelektrane na Trebišnjici" rekonstruisana i predata stanovništvu na upotrebu. Sve što se moglo zamijeniti metalnom konstrukcijom zamijenjeno je, tako da više nema potrebe za stolarima koji bi ih popravljali. Ali ona i dalje služe svrsi i podsjećaju na nekadašnja vremena.

ZAKLJUČAK

Na putu razvoja vodnog kola od njegovog izvornog oblika do rotora savremene hidroturbine, proteklo je vrijeme od 6 milenijuma, a efikasnost povećana sa 15 na 90 do 92%. Iza tako velikog napretka stoji čovjek i njegova iskonska borba za hranu, vodu i korišćenje prirodne energije.
U ovom trenutku moguće je samo zamisliti koliko je u tom razvoju, na tom putu i tolikom napretku bilo izazova i iskušenja, koliko naučnih otkrića i eksperimenata, proizvedenih materijalnih dobara iz nužde i potrebe ili zbog daljnjeg napretka društva. Koliko je samo u razvoju i primjeni vodnih kola do sada bilo angažovano stručnjaka i graditelja? To će, zasigurno, privlačiti pažnju i budućih generacija.
Danas se i klasična vodna kola i savremene hidroturbine koriste paralelno, ali znatno modifikovana i usavršena. Međutim, dok moderna vodna kola plijene pažnju i impresioniraju svojom ljepotom, rotori turbina u hidroelektranama rade skriveni od pogleda ljudi, u tišini, zagrljeni strujnicama vode.

LITERATURA:

[1] *Internet adrese:*
https://en.wikipedia.org/wiki/Noria
https://en.wikipedia.org/wiki/Water_well
http://www.romanaqueducts.info/aquasite/arlesb/index.html
https://www.energy.gov/eere/water/history-hydropower
https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S163107211730092X
https://en.wikipedia.org/wiki/Falkirk_Wheel

[2] *Glasnik zemaljskog muzeja, Sarajevo, 1933.*

[3] Petrović *B., Kovačina S., Mlinice u koritu Trebišnjice duž Popova Polja, Deveti*

Jugoslovenski speleološki kongres, Karlovac, 1984.

[4] *Nezavisne novine: Dolapi padaju u zaborav, Mar 1, 2010*

NEKA ISKUSTVA U REALIZACIJI I KORIŠĆENJU MALIH HIDROELEKTRANA U BOSNI I HERCEGOVINI

SOME EXPERIENCES IN THE IMPLEMENTATION AND USE OF SMALL HYDRO POWER PLANTS IN BOSNIA AND HERZEGOVINA

Slobodan Kovačina, dipl.inž.građ.
ENCOS d.o.o., Džemala Bijedića 2,
Sarajevo
encos@bih.net.ba

Sažetak: Ekspanzija izgradnje malih hidroelektrana u BiH, koja je naročito intezivirana u posljednjih deset godina, inicirana je svjetskom tendencijom korišćenja obnovljivih i čistih izvora energije, dok je stimulisana angažovanjem privatnog kapitala kroz politiku dodjele koncesija, zatim povlašćenim tarifama, te odlukama o obaveznom preuzimanju takve energije od strane elektro energetskih sistema. Međutim, u većini slučajeva je prisutan nedostatak adekvatnih istraživanja i kvalitetnih podloga, što se često odražava na donošenje pogrešnih tehničkih i investicionih odluka. U ovom članku se razmatraju u međuvremenu stečena iskustva u planiranju i eksploataciji malih hidroelektrana, te identificiraju neki uticajni faktori na njihovu realnu proizvodnju i njihov uticaj na okruženje. Posebno se ističu neke nedoumice projektanata i negativni primjeri iz prakse u pogledu obezbjeđenja ekološki prihvatljivog proticaja, što može biti poučno i instruktivno za sve učesnike u realizaciji ovakvih energetskih projekata.

Ključne riječi: male hidroelektrane, hidrologija, ekološki prihvatljivi proticaj, riblje staze

Abstract: The expansion of the construction of small hydropower plants in B&H, which has been particularly intensified in the last ten years, was initiated by the global tendency to use renewable and clean energy sources, while stimulated by the involvement of private capital through a concession award policy, then preferential tariffs, and decisions on compulsory takeover of such energy from sides of power systems. However, in most cases there is a lack of adequate research and quality backgrounds, which is often reflected in the wrong technical and investment decisions. This article examines the lessons learned in the planning and operation of small hydropower plants in the meantime, and identifies some influential factors on their real production and their environmental impact. Some of the designers' concerns and negative examples from practice regarding the provision of environmentally friendly flow are particularly emphasized, which can be instructive and instructive for all participants in the implementation of such energy projects.

Key words: small hydropower, hydrology, environmentally friendly flow, fish passes

1 UVOD

Dosadašnja iskustva u procesu razvoja i realizacije projekata MHE, a posebno u fazi njihovog komercijalnog rada i eksploatacionog upravljanja, ukazuju da se pojavljuju određene poteškoće i neizvjesnosti prouzrokovane nepreciznošću i nedostatkom pojedinih zakona i propisa, nedostatkom kvalitetnih i pouzdanih podloga, nedostatkom relevantnih informacija i instrumenata kontrole, te nedostatka koordinacije među nosiocima odgovornosti za provođenje smjernica i dozvola za rad.

To se naročito odnosi na problem neadekvatnih hidroloških podloga zato što se MHE najčešće grade na malim vodotocima koji su veoma malo ili nikako hidrološki izučeni. Da bi se došlo do neophodnih hidroloških parametara, u praksi se primjenjuju razne metode proračuna, bazirane na korišćenju odgovarajućih hidroloških i hidrometeoroloških podataka iz istog ili susjednih slivova, uključujući i izvjesni broj mjerenja proticaja. Obzirom da se odgovarajući hidrološki parametri u fazi projektovanja koriste kao baza za definisanje veličine instalisanog proticaja (Qi) i veličine ekološki prihvatljivog proticaja (EPP) neke male hidroelektrane, to znači da su upravo ti parametri „odgovorni“ preko Qi za iskazane energetske efekte, a preko EPP i za energetske efekte i za negativne uticaje na okolinu.

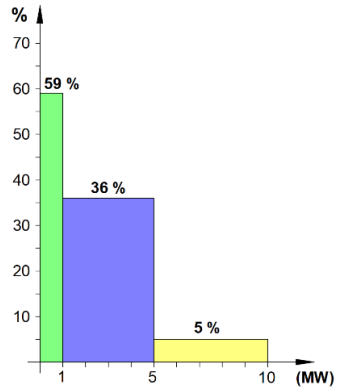
Navedene okolnosti odražavaju se često na donošenje pogrešnih investicionih i tehničkih odluka, nerealno planiranje energetskih efekata i neracionalno korišćenje prirodnih resursa, zatim nekontrolisan režim rada i nepovoljan uticaj na okruženje, što se u ovom radu nastoji kritički analizirati i komentarisati.

2. MHE U BOSNI I HERCEGOVINI

Istorija izgradnje hidroelektrana u Bosni i Hercegovini predstavlja praktično istoriju izgradnje malih hidroelektrana, a počinje krajem 18. vijeka i traje sve do danas, ili više od 120 godina. U pogledu broja izgrađenih malih hidroelektrana mogu se izdvojiti karakteristični periodi: 1897 – 1918 kada je izgrađeno 12, 1918–1945 takođe 12 i 1945–1996 ukupno 11 malih hidroelektrana. Od 1996. godine nastupa period intezivnije izgradnje, tako da su krajem 2016. godine u Bosni i Hercegovini bile u pogonu 73 MHE, sa ukupno instalisanom snagom oko 118 MW, od toga 52 u F BiH (61 MW) i 21 u RS (57 MW) [1].

Broj izgrađenih malih hidroelektrana od 1996. godine znatno prevazilazi broj onih do tada izgrađenih. Takva ekspanzija izgradnje inicirana je savremenim trendovima u pogledu korišćenja obnovljivih i čistih izvora energije, što je prihvaćeno i u BiH kao orjentacija razvoja energetskog sektora. U tom cilju preduzete su odgovarajuće stimulativne mjere kao što su mogućnosti angažovanja privatnog kapitala kroz politiku dodjele koncesija, zatim povlašćene tarife cijena energije iz obnovljivih izvora, te usvajanjem odgovarajuće zakonske regulative o obaveznom preuzimanju takve energije od strane nadležnih distributivnih preduzeća. Granična snaga koja dijeli hidroelektrane i male hidroelektrane razlikuje se od zemlje do zemlje, zavisno o njezinom standardu, hidrološkim, meteorološkim, topografskim i morfološkim karakteristikama lokacije, te o stepenu tehnološkog razvoja i ekonomskom standardu. Većina Evropskih zemalja prihvatila je kapacitet od 10 MW instalisane snage kao gornju granicu za male hidroelktrane, što podržava i ESHA (European Small Hydropower Association), dok je u nekim zemljama ta granica različita (u Italiji je granica 3 MW, u Švedskoj 1,5 MW, u Francuskoj 8 MW, u Indiji 15 MW, u Kini 25 MW, itd.). U Jugoslaviji kao i zemljama koje su nastale njenim raspadom, a to znači i u BiH, prihvaćena je konvencija da su male hidroelektrane sve hidroelektrane instalisane snage do 10 MW.

Male hidroelektrane, za razliku od srednjih i velikih, mnogo se skladnije uklapaju u okruženje. Zato se smatra da negativnih uticaja na životnu sredinu nema ili su oni minimalni i prihvatljivi. U principu rade kao protočna derivaciona postrojenja, što znači da rade sa trenutno raspoloživim proticajima u rijeci. Snagu ostvaruju koncentracijom pada koji se ostvaruje dugačkim derivacijama, kombinovano niskim pragovima (branama) i derivacijama, a veoma rijetko samo sa branama kao pribranska postrojenja. Obično se izvode kao posebni objekti, a mogu biti ugrađene i u sistem vodosnabdjevanja kao što je MHE „Hrid“ u Sarajevu i MHE „Čajdraš“ u Zenici, ili u sistem navodnjavanja (primjer: sistem od 5 MHE „Bošava“ u okviru sistema za navodnjavanje u Kavadarcima, S. Makedonija). Od ukupnog broja malih hidroelektrana u BiH koje su bile u pogonu 2016. godine, 59% je sa instalisanom snagom do 1 MW, 36% između 1 i 5 MW, a samo 5% od 5 do 10 MW (slika 1).



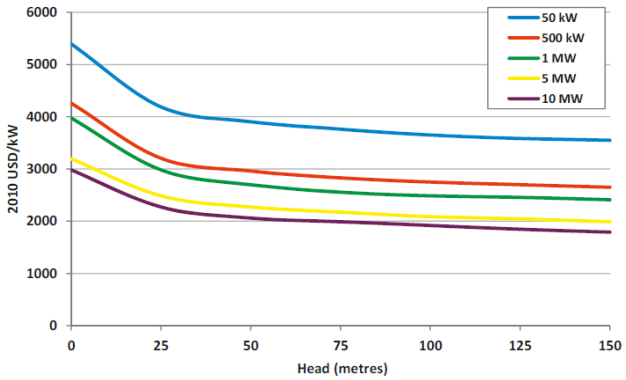
Slika 1: Struktura MHE u BiH u odnosu na instalisanu snagu

Najveći broj malih hidroelektrana u BiH je derivacionog tipa (oko 96%), a veoma mali broj

pribranskih. Derivacije su uglavnom cijevne, dok je samo nekoliko kanalskih i tunelskih. Sve male hidroelektrane u BiH izgrađene od 1996. godone su realizovane po modelu dodjele koncesija, uglavnom privatnom sektoru.

Dvije osnovne stavke u ukupnim investicijama za izgradnju malih hidroelektrana derivacionog tipa su: cijena oprema i cijena derivacije. To je posljedica okolnosti da je oprema uglavnom uvozna, kao i cijevni materijal derivacionih sistema ukoliko se ugrađuju GRP cijevi koje se u poslednje vrijeme veoma često koriste. Međutim, osnovni pokazatelji ekonomičnosti nekog projekta male hidroelektrane su specifične investicije iskazane kao odnos ukupnih investicija i instalisane snage (KM/kW), odnosno ukupnih investicija i moguće godišnje proizvodnje (KM/kWh), što se u praksi naziva investicioni količnik. Očigledno da je sa aspekta ekonomičnosti povoljnije ukoliko ti odnosi imaju manju vrijednost.

Veoma važno je istaći da specifične investicije kod malih hidroelektrana zavise od dva faktora: instalisane snage i energetskog pada. Prema analizama koje je provela IRENA – International Renewable Energy Agency [2], funkcionalna zavisnost ovih faktora prikazana je na slici 2.



Slika 2: Troškovi izgradnje MHE u funkciji instalisane snage i pada (Izvor: IRENA, 2012)

Nije nam poznato da li je u BiH rađena slična analiza, ali sve upućuje na zaključak da skoro isti trend vrijedi i u našim uslovima, a to znači da se specifične investicije povećavaju sa smanjenjem pada i instalisane snage, i obrnuto, sa povećanjem pada i instalisane snage specifične investicije se smanjuju.

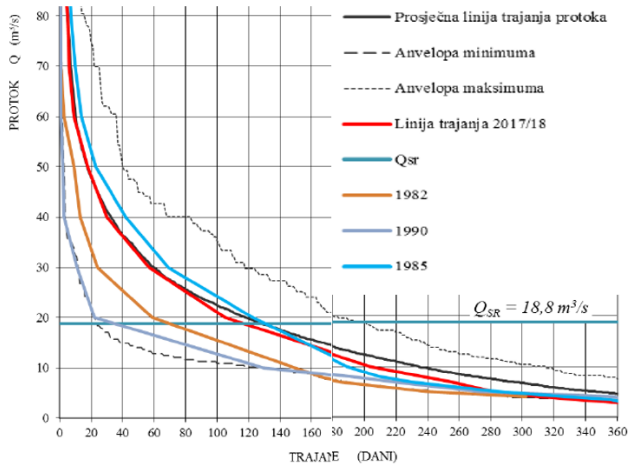
3. ULOGA HIDROLOŠKIH PODLOGA U PROJEKTOVANJU MHE

Proticaji u rijekama, kao i padavine od kojih nastaju, predtavljaju stohastičku prirodnu pojavu. Nivo hidrološke izučenosti nekog vodotoka zavisi od dužine hidrološkog niza osmatranja protoka na tom vodotoku. Sa druge strane, kod donošenja važnih tehničkih odluka u procesu projektovanja MHE od velike važnosti je da stepen hidrološke izučenosti bude takav da se raspolaže sa nizovima osmotrenih proticaja reprezentativne dužine. To znači da hidrološki niz treba da obuhvati u kontinuitetu uobičajene cikluse vodnijih i sušnijih godina.

Nažalost, na malim vodotocima u BiH na kojima su izvedene ili se planiraju izvesti male hidroelektrane, nema nikako ili nema dovoljno vodomjernih stanica, a to znači da ti vodotoci nisu dovoljno izučeni. Sa druge strane, u postupku dodjele koncesija za izgradnju i korišćenje MHE, i od koncesora i od koncesionara se zanemaruje ta činjenica i nameću rokovi koji onemogućavaju adekvatna hidrološka istraživanja. Zato su projektanti prinuđeni da do potrebnih hidroloških parametara dođu na razne druge načine, koristeći razne teoretske metode i postupke, uključujući i kratkoročna terenska istraživanja. Najćešće primjenjivane metode odnose se na definisanje hidroloških parametara na bazi padavina, specifičnog oticanja ili simultanih mjerenja na određenom profilu i poznatoj vodomjernoj stanici. Na ovaj način dobijeni podaci su, u svakom slučaju približni i nedovoljno pouzdani. Ključna hidrološka podloga na osnovu koje se definišu energetski, tehnički i ekonomski parametri MHE, a to znači i donose odluke o njihovoj izgradnji, predstavlja linija trajanja proticaja dobijena na bazi dnevnih protoka. Ona pokazuje procenat vremena ili broj dana u godini kod kojih je proticaj jednak ili veći od iskazane veličine. Osim toga, linije trajanja odražavaju vodni režim tečenja u nekom vodotoku, tako da je on u pogledu vremenske neravnomjernosti znatno nepovoljniji kod malih u odnosu na veće vodotoke. Naime, linije trajanja kod malih vodotoka imaju samo dva osnovna intervala: interval velikog povodnja sa kratkim trajanjem i interval dugog trajanja sa smanjenim proticajima. Međutim, kod velikih vodotoka i malih vodotoka koji u kraškim područjima dreniraju podzemne akumulacije, linije trajanja pored dva pomenuta intervala imaju izražen i interval srednjih proticaja.

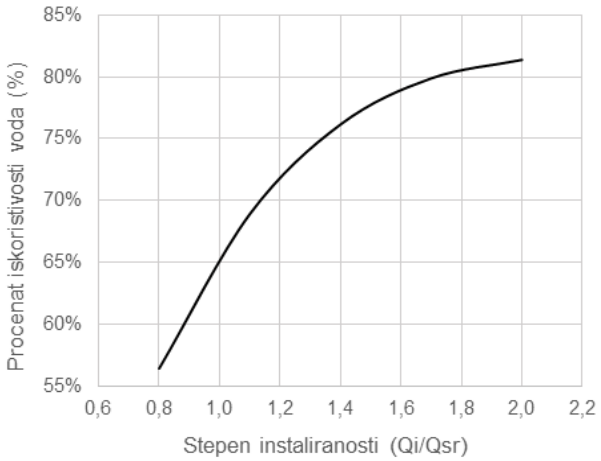
Obzirom da je linija trajanja „odgovorna“ za definisanje veličine instalacije i proračuna moguće proizvodnje određene MHE, veoma je važno da ona bude definisana na bazi pouzdanih podataka o proticajima. U nemogućnosti da se to ispoštuje, u praksi se često primjenjuju iznuđena rješenja. Tako se koriste linije trajanja formirane na bazi srednjih mjesečnih (pa čak i srednjih godišnjih) vrijednosti, što predstavlja grubu aproksimaciju. Međutim, energija sračunata na bazi linija trajanja sa srednjim mjesečnim vrijednostma, veća je oko 10% od one sračunate na bazi linija trajanja sa dnevnim vrijednostim proticaja. Isto tako linija trajanja formirana na bazi utvrđene korelativne veze profila MHE sa vodomjernom stanicom na vodotoku koji ima drugačiji režim tečenja, i to na osnovu oskudnog broja simultanih mjerenja, predstavlja nepouzdanu podlogu

zato što može imati izraženiji interval srednjih proticaja.
Kod optimizacije instalisanog proticaja projektanti pokušavaju naći optimum između potrebnih ulaganja i energetskih efekata. Ako se taj postupak provodi sa nepouzdanom linijom trajanja, mogu se donijeti pogrešne odluke sa negativnim posljedicama.
Prethodni komentari linije trajanja odnose se na prosječnu liniju trajanja proticaja za razmatrani niz godina, ali kod detaljnih analiza i dovoljno podataka interesantno je odvojeno uporediti linije trajanja za karakteristične godine iz razmatranog razdoblja: vlažnu, približno srednju i sušnu godinu. One imaju oblik kao na slici 3.
Prosječna linija trajanja formirana je na bazi dnevnih vrijednosti poticaja za period 1961-1990 (VS Vikoč, r.Ćehotina), sa anvelopama registrovanih maksimuma i mimuma. Iz razmatranog niza su odabrane hidrološki karakteristične godine čije su linije trajanja prikazane na istom dijagramu. Tako je 1990 godina bila izrazito sušna (graniči sa anvelopom registrovanih minimuma), 1982 je umjereno sušna, dok je 1985 bila nešto iznad prosjeka. Ovo ukazuje kolika su moguća kolebanja padavina u jednoj dekadi, te od kolike je važnosti raspolagati sa što dužim i pouzdanijim nizom mjerenja protoka.



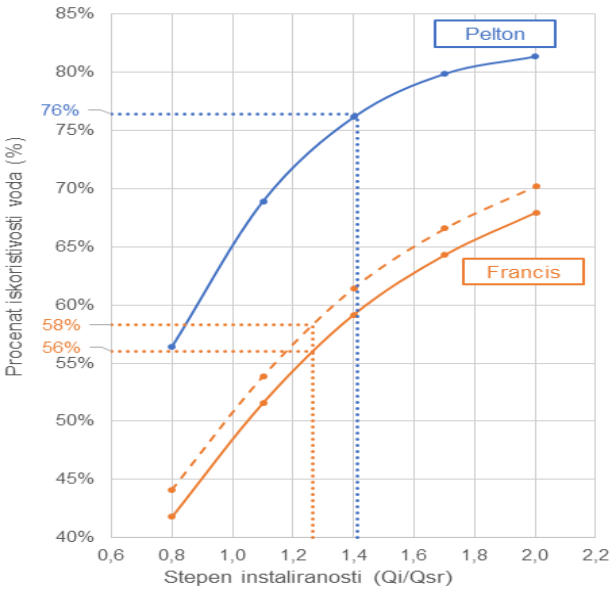
Slika 3: Odnos prosječne linije trajanja i linija trajanja za karakteristične godine

Pojedini karakteristični intervali linije trajanja proticaja mogu da se iskoriste kao opšti indikatori hidroloških uslova, vodnog režima, karakteristika sliva i bujičavosti vodotoka. Kriva trajanja stepenastog oblika ukazuje da na slivu vlada direktno površinsko oticanje, dok ravnomjerni oblik linije trajanja ukazuje da dotični vodotok drenira neku podzemnu akumulaciju vode (karakteristično za kraška područja). Ukoliko linija trajanja ima dva karakteristična segmenta: jedan „priljubljen“ uz vertikalnu, a drugi uz horizontalnu osu, onda se radi o bujičavom vodotoku. U ovom slučaju je veoma teška i delikatna odluka projektanta u smislu izbora instalisanog proticaja, tipa i broja agregata. Naime, za svaki veći proticaj smanjuje se vrijeme rada agregata sa instalisanim proticajem, i obrnuto. Ako se usvoji jedan agregat, što je racionalno sa aspekta koštanja, smanjuje se iskoristivost malih proticaja zbog ograničene vrijednosti k.k.d. agregata. Izbor većeg broja agregata, iskoristivost malih voda se nešto povećava ali se povećava i cijena opreme. Bez obzira na konačan izbor, hidroelektrana mora da u određenom perodu godine bude van pogona kako bi se udovoljilo ekološkim zahtjevima.
Optimalni instalisani proticaj (Qi) na malim vodotocima kod derivacionih postrojenja sa protočnim režimom rada, obično se izražava preko ***stepena instalisanosti*** Qi/Qsr, gdje je Qsr srednji višegodišnji proticaj, ili preko ***stepena iskoristivosti*** voda koji predstavlja odnos količina iskorištenih voda i količine prirodnih protoka na profilu vodozahvata MHE.
Funkcija zavisnosti ova dva faktora ima paraboličan oblik, kako je to prikazano na slici 4.
Sa smanjenjem stepena instalisanosti, smanjuje se iskoristivost voda zbog povećanja količina prelivnih (neiskorištenih) voda. Isto tako, sa povećanjem stepena instalisanosti, prirast iskoristivosti voda se smanjuje zbog „gubitka“ malih voda (povećava se tehnički minimum turbina).
Vrijednost i međusobni odnos ovih faktora zavisi od odnosa između ukupnih investicija i prihoda od proizvedene energije (uključujući i visinu podsticaja), hidroloških parametara izraženih preko karakteristika linije trajanja i veličine ekološki prihvatljivog protoka, a naročito od tipa i broja turbina.



Slika 4: Odnos stepena instalisanosti i iskoristivosti voda

Na slici 5 su grafički predstavljeni rezultati optimizacije instalisanog proticaja za dvije male hidroelektrane na istom vodotoku: prva sa jednom Pelton turbinom i druga sa 2 Francis turbine.



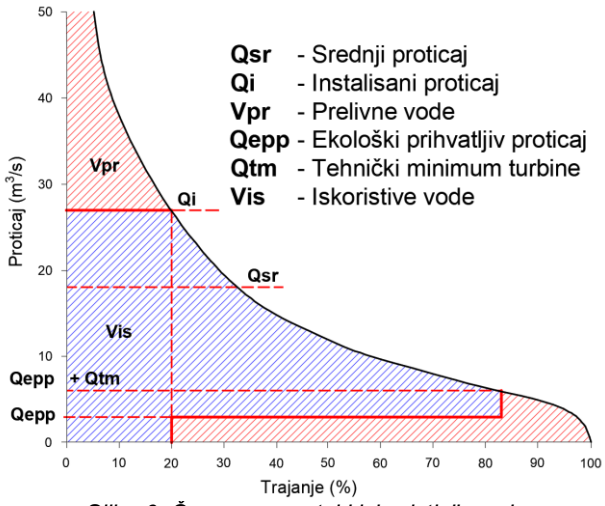
Slika 5: Stepen instalisanosti i iskoristivosti voda u zavisnosti od tipa turbine

Međusobna razlika između procenata iskoristivosti voda i stepena instalisanosti ova dva tipa turbina uslovljena je razlikom vrijednosti tehničkog minimuma koji se odnosi na minimalni protok kroz turbinu za granične vrijednosti k.k.d. i stepena kavitacije. Očigledno da je prednost na strani Pelton turbine kod koje tehnički minimum iznosi oko 10% od instalisanog proticaja, a kod Francis turbine je to 40%.

U konkretnom slučaju je optimizacijom instalisanog proticaja MHE sa jednom Pelton turbinom u dijapazonu od 0,8 do 2,0 Qsr, dobijena vrijednost stepena instalisanosti 1,41 i procenat iskoristivosti voda 76%. Kod MHE sa Francis turbinom optimizacija je izvršena u istom dijapazonu proticaja, ali sa dvije iste turbine. Na taj način dobijene su vrijednost stepena instalisanosti 1,26 a procenta iskoristivosti 56% [8]. Da bi se za isti stepen instalisanosti popravio procenat iskorištenja voda, usvojene su dvije različite turbine: jedna veća i jedna manja koja smanjuje početnu vrijednost tehničkog minimuma. Na taj način je povećan procenat iskoristivosti voda za oko 2%, koliko i moguća proizvodnja.

Na osnovu iskustva u optimizaciji instalisanog proticaja za više MHE, može se konstatovati da je stepen instalisanosti kod Francis turbina najčešće između 1.2 i 1.3 a procenat iskorištenja voda između 55% i 60%, dok kod Pelton turbina je stepen instalisanosti između 1.4 i 1.5 a procenat iskorištenja voda između 75% i 80%. Kaplan turbine koriste manje padove koji se uglavnom uspostavlja izgradnjom brane, iza koje se formira akumulacija koja omogućava izvjesno izravnanje proticaja, tako da se stepen instalisanosti kreće između 1.5 i 2, a nekad i više. Tehnički minimum ovih turbina je veći nego kod Pelton, a manji nego kod Francis turbina, tako da je i iskoristivost voda zadovoljavajuća.

Kada se linija trajanja proticaja analizira sa aspekta proračuna energije, a polazeći od usvojene vrijednosti instalisanog proticaja, ekološki prihvatljivog protoka, te tipa i broja turbina sa odgovarajućim tehničkim minimumom, moguće je raščlaniti površinu ispod linije trajanja kako je to prikazano na slici 6.



Slika 6: Šema energetski iskoristivih voda

Integrisanjem površine ispod linije trajanja dobije se ukupna količina voda na profilu MHE. Količinu iskoristivih voda (Visk) dobijemo kad se od te količine oduzmu prelivne vode, vode koje se ispuštaju („neprerađuju“) kao ekološki prihvatljiv proticaj i male vode koje u protočnom režimu rada MHE turbine ne mogu „preraditi“, odnosno tzv. tehnički minimum turbine (Q_{tm}). To je donja granica proticaja koju limitira proizvođač turbine zbog negativnog uticaja efekta kavitacije.

4. EKOLOŠKI PRIHVATLJIV PROTOK (EPP)

Inteziviranjem izgradnje malih hidroelektrana, naročito onih derivacionog tipa, otvorio se važan metodološki problem oko pitanja koliko iznosi prihvatljivi protok koji se mora konstantno ispuštati nizvodno od vodozahvata, kako bi se i nakon izgradnje i puštanje u pogon objekata očuvala ekološka funkcija vodotoka. Ovim problemom se u svijetu dugi period vremena bavila stručna javnost, tako da je do danas razvijeno više od 200 raznih metoda. Mnoge države su definisale zakonske odredbe i metodologiju određivanja ovog protoka, što pokazuje od kolikog je značaja njegova veličina.

U Bosni i Hercegovini je dugo vremena primjenjivano pravilo, bolje reći konvencija, da se na objektu vodozahvata konstantno ispušta proticaj koji iznosi 10% od srednjeg višegodišnjeg proticaja. Za ovaj proticaj koristio se termin „biološki minimum“, što je izazivalo podozrenje onih koji su se bavili zaštitom životne sredine zato što asocira na simbolični protok i formalan pristup projektanata i investitora. Nakon

prvih ozbiljnijih rasprava zaključeno je da je prihvatljivije za tu svrhu usvojiti protok jednak minimalnom mjesečnom proticaju 95% obezbjeđenosti. Analize napravljene na više profila MHE pokazale su da su ti proticaji nešto veći, odnosno da se nalaze između 0,10 i 0,20 Q_{sr}.

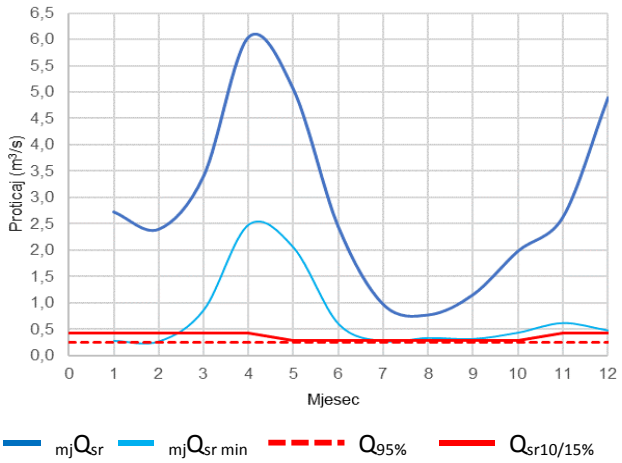
Stručna javnost u Bosni i Hercegovini nastavila je raspravu o ovom proticaju, što je rezultiralo da se on pod terminom **ekološki prihvatljivi protok** (EPP) definiše Zakonom o vodama Federacije BiH („Sl. novine F BiH“, br. 70/06) [5] i Zakonom o vodama Republike Srpske („Sl. glasnik RS“ br. 50/06) [6].

Zakonom o vodama RS nije jasno definisano koja metoda se koristi za određivanje EPP-a, ali je navedeno da će to biti regulisano posebnim podzakonskim aktom, što do sada nije urađeno pa se u praksi i dalje primjenjuje 95% Indeks metoda. Određene uporedne analize više poznatih metoda, provedene u međuvremenu od strane poznatih stručnjaka iz RS, pokazuju *„...da je 95% Indeks metoda pouzdanija u odnosu na druge razmatrane metode, jer u potpunosti prikazuje karakter malih voda, pri čemu je u potpunosti ispoštovan Zakon o vodama RS“* [4].

U skladu sa Zakonom o vodama F BiH donesen je Pravilnik o načinu određivanja ekološki prihvatljivog protoka u kome je definisana metodologija, potrebna istraživanja i procedure određivanja EPP. Metoda se zasniva na korišćenju hidroloških nizova, odnosno analizi dekadnih vrijednosti protoka, tako da se EPP definiše za dva perioda u godini: kada je $_{sr}Q_{DEK}$ manji i period kada je $_{sr}Q_{DE}$ veći od Q_{sr}. U slučaju da nije moguće raspolagati sa dekadnim vrijednostima, preporučuje se iznos EPP 0,10 Q_{sr} za period maj – oktobar i 0,15 Q_{sr} za period novembar – april.

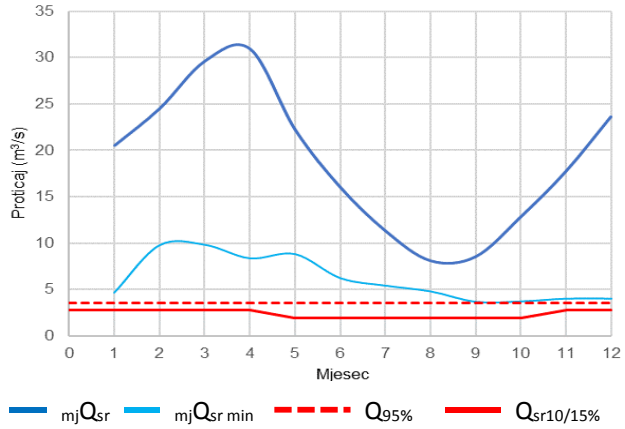
Primjena ovog Pravilnika u praksi izaziva dosta nedoumica i sporenja između projektanata, investitora i nadležnih za izdavanje vodnih akata. Posebno po pitanju raspoloživosti hidroloških podloga i mogućnosti proračuna EPP preko dekadnih vrijednosti. Naime, zbog složene procedure i dužine trajanja proračuna $_{sr}Q_{DE}$, pogotovo kad se ne raspolaže sa podacima o dnevnim vrijednostima proticaja u kontinuiranom nizu od 10 godina, prisutna je tendencija da se EPP definiše na ovaj drugi, jednostavniji način.

Ne ulazeći u problem pouzdanosti izmjerenih vrijednosti dnevnih proticaja, očigledno postoje razlike između uslovno malih i velikih vodotoka. Na slici 7 je prikazana zavisnost između vrijednosti $Q_{95\%}$ i 0,10/0,15Q_{sr} na profilu r. Ljute koja se može tretirati kao mali vodotok. Očigledno da je proticaj $Q_{95\%}$ blizak proticaju 0,10Q_{sr}, a njihova razlika je u granicama greške proračuna.



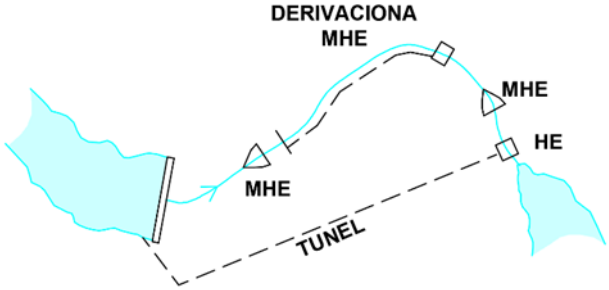
Slika 7: Uporedne metode Q95% i Qsr 10/15% za proračun EPP na primjeru r. Ljute

Na slici 8 je prikazana ista zavisnost ali za r. Ćehotinu, za koju možemo reći da spada u veće vodotoke. U ovom slučaju je proticaj $Q_{95\%}$ veći cca 20% od 0,15Q_{sr}.



Slika 8: Uporedne metode Q95% i Qsr 10/15% za proračun EPP na primjeru r. Ćehotine

Istrajavanje na bukvalnoj primjeni Pravilnika, čak i u slučaju nedostatka dovoljnih i pouzdanih hidroloških podataka, predstavlja rizik u smislu improvizacije i formalnog pristupa kod definisanja EPP. Kao primjer navodimo slučaj dodjele koncesija za niz malih hidroelektrana na potezu rijeke koji je već hidroenergetski iskorišćen izgradnjom jedne velike hidroelektrane sa dugom tunelskom derivacijom (slika 9).

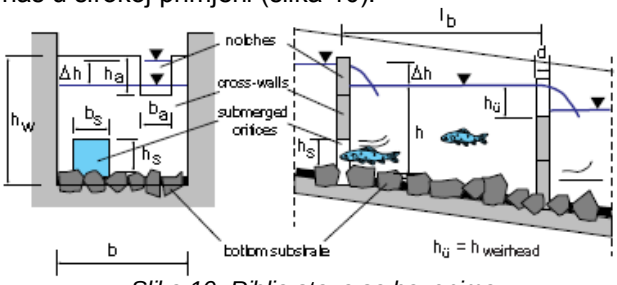


Slika 9: Šema „duplog“ derivacionog sistema MHE

Na potezu rijeke između brane i strojare te hidroelektrane, formira se tok od osnovnog ekološki prihvatljivog protoka i međudotoka od nekolko malih vodotoka. Hidroenergetsko korišćenje tih voda moglo bi se eventualno opravdati izgradnjom pribranskih, ali je diskutabilna izgradnja derivacionih postrojenja. Naime, izgradnjom i dugogodišnjim korišćenjem velike hidroelektrane, na glavnom toku rijeke je uspostavljeno neko novo stanje u pogledu funkcionisanja vodnih i uz vodu vezanih ekosistema, a u mjeri koliko je omogućio proticaj koji se ispušta na brani, uključujući i međudotok. Davajući saglasnost na korišćenje tih voda izgradnjom MHE derivacionog tipa, te definisanje EPP za tu MHE u skladu sa pomenutim Pravilnikom, predstavlja formalni pristup ispunjavanju zakonskih obaveza i graniči sa apsurdom. Greška je u ocjeni šta je to „postojeće stanje“ na tretiranom potezu rijeke: trenutno ili ono prije izgradnje velike hidroelektrane. U prvom slučaju problem EPP se rješava formalno, a u drugom suštinski. To znači da bi u drugom slučaju izostala saglasnost na izgradnju derivacione MHE.
Još jedan apsurd koji se pojavljuje kad se MHE izvodi nizvodno od neke davno izgrađene hidroelektrane, za koju je definisana količina konstantnog ispuštanja po kriteriju $0{,}10Q_{sr}$. U tom slučaju se, po inerciji „kad je već tako uzvodno, neka bude i nizvodno“, odobrava isti EPP i na nizvodnim (novim) hidroelektranama, umjesto da se prethodno na uzvodnoj preispita i verifikuje EPP prema aktuelnoj metodologiji.

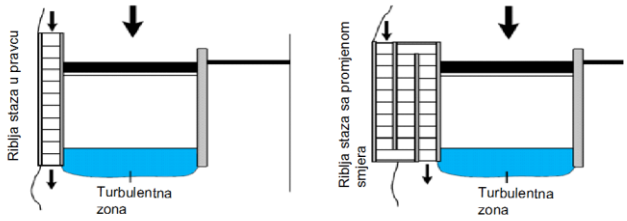
5. EPP I RIBLJE STAZE

Pored utvrđene metodologije određivanja EPP, utvrđen je i način njegovog ispuštanja u okviru vodozahvata, dok je način njegovog ispuštanja uglavnom prepušteno projektantima. U tom pogledu ne postoje neka pravila, pa se u praksi susreću razna rješenja koja takođe često izazivaju nesporazume između projektanata i nadležnih za izdavanje vodnih akata.
Kad se govori o načinu ispuštanja EPP-a neophodno je pomenuti **riblje staze** kao objekte čija je izgradnja obavezna prema aktuelnoj zakonskoj regulativi u BiH, a koje ponekad rješavaju problem ispuštanja EPP-a ili često samo učestvuju u njegovom rješavanju. Načelno omogućavaju suživot čovjeka i prirode, umanjujući negativni ekološki uticaj nastao izgradnjom praga/brane u koritu rijeke, a praktično omogućavaju uzdužnu, prvenstveno uzvodnu, ali i nizvodnu migraciju ribljih vrsta i drugih organizama, čime se zadržava raznolikost vrsta koje žive u rijekama.
Riblje staze su obično prirodni ili vještački kanali, opremeljeni elementima koji omogućavaju povoljne hidrauličke uslove u stazi (održavanje brzine tečenja u granicama koje riba može podnijeti).
Prirodnim ribljim stazama nastoji se oponašati prirodno stanje vodotoka, oblaganjem dna i pregradama od prirodnog materijala riječnog korita. Kamenim supstratom na dnu povećava se hrapavost korita, a postavljanjem većih kamenih blokova formiraju se mjesta pogodna za odmor riba.
Vještačke ili kako se još zovu tehničke riblje staze su betonske konstrukcije koje potrebne uslove tečenja ostvaruju stvaranjem umjetno povećane hrapavosti i pregradama s raznim otvorima. Najzastupljenije tehničke riblje staze su: staze s bazenima, staze s vertikalnim prorezima, Denilove staze, kanali s umjetno povećanom hrapavosti i riblji liftovi. Koja će se od njih primjeniti u konkretnom slučaju zavisi od više faktora: visine i tipa brane, morfoloških uslova na profilu rijeke, veličine odabranog proticaja, režima rada elektrane, itd.
Najstarija vrsta ribljih staza je riblja staza sa bazenima, koja je zbog svojih raznih prednosti i danas u širokoj primjeni (slika 10).



Slika 10: Riblja staza sa bazenima

Ukupni pad savladava se manjim padovima kroz niz bazena, međusobno odvojenim vertikalnim pregradama, koji omugućavaju stepenasti pad vodnog lica od gornje do donje vode. Glavna prednost ovog tipa ribljih staza je pogodnost za migraciju svih ribljih vrsta. Tok vode iz jednog u drugi bazen može se odvijati kroz naizmjenično izvedene otvore na dnu pregrade, što je pogodno za ribe koje ne mogu preskakati pregrade, zatim može se prelijevati preko pregrade, što zahtjeva da riba preskače pregradu, ili pregrada može imati kombinaciju istjecanja i prelijevanja. Prilikom migraciji ribe savladavaju veće brzine samo prilikom prolaska kroz otvore ili pri preskakanju pregrade, dok su bazeni predviđeni za odmor. Dno riblje staze je prekriveno slojem prirodnog agregata kako bi se što više imitirali prirodni uslovi toka i omogućio prolaz svih migracijskih vrsta, a ne samo riba.
Obzirom na raspoloživi prostor i visinu koju je potrebno savladati, ove riblje staze mogu biti jednoredne ili višeredne (slika 11). Staze s bazenima najčešće se konstruišu u pravcu, od uzvodnog do nizvodnog dijela, ali u slučaju prevelike dužine staze se konstruišu tako da mijenjaju smjer za 180 stepeni, jednom ili više puta [7].



Slika 11: Mogućnosti rješenja riblje staze s bazenima

Paramatri neophodni za uspješno funkcionisanje ribljie staze su: protok vode kroz riblju stazu, brzina vode i turbulentnost, pravilan smještaj ulaza i izlaza te nagib riblje staze. Za ispravno funkcionisanje ulaza, najbitnije je dobro ga postaviti u prostoru, odnosno što bliže pregradi vodotoka kako bi ga organizmi prepoznali. Naime, u prirodnom vodotoku bez pregrade za migraciju živih vrsta raspoloživa je njegova cijela širina, dok u pregrađenom vodotoku, riblje staze ograničavaju migraciju na mali dio poprečnog presjeka vodotoka. Dimenzije ribljih staza su u odnosu na ukupnu širinu vodotoka relativno male, ograničene hidrauličkim i ekonomskim uslovima.

Maksimalna dozvoljena brzina tečenja koja se može ostvariti na suženjima, prelivima i otvorima ribljih staza ne smije biti premašena. Turbulencija toka u ribljim stazama trebala bi biti što manja kako bi se i vodni organizmi slabijih plivačkih sposobnosti mogli odmoriti prilikom uzvodne migracije.

U BiH nema jasnih kriterija oko dimenzioniranja ribljih staza, pogotovo njenog proticajnog kapaciteta. Zato su projektanti prinuđeni da koriste iskustva drugih, izlažući se kritikama manje ili više upućenih stručnjaka i nadležnih za izdavanje vodnih akata. Najčešći nesporazumi koji se pojavljuju u praksi, odnose se na sljedeće:

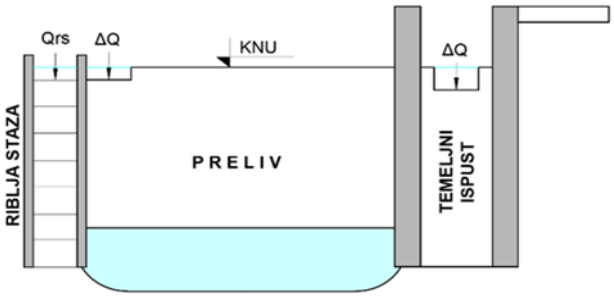
(1) Poznato je da riblja staza treba biti dimenzionirana u skladu sa karakteristikama ribljeg fonda u konkretnom vodotoku, što se realno utvrđuje odgovarajućim ihtiološkim studijama. Za tako nešto potrebna su određena sredstva i vrijeme što nije u interesu investitora MHE, a nema instrumenata da se na to obavežu. Zato se sva „priča“ nadležnih oko riblje staze svodi na konstataciju da li je ona planirana ili nije.

(2) U praksi se često susrećemo sa zabludama, čak i kod onih koji su zaduženi za izdavanje vodnih akata, da riblju stazu treba dimenzionirati na ekološki prihvatljiv protok. Dakle brkaju se dva odvojena pojma koja u funkcionalnom smislu mogu ali ne moraju biti povezni, ali ne i u pogledu dimenzioniranja. Naime, u praksi se odvojeno posmatraju dva slučaja, prema ilustraciji na slici 12:

a) Za $Q_{epp} > Q_{rs}$ onda je $\Delta Q = Q_{epp} - Q_{rs}$
b) Za $Q_{epp} \leq Q_{rs}$ onda je $\Delta Q = 0$

gdje je:

Q_{epp} - ekološki prihvatljiv protok
Q_{rs} - proticaj kroz riblju stazu
ΔQ - razlika protoka između Q_{epp} i Q_{rs}



Slika 12: Šema ispuštanja EPP

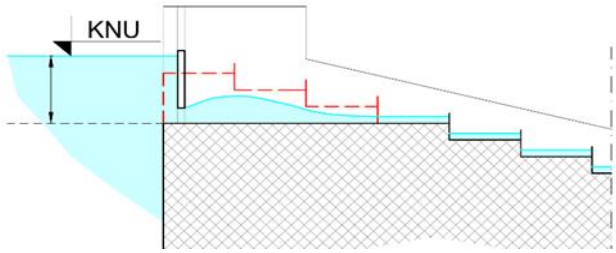
Praktično, u osnovi dimenzioniranja je riblja staza, i ukoliko je $Q_{epp} \leq Q_{rs}$ onda se EPP u cjelosti ispušta kroz riblju stazu i nije potreban neki dodatni objekat za ispuštanje EPP-a. U slučaju kada je $Q_{epp} > Q_{rs}$, onda je neophodno planirati neki dodatni objekat kapaciteta ΔQ.

U praksi se ispuštanje proticaja ΔQ rješava na razne načine. Zahvaljujući okolnosti da sistem upravljanja kod protočnih MHE u principu radi „po nivou“, to znači da proticaj kroz turbinu reguliše nivo-sonda na vodozahvatu, moguće je obezbjediti propuštanje proticaja ΔQ van kontrole nivo-sonde. Ovdje se misli na nivo za koji se odomaćio naziv NGV - nivo gornje vode. Praktično, ispuštanje proticaja ΔQ rješava se izvođenjem otvora na kontrolnom prelivu ili na klapni temeljnog ispusta i to ispod nivoa koji kontroliše nivo-sonda, što je šematski prikazano na slici 12.

(3) Već je istaknuto da je polazna predpostavka kod planiranja i realizacije malih hidroelektrana njihov protočni režim rada. To praktično znači da MHE u svakom trenutku koristi samo doticaj do vodozahvata u tom istom trenutku, umanjen za EPP. U skladu sa takvom predpostavkom vrši se proračun i zvanično nominuju energetski efekti MHE, te definišu i usaglase njeni uticaji na okolinu. Međutim, koncesionari (vlasnici, korisnici) u toku eksploatacije MHE, i to onih koje raspolažu sa akumulacijama iole značajnije zapremine, brzo shvate kako i na koji način mogu povećati proizvodnju. Za to im nisu potrebne nikakve teorije o „izravnanju protoka“, definisanja „zapremine akumulacija“ analize „bilansa voda“, analiza uticaja na okoliš usled promjene „režima rada“, izmjene „odobrenja za rad“ i sl. Jednostavno, kad se tzv. radne vode približe tehničkom minimumu rada turbine, nastave sa radom sve dok se ne isprazni akumulacija i onda obustave proizvodnju. Kad se akumulacija napuni, MHE se pokrene i radi dok ponovo ne iscrpi vodu iz akumulacije. Ti ciklusi se ponavljaju sve dok se ne popravi hidrološko stanje u slivu.

Ovakav način rada malih hidroelektrana u energetskom smislu može imati vidljive efekte, a

nekad su oni simbolični („bolje išta nego ništa“). Međutim, još niko nije analizirao kakve su eventualno negativne posledice ovakvog rada MHE (posledice čestih oscilacija nivoa u akumulaciji, raubovanje opreme, česti „udari“ na distributivnu mrežu, posledice čestih promjena nivoa vode u koritu rijeke nizvodno od strojare, itd.). Međutim, mi ćemo ukazati na negativne posledice u smislu funkcionisanja riblje staze kao sastavnog dijela sistema za ispuštanje EPP-a. U tom cilju navodimo primjer dvije MHE, snage 6,5 i 9,5 MW, koje u okviru vodozahvata imaju akumulacije značajnije zapremine, sa branom uz koju je projektovana i izvedena riblja staza, prilagođena konstantnom nivou gornje vode, što znači protočnom režimu rada. Nakon njihovog puštanja u pogon, koncesionar je zaključio da ima mogućnost spuštanja nivoa u akumulaciji 1 do 1.5 m. Da bi to omogućio izvršio je samovoljnu rekonstrukciju ribljih staza tako što je na toj visini uklonio bazene, a na uzvodnom licu brane ugradio tablaste zatvarače koji stoje djelimično podignuti, toliko da omogućavaju isticanje ispod njih nekontrolisane količine voda, kao što je prikazano šematski na slici 13.



Slika 13: Šema „rekonstrukcije“ riblje staze

Tako se u kombinaciji sa klapnom na temeljnom ispustu ispušta EPP, što se propisno kontroliše na mjernom profilu nizvodno od brane, ali je riblja staza potpuno van funkcije, bez obzira na dovoljnu količinu vode koja teče duž preostalih bazena. Naime, velika brzina vode koja ističe ispod ustave onemogućava prolaz riba ili bilo kakvih organizama koji žive u vodi.

6. ODNOSI KONCESOR - KONCESIONAR

Odnosi između Koncesora/Koncendenta i Koncesionara regulisani su ugovorom o dodjeli prava Koncesionaru na investiranje, projektovanje, izgradnju, eksploataciju i održavanje neke MHE. Nadziranje rada Koncesionara u periodu projektovanja i izgradnje prepušteno je uglavnom Komisiji za koncesije, uključujući i nadležne organe u skladu sa odgovarajućom zakonskom regulativom. Međutim, u praksi se ta obaveza obično svodi na admistrativno i formalno, a ne na stručno i suštinsko, tako da Koncesor/Koncident npr. nema uticaja na izbor perfomansi MHE kako bi se što racionalnije koristio raspoloživi prirodni resurs, a pogotovo na kvalitet odabranih rješenja, radova i opreme.

Izgradnja MHE nije moguća, a da se u izvjesnoj mjeri ne zadire u prirodni ambijent odabrane lokacije, kako sa objektima stalnog karaktera tako i sa pratećim sadržajima koji su u funkciji izgradnje (pristupni putevi, nasipi, pozajmišta i deponije materijala, ...). Ponekad to djeluje ružno i svjedoči o bahatosti investitora i izvođača, što ide u prilog protivnicima izgradnje MHE. Isto tako, način upravljanja radom MHE (uključujući i funkcionisanje riblje staze), prepušteno je u cjelosti Koncesionaru koji primarno preferira svoj interes..Zato su ponekad opravdane sumnje da li se stvarno ispušta EPP. Stiče se utisak da u oba slučaja takođe izostaje stručno nadziranje „ponašanja“ Koncesionara od strane nadležnih organa Koncesora/Koncidenta.

6. ZAKLJUČAK

Male hidroelektrane kao vodoprivredni objekti koji omogućavaju hidroenergetsko korišćenje voda, posmatrano sa aspekta njihovog broja i ukupno instalisanog kapaciteta na prostoru BiH, predstavljaju istinsku realnost u pogledu društvenih efekata i uticaja na okruženje. Međutim, u znatnoj mjeri su iscrpljene lokacije sa velikim padovima i malim proticajima koje imaju uglavnom povoljne ekonomske pokazatelje, a tek predstoji period izgradnje onih sa malim padovima i velikim proticajima koje su ekonomski nepovoljnije i intezivnije utiču na okruženje i promjenu režima tečenja voda. Zato je potrebno posvetiti veću pažnju svih aktera u realizaciji ovih MHE u smislu pripreme hidroloških podloga kao „najodgovornijeg“ faktora u pogledu neizvjesnosti i donošenja pogrešnih odluka.

Donošenjem i primjenom zakonskih i podzakonskih akata u BiH koja se odnose na EPP, svakako da je napravljen značajan korak u pogledu pravične raspodjele vodnog potencijala na dio koji služi potrebama društva i dio koji je neophodan za zaštitu i očuvanje vodnih ekosistema. Međutim, to je proces koji treba pratiti i permanentno usavršavati zbog suprostavljenih tendencija u razvoju društva: smanjenja raspoloživih vodnih resursa i povećanja kriterija zaštite životne sredine. To se odnosi i na riblje staze čije planiranje, izvođenje i funkcionisanje treba imati suštinske, a ne formalne odlike.

Odgovarajućim zakonskim i podzakonskim aktima, uz dodatno, stručno i suštinsko angažovanje nadležnih organa i institucija Koncesora/Koncidenta, treba nadzirati način korišćenja prirodnog hidroenergetskog resursa i u tom smislu spriječiti svaku samovolju Koncesionara.

LITERATURA:

[1] Kovačina S., Istorijski razvoj izgradnje malih hidroelektrana u Bosni i Hercegovini, Voda i mi 99, 1918.

[2] IRENA: Renevable Energy Tehnologies – Hydropower, 2012.

[3] Đorđević B, Dašić T, Određivanje potrebnih protoka nizvodno od brane i rečnih vodozahvata, Vodo-privreda, 0350-0519, 43, 252-254 p.151-164, 2011.

[4] Praštalo P., Slavnić M., Prikaz metoda za određivanje ekološki prihvatljivog protoka na rijeci Plivi, Tehnika - Naše građevinarstvo 72, 2018.

[5] Zakon o vodama (“Službene novine Federacije BiH”, broj 70/06) i Pravilnik o načinu dređivanja ekološki prihvatljivog protoka (''Službene novine FBiH'', broj:04/13)

[6] Zakon o vodama Republike Srpske (“Službeni glasnik RS”, br 50/06, 92/09, 121/12)

[7] Prša M., Rebrina M., Srednoselec I., Analiza geometrijskih karakteristika ribljih staza u ovisnosti o hidrauličkim uvjetima tečenja, Građevinski fakultet Zagreb, 2013.

[8] ENCOS d.o.o., Arhiva projektne dokumentacije (2010 - 2019)

RECREATIONAL WATERS - RISK ASSESSMENT

Zarema Obradović, prof dr,
Faculty of Health Studies
Univeristy of Sarajevo, B&H
Zobradovic9@gmail.com

Arzija Pašalić, prof dr
Faculty of Health Studies
Univeristy of Sarajevo, B&H
arzijapasalic@gmail.com

Enes Slatina, doc dr
Faculty of Health Studies
Univeristy of Sarajevo, B&H
eslatina@gmail.com

Abstract: Introduction: Recreation in water and by water is very popular and much more important nowadays than in the past. Previously, recreational water was used only in the summer time and now, thanks to a large number of indoor pools, recreation in water is possible during the whole year. Aim: Outline the basic risks associated with recreational waters and identify especially risk groups. Data sources: Review of available literature and relevant published studies. Results: Health risks assessment conected with recreation water depend on various factors such as: types of recreation water, their maintenance, characteristics of people who use it. With the use of recreational waters the risk of recreational water illnesses (RWIs) is associated. The main risks are: poor water quality, inadequate disinfection and inadequate ventilation system in swimming pools, swim duration and frequency, behaviour of consumers.Conclusion: Risk assessment is important for preparing the risk management for recreational water.

Key words: recreational water, risk assessment

1 INTRODUCTION

The positive role of water on the human health is well known. In addition to drinking water, which is the most important, all kinds of recreational water have a very big impact on health. Hippocrates, the father of medicine, wrote in his documents about the importance of using water for recreational purposes, and emphasized that swimming significantly contributes to improvement of human health.
Today the term recreation water refers to swimming, but also a number of other sports such as diving, boating, rafting, water skiing, diving, fishing and so on.
However, swimming has remained the most popular water-related recreational activity. One of the reasons is that it does not require special, expensive equipment for swimming, it is not difficult to train for swimmers, so this type of recreation is accessible for all.
For most swimmers, one of the precondition for using recreational swimming water is that the water temperature is comfortable for swimmers, neither too cold nor too warm.
The exception are swimmers who traditionally bathe in some areas even in very cold water, as well as people who have been able to adapt to swimming in very warm water.
In the past, seas, rivers and lakes were mostly used for recreation, which was greatly influenced by season and air temperature. Thus, in temperate zones, recreational water was used almost exclusively during the summer season.
Recently, swimming pools have become an increasingly important category of recreational water, especially for swimming as recreational activity. Outdoor and indoor pools are being built with various water heating options, which opens the possibility of recreation in the water throughout the year.
Due to this fact, the number of persons who choose swimming as their main recreational activity has increased significantly and has a further tendency to grow.
Swimming is known to be beneficial for health, specifically for cardiovascular health, as well as for some forms of rehabilitation. But swimming is also known to present risks to human health, through exposure to microbiological pathogens and disinfection byproducts (in water which is disinfected).
All kind of water could be contaminated by microbiological and chemical contaminats and using of these waters can cause recreational water illnesses (RWIs).

Microbiological contaminants in recreational waters

The main mibrobiological contaminants are: algae, protozoa (Cryptosporidium, Giardia), bacteria (Pseudomonas aeruginosa, Escherichia coli and coliforms, Legionella), viruses (Hepatitis A virus, Hepatitis E virus, Norwalk virus).
The most important is bacterial contamination, and in this group coliforms are on the top. Coliforms in the water are from two sources:
Non –fecal coliforms are from soil and vegetation, and fecal coliforms are from animal waste and human sewage.
The most important chemical contaminants are disinfection byproduct (DBP). Free chlorine, the form of chlorine that kills germs, gets used up and is no longer available to kill germs. Chemical irritants are called chloramines (chlor, amines, compounds that contain nitrogen).
Urea is the dominant organic N compound in human urine and sweat. It is an important precursor for producing NCl3 in swimming pools.
After the using of contaminated water diseases may occur.
There are two groups of diseases: infections and chemical irritation.
a) Main infectious diseases are:
- gastrointestinal - diarrhea
- skin infections - rashes
- wounds
- ear infections
- eye infections
- respiratory infections

b) Chemical irritation primarily attacks eyes and lungs (from water and from air in the swimming pools).

Risks connected to swimming water depend on:

1. Type of swimming water (sea, lake, river, pool: outdoor-indoor)
2. Maintenance of swimminig water (water quality, disinfection)
3. Number and characteristics of swimmers (age, habits, rules compliance)

According to the type of recreation water, swimming pools are with the highest risk because it is not running water, it is standing water in a closed system so contamination is easier.
For the risk assessment very important is swimmer behavior, such as frequency and duration of swimmning events and submersion of the head and swallowing water.
Risk assessment for risk management has the following components: water quality monitoring, field survey and literature review (1).

First part is assessment of microbiological risk, which is presented as Quantitative Microbiological Risk Assessment (QMRA) and includes:
- fecal coliforms (FC)
- Escherichia coli (EC)
- Enterococci (ENT).

These data can provide a proper basis for protective measures. Other required data are conected to swimmer exposure. One input to risk assessment models is the rate of water ingestion.

Swimmers in a pool are about 25-50 times more likely to report swallowing a teaspoon of water compared to those who participate in limited-contact recreational activities on surface waters (2).
Quantitative Microbiological Risk Assessment (QMRA) can provide a proper basis for protective measures
Swimming waters and health-related behaviours
Hygienic risks in swimming waters are conected to environmental factors and sanitation, but knowledge and behaviour of the users is also important, especially in the swimminig pools.
A huge number of swimmers in the pools don't pay enought attention to measures before entering the swimming pool. They don't take shower and foot bath (77%-78%) and they won't wear caps and proper goggles (98%-99%) (3).
In a lot of studies the swimming pool regulation is recognized as a valid tool for health promotion.
Generally, there is a low compliance with the rule of showering before entering a swimming pool.
There is a difference between the swimmers in respecting the rules. Lack of showering is dominant in females, age 14-17 years, because they do not read the swimming pool rules. There is little awareness of the preventive role of showering in the hygienic management of swimming pools (4).

Main microbiological contaminants and infectious diseases

Cryptosporidium
Fecal contamination in recreational water is connected to the incidence of cryptosporidiosis. The systematic and standardized researches to quantify Cryptosporidium oocyst levels in public pools and beaches are needed (5).
Infection risks in adults and children for cryptosporidiosis is conected to Cryptosporidium concentration. Due to increased ingestion and swim duration, child swimmers had the highest risk estimate. Annual risk was estimated at 2.5 x 10-2 infections/year from swimming in treated recreational water venues with 2,9 x 10-2 infections/year for children and 2,2 x 10-2 infections/year for adults. Child swimmers were the most vulnerable sub-population. These facts are important for healthy swimming education campaigns .
Cryptosporidium outbreaks are difficult to detect by routine surveillance methods. An improved surveillance system is required if outbreaks of gastroenteritis are to be detected (6).
For outbreak investigation interviewing and laboratory testing suspected cases are needed.
The majority of cases are younger than 20 years, and multiple swimming episodes are more risky.
Control measures have to be focused on: inspecting and improving operating standards at swimming pools, hygiene information to swimmers, early detection and exclusion of cases (7).

Pseudomonas aeruginosa
Another agent in recreational water is P. aeruginosa which can cause a wide range of infections. It is a leading cause of illness in immunocompromised individuals, major cause of folliculitis and ear infections acquired by exposure to contaminated recreational waters.
P.aeruginosa is frequently found in whirlpools and hot tubs, sometimes in 94%-100% of those tested because high temperatures of whirlpools, aeration and low chlorine concentration stimulate the growth (8).
Pseudomonas is usually found in whirpools when the chlorine concentration is low, it has been isolated in the presence of 3.00 ppm residual free chlorine.
Many outbreaks of folliculitis and ear infections are associated with the use of whirlpools and hot tubes that contain P. aeruginosa.
Swimming pools are frequently contaminated with P.aeruginosa as an opportunistic pathogen and for that reason it is a public health threat which requires systematic risk assessment to define the appropriate risk management strategies (9).
Ear problems in swimmers are very common. Very often it is acute diffuse otitis externa and P.aeruginosa is the most common pathogen snd the main risk factor for swimmers in polluted waters (10).

Total coliforms and fecal coliform counts are positively associated with otitis externa. There is a difference between divers and nondivers. Among nondivers the rate of otitis externa was 35,7% in swimming pools with poor quality water and 17% in those with good quality water. Younger children had a slightly higher risk of otitis externa than older children (11).
Legionella pneumophila
L.pneumophila is also a risk for bathers and attendant staff. Legionella was isolated from the pool, inadequate chlorination of water considered to be the most likely source of infection (12).

Legionella species colonization is frequent in water distribution systems, pools and air conditioning systems in cruise ships and ferries.
Investigation of Legionella spp. Is in water distribution systems, recreational pools and air conditioning systems on board ferries and cruise ships Legionella spp is usually found in water distribution systems and correlate positively with ship age, although the samples taken from the pools are negative (13).
There is also a risk of presence of L. pneumophila from private whirlpool spa in the garden (14).
Pool maintenance has a huge impact on Legionella. Spa pools can be a source of Legionella infection and should be maintained according to current hygiene guidelines (15).

Exposure assessment for swimmers in bathing waters and swimming pools

The data on swimmer exposure are very important for the risk assessment, but they are limited or lacking. The frequency of swimming and duration of swimming are different according to sex, age groups and water types. Differences between men and women are small, but they behave differently.
Children swim more often and stay in water longer. They also submerse their heads more often and swallow more water then adults.

Children are very often in risk because they visit swimming pools 13-24 times/year, with longest duration of swimming (average 67-81min).
Fresh and seawater sites are visited 6-8 times/year, lasting 41-79 min.
Swallowing of water is different for diffent groups: women: 18-23 ml per swimming event, men: 27-34 ml and children: 31-51 ml (16).

Knowledge, risk perception and behaviours in swimming pool users

Swimmers of different ages and genders have a different knowledge, risk perception and behaviour. Quantitative infection risk estimates among different age groups are needed to identify vulnerable population. In some studies, women older than 30 and with a good knowledge were significantly more associated with having healthy behaviours.
Unhealthy behaviours can be frequently found in swimming pool bathers (17,18).
The analisis of Health-Related Bahaviors in Swimming Pool Users and influence of Knowledge of Regulations and Awareness of Health Risks give us important facts.
If we compare two groups: children and adolescents, in both groups compliance increased with education level, but there is no positive association between viewing the regulations and adopting appropriate behaviours. More attention should be given to educational interventions aimed to increase knowledge of health risks

Assessment of water ingestion as a swimmer behavior

One input to risk assessment models is the rate of water ingestion. Water ingestion during the recreation in water is an important factor because enteric pathogens in recreational water can be unintentionally ingested during swimming, increasing the likelihood of acute gastrointestinal illness (AGI). It is important to define the main risk factors and risk populations.
Frequency and duration of head submersion in the water have the main influence on water ingestion. Frequency of splashes to the face and leisurely swimming is also important (19).
Due to increased ingestion and swim duration, child swimmers had the highest annual risk estimate, and children are the most vulnerable sub-population (20).
Some researches show that swimmers in a pool are 25-50 times more likely to report swallowing compared to those who patricipate in recreational activities on surface waters (such as canoeing, fishing, kayaking, motor boating) (21).
Bacterial contamination of water in pools is associated with falling free chlorine concentration in water (22).

Chemical contaminants in the recreational waters

Disinfection is mandatory for swimming pools. Public pools are usually disinfected by gaseous chlorine or sodium hypochlorite and catridge filters. Home pools typically use stabilized chlorine. These methods produce disinfection byproducts (DBPs) which could have a negative impact to the health. DBPs may be reduced by:applying new oxidation and filtration methods, reducing bromide and iodide in the source water, increasing air circulation in indoor pools and assuring the cleanliness of swimmers (23).
DBPs are: carcinogenic, fetotoxic and irritant to the airways The main effects on the respiratory system are presented as higher prevalence of respiratory symptoms (including asthma) among swimming pool workers and elite swimmers.
The positive effects of swimming should be enhanced by minimising potential risks (24).

Childhood asthma and environmental exposures at swimming pools

DBPs are respiratory irritants. Many studies about the association between childhood swimming and new onset asthma are suggestive, but not conclusive (25).

Swimming is often recommended as a sport because of its several benefits to health. Swimming is recommended to asthmatic children.
More studies are about possible harmful effects of baby swimming on respiratory health
Longitudinal studies are needed to clarify any role of chlorinated swimming pool attendance in the development of asthma in swimmers (26).

Trihalomethane exposure in indoor swimming pools is another health risk. The potential for generation of disinfection byproducts in swimming pools is high due the concentrations of chlorine required to maintain adequate disinfection and the presence of organics introduced by the swimmers.
Exposure occurs through ingestion, inhalation or thtough dermal contact. To avoid health consequences health risk assessment and risk management strategies are needed. One of the main measures is adequate ventilation system in indoor swimming pools (27).
The intake of trichalomethanes in indoor swimming pools is in a relationship to physical activity of people. Relation between swim distance or energy expenditure and exhaled breath and THM concentrations was observed.Higher THM concentrations are significant for individuals who swim more time and longer distance Inhalation is the primary mechanism for THM exposure of swimmers in indoor buildings (28).

Health risk assessment model for swimmers exposed to chloroform in indoor swimming pools

Exposure to chloroform in indoor swimming pools can be through ingestion, dermal absorption, inhalation during swimming and inhalation during resting.
The major exposure routes were found to be inhalation during swimming – more than 99% of the total health risk.
To protect swimmers from excessive exposure to chloroform, alternative methods or processes of disinfection should be considered for swimming pool managers (29).

The respiratory health of swimmers

Chlorine may be irritating to the respiratory tract and induce upper and lower respiratory tract simptoms.
The main risk groups are: children, lifeguards and high-level swimmers.
The prevalence of rhinitis, asthma and airway infections is increased in elite swimmers compared with the general population.
This my be related to the airway epithelial damage and increased nasal and lung permeability caused by the exposure to chlorine subproducts in indoor swimming pools (30).

Investigation of Air Quality Problems in an Indoor Swimming Pool

Trichloramine (NCl_3) is the contaminant suspected to cause irritative respiratory symptoms among swimmers and swimming pool workers.
Ventilation is an important determinant of trichloramin air concentration in swimminig pool air (31).

Disinfection by-products effect on swimmers oxidative stress and respiratory damage

Disinfection by-products (DBPs) are generated through the reaction of chlorine with organic and inorganic matter in indoor swimming pools.
This study evaluated the effects of different chlorinated formations in oxidative stress and lung damage in different type of swimmers.
Levels of total chlorine increased as a function of the swimming activity in chlorinated swimminig pools (32).
Many swimming pools apply chlorine or bromine based disinfectants to prevent microbial growth The chlorinated swimming pool water contains higher chlorine residual and is maintained at a higher temperature than a typical drinking water distribution system. It constitutes environments with high levels of DBPs in water and air as a consequence of continuous disinfection and constant organic loading from the bathers (33)

Deleterious effects of swimming pool chlorine on the corneal epithelium

Chlorine was determined to be potentially harmful to the corneal epithelial barrier. Swimming without goggles might become a risk factor for corneal epithelial integrity suggesting encouragement of goggle wear while swimming (34).

Assessment of occupational and public exposure to trichoramine in indoor swimming pools

It is important to evaluate occupational and public trichloramine exposure in indoor pools.
There is an increasing risk of irritative symptoms up to level of 0,2-0,3 mg/m-3 of trichloramine.
Technical standards (flocculation, filters, water flow and ventilation systems) and regulation of water quality contribute to reducing trichloramine formation, and consequently occupational and public trichloramine exposure
Very important are
- good public hygiene
- showering before swimming (the most important) (35)

CONCLUSION

Risk assessment for recreational waters is a very serious jobbecause it is different for different persons at the same time in the same swimming pool. It is necessary to analyse:
1.General characteristics: what kind of recreational water,quality of water, disinfection mode, maintenance, cleaning
2.Personal characteristics of swimmers: age, sex, education level, their behavior in water, what are they doing and how long they stay in the water, whether they are resting by the pool

LITERATURE

1. Sun F, Sha J, Zhang YF, Liu YH. Microbiological risk assessment of urban water bodies for aesthetical and recreational uses. Huan Jing Ke Xue, 2013 Mar; 34(3):933-42

2. Dorevitch S, Panthi S, Huang Y et all. Water ingestion during water recreation, Water Res, 2011, Feb(45(5):2020.
3. Liguori G., Castaldi S., Signorelli C., Auxilia F., Alfano V, Saccani E., Visciano A., Fanti M., Spinelli A., Pasquarella C, Hygienic risks in swimming pool: knowledge and behaviours of consumers of tree structures in Crema, Parma and Naples, Ann Ig.2007 Jul-Aug;194(4):325-35
4. Pasquarella C, Veronesi L et all, Swimming pools and health-related behaviours: results of an Italian multicentre study on showering habits among pool users, Public health, 2013 Jul; 127(7):614-9

5.Pintar KD, Fazil A, Pollari E, Charron DF, Waltner-Toews D, McEwen SA. A risk assessment model to evaluate the role of fecal contamination in recreational water on the incidence of cryptosporidiosis at the community level in Ontario, Risk Anal. 2010 Jan; 30(1):49-64

6. Hellard Me, Sinclair MI et all. An outbreak of cryptosporidiosis in an urban swimming pool: why are such outbreaks difficult to detect- Aust N Z J Public Health, 2000 Jun; 24(3):272-5
7. Coetzee N. Edeghere O, Orendi J, Chalmers R, Morgan L. A swimming pool – associated outbreak of cryptosporidiosis in Staffordshire, England, October to December 2007. Euro Surveill. 2008 Nov 6; 13(45):19028

8. Mena KD, Gerba CP. Risk assessment of Pseudomonas aeruginosa in water. Rev. Environ. Contam.Toxicol.2009; 201:71-115
9.Rice SA, van den Akker B, Pomati F, Roser D. A risk assessment of Pseudomonas aeruginosa in swimming pools: a rewiev. J. Water Health. 2012 Jun; 10(2):181-96
10. Wang MC, Liu CY, Shiao AS, Wang T. Ear problems in swimmers. J. Chin Mes Assoc. 2005. Aug; 68(8):347-52
(16)
11. Simchen E. FranklinD, Shuval HI.“Swimmer‘s ear“ among children of kindergarten age and water quality of swimming pools in 11 Kibbutzim. Ist Med Sci . 1984 Jul:20(7):584-8
12.Ruscoe Q,Hill S, Blackmore T, McLean M. An outbreak of Legionella pneumopgila suspected to be associated with spa pools on display at a retail store in New Zeland. N Z Med J. 2006 Oct 13; 119(1243):U 2253

13.Goutziana G, Mouchtouri VA. At all.Legionella species colonization of water distribution systems, pools and air conditioning systems in cruise ships and ferries. BMC Public Health.2008 Nov 24; 8:390

14. Euser SM, PelgrimM, den Boer JW. Legionnaires‘ disease and Pontiac fever after using a private outdoor whirlpool spa. Scand J Infect Di. 2010. Dec; 42(11-12): 910-6

15.McEvoy M, Batchelor N, Hamilton G, MacDonald A,Faiers M, Sills A, Lee J, Harrison T. A cluster of cases of legionnaires‘ disease associated with exposure to a spa pool on display. Commun Dis.Public Health. 2000 Mar; 3(1):43-5

16. Schets FM. Schijven JF, de Roda Husman AM. Exposure assessment for swimmers in bathing waters and swimming pools. Water Res. 2011 Mar; 45(7):2392-400,

17.Amodio E, Constantino C, Asciutto R, Dino C, Bianco A, Marunghini G, Mammina C, Calamusa G. Knowledge, risk perception and behaviours in swimming pool users of Palermo city, Silcily. Eur J Sport Sci, 2014; 14 Suppl 1:S 51-6
18. Galle F, Dallolio L; Marotta M, Raggi A, Di Onoforio V, Liquori G, Toni F, Leoni E. Health-Related Bahaviors in Swimming Pool Users: Influence of Knoledge of Regulations and Avareness of Health Risks. Int J Envoron Res Public Health, 2016, May 19; 13(5)

19. Suppes LM. Abrell. Dufour AP, Reynolds KA. Assessment of swimmer behaviors on pool water ingestion. J Water Health. 2014 Jun; 12(2): 269-79
20. Suppes LM; Canales RA, Gerba CP, Reynolds KA- Cryprosporidium risk from swimming pool exposures, Int J Hyg Environ Health 2016 Nov; 219(8):915-919

21. Dorevitch S. Panthi S et all. Water ingestion during water recreation. Water Res. 2011 Feb; 45(5):2020-8

22. Czeczelewski J. Evaluation of water sanitation and hygiene in swimming pools in the town of Biala Podlaska. Rocz Panstw Zakl Hig . 1994; 45(4):371-8

23.Zwiener C, Richardson SD, DeMarini DM, Grummt T, Glauner T, Frimmel FH. Drowning in disinfection byproducts ? Assessing swimming pool water. Environ Sci Technol 2007 Jan 15; 41(2):363-72

24. Villanueva CM, Font-Ribera L. Health impact of disinfection by products in swimminh pools. Ann Ist. Super Sanita. 2012; 48(4):387-96

25. Weisel CP, Richardson SD, Nemery B et all.Childhood asthma and environmental exposures at swimming pools: state of the science and research recommendations. Environ Health Perspect 2009 Apr; 117(4):500-7

26. Uyan ZS, Carraro S, Piacentini G, Baraldi E. Swimming pool, respiratory health, and childhood asthma: should we change our beliefs. Pediatr Pulmonol 2009 Jan; 44(1):31-7

27. Dyck R, Sadiq R, Rodriguez MJ, Simard S, Tardif R. Trihalomethane exposuree in indoor swimming pools: a level III fugacity model. Water Res. 2011 Oct 15;45(16):5084-98

28. Marco E, Lourencetti C, Grimalt JO, gari M, Fernandez P, Font-Ribera L, Villanueva CM, Kogevinas M. Influence of physical activity in the intake of trichalomethanes in indoor swimming pools. Environ Res. „015 Jul; 140:292-9

29.Chen MJ, Lin Ch, Duh JM, Chou WS, Hsu HT. Development of a multi-patway probabilistic health risk assessment model for swimmers exposed to chloroform in indoor swimming pools. J Hazard Mater. 2011 Jan30; 185(2-3):1037-44

30.Bougault V, Turmel J, Levesque B, Boulet LP. The respiratory health of swimmers. Sports Med 2009; 39(4):295-312

31. Levesque B, Vezina L, Gauvin D, Leroux P. Investigation of Air Quality Problems in an Indoor Swimming Pool: A case study. Ann Occup Hyg. 2015 Oct; 59(8)1085-9

32.Llana-Belloch S, Priego Quesada JI, Perez-Soriano P et all. Disinfection by products effect on swimmers oxidative stress and respiratory damage. Eur J Sport Sci.2016 Aug; 16(5):609-17

33.Chowdhury S. Ajhooshani K, Karanfil T. Disinfection by products in swimming pool: occurences, implications and future needs. Water Res. 2014 Apr 15;53:68-109

34.Ishioka M, Kato N, Kobayashi A, Dogru M, Tsubota K. Deleterious effects of swimming pool chlorine on the corneal epithelium. Cornea. 2008 Jan; 27(1):40-3

35.Parrat J, Donze G, Iseli C, Perret D, Tomicic C, Schenk O.Assessment of occupational and public exposure to trichoramine in Swiss indoor swimming pools: a proposal for an occupational exposure limit. Ann Occup Hyh. 2012 Apr; 56(3):264-77

KOMPARATIVNA MJERENJA PROTICAJA

COMPARATIVE FLOW MEASUREMENTS

Esena Kupusović.
Federalni hidrometeorološki zavod
Bardakčije 12 Sarajevo
Bosna i Hercegovina
esena.kupusovic@fhmzbih.gov.ba

Mirsad Šiljak
Federalni hidrometeorološki zavod Bardakčije 12 Sarajevo
Bosna i Hercegovina
mirsad.siljak@fhmzbih.gov.ba

Aida Teskeredzic
Federalni hidrometeorološki zavod
Bardakčije 12 Sarajevo
Bosna i Hercegovina
aida.teskeredzic@fhmzbih.gov.ba

Sažetak: U posljednje dvije decenije, mehanička hidrometrijska krila postepeno su podijelila svoju dominaciju u polju hidrometrije sa novorazvijenim tehnologijama / instrumentima. Federalni hidrometeorološki zavod je u zadnjih deset godina pored tradicionalnog hidrometrijskog krila, nabavio četiri instrumenta za mjerenje proticaja površinskih vodotoka: tri ADCP (Acoustic Dopler Current Profiler) instrumenta i jedan instrument za mjerenje proticaja na bazi elektromagnetne tehnologije. Potrebno je bilo utvrditi jesu li rezultati mjerenja koja su izvršena novim instrumentima isti kao rezultati mjerenja koja su rađena tradicionalnim mehaničkim hidrometrijskim krilom. U ljeto 2019. godine urađena su komparativna mjerenja sa tri navedena tipa mjernih instrumenata. Opisani su korišteni instrumenti, organizacija i metode mjerenja. Dobiveni rezultati su unutar intervala od 3%. Za Federalni hidrometeorološki zavod navedena mjerenja proticaja predstavljaju vrijedno iskustvo vezano za primjenu novih tehnologija u hidrometriji, u odnosu na dugu tradiciju korištenja mehaničkih hidrometrijskih krila.

Ključne riječi: hidrometrija, hidrometrijsko krilo, elektromagnetni mjerač, ADCP

Abstract: In the last two decades, mechanical current meters progressively shared their dominance in the field of hydrometry with newly developed technologies / instruments. In the past ten years, the Federal Hydro-Meteorological Institute has purchased four instruments for surface watercourses flow measurement in addition to the traditional current meter: three ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) instruments and one instrument for flow measurement based on electromagnetic technology. It was necessary to determine whether the measurement results performed with the new instruments are the same as the measurement results performed with the traditional mechanical current meter. In the summer of 2019, comparative measurements were made with the three types of measuring instruments listed. The paper describes the instruments used, organization and methods of measurement. For the Federal Hydro-Meteorological Institute, these flow measurements with the obtained results represent valuable experience in the application of new technologies in hydrometry, in relation to the long tradition of using mechanical current meters.

Key words: hydrometry, current meter, electromagnetic meter, ADCP

1 UVOD

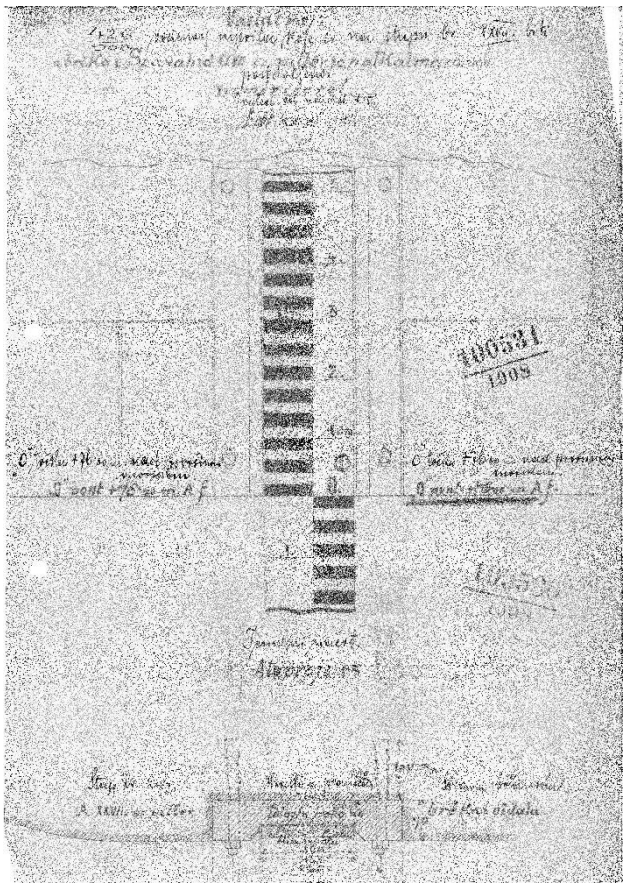
1.1. CILJ RADA

U posljednje dvije decenije, mehanička hidrometrijska krila postepeno su podijelila svoju dominaciju u polju hidrometrije sa novorazvijenim tehnologijama / instrumentima. Federalni hidrometeorološki zavod je u zadnjih deset godina pored tradicionalnog hidrometrijskog krila, nabavio četiri instrumenta za mjerenje proticaja površinskih vodotoka: tri ADCP (Acoustic Dopler Current Profiler) instrumenta i jedan instrument za mjerenje proticaja na bazi elektromagnetne tehnologije. Potrebno je bilo utvrditi jesu li rezultati mjerenja koja su izvršena sa novim instrumentima isti kao i rezultati mjerenja koja su rađena tradicionalnim mehaničkim hidrometrijskim krilom. U ljeto 2019. godine urađena su komparativna mjerenja sa tri navedena tipa mjernih instrumenata. U radu su opisani korišteni instrumenati, organizacija i metode mjerenja. Na kraju je urađeno poređenje dobivenih rezultata mjerenja sa zaključcima.

1.2. KRATKI HISTORIJAT MJERENJA PROTICAJA HIDROLOŠKE SLUŽBE FHMZ

Historija mjerenja proticaja u Bosni i Hercegovini (BiH) vezana je za historijat razvijanja hidrološke službe. O tradiciji hidrološke službe u BiH govori podatak o 1200 stanica koje su u raznim periodima bile ili su još uvijek aktivne na bh. području, od čega 57 daleke 1900. godine. Broj stanica je na početku dvadesetog stoljeća i dalje rastao, pa su se 1919. na vodotocima u Bosni i Hercegovini nalazile čak 104 vodomjerne stanice, od ukupno 244 koliko ih je bilo na tlu cijele Kraljevine SHS. U pogledu osmatranja vodotoka, nakon Prvog svjetskog rata je zadržana prijeratna struktura, pa su tada postojeći vodomjeri u Bosni i Hercegovini spadali u djelokrug Generalne Inspekcije Voda za Bosnu i Hercegovinu, koja je bila u Sarajevu. Pri Generalnoj Direkciji Voda krajem 1922. uspostavljen je Hidrografski Odsjek, u čiji je zadatak spadalo proučavanje hidroloških prilika.
U to vrijeme su vodomjerne stanice imale različite vrste vodomjernih letava, prema važnosti rijeka i zadatku osmatranja, a i prema pokrajini gdje su bile postavljene. Na plovnim rijekama, uključujući Savu, bile su većinom letve od livenog gvožđa, učvršćene na šipovima ili zidovima. Takav je bio i vodomjer na rijeci Savi u Brčkom, a kako je prikazano na originalnom tehničkom nacrtu iz 1908. godine, Slika 1. Na ostalim rijekama u Bosni i Hercegovini prevladavao je tip drvene ofarbane letve, koje su nakon 1922. ojačane podjelama i brojevima od aluminijuma.

Redovna osmatranja, prema postojećem uputstvu, vršila su se u 7 (8) sati ujutro, a vanredna – u vezi sa većim promjenama vodostaja. Uporedo sa osmatranjem vodostaja, Hidrografski Odsjek organizirao je i mjerenja proticaja. Prema podacima iz hidrološkog godišnjaka, pod Generalnom Inspekcijom Voda u Sarajevu je tokom 1923. godine izvedeno ukupno 38 mjerenja na glavnim vodotocima u Bosni i Hercegovini, uključujući rijeku Savu. Nakon objedinjavanja hidrološke i meteorološke službe u jedinstvenu Upravu, te uspostavljanja Republičkog hidrometeorološkog zavoda SR BiH 1947. godine, bh. hidrološki servis djeluje „pod jednim krovom“ sa meteorološkim servisom.



Slika 1 Tehnički nacrt vodomjera iz 1908. godine, za hidrološku stanicu u Brčkom na rijeci Savi, (Izvor: arhiv FHMZ)

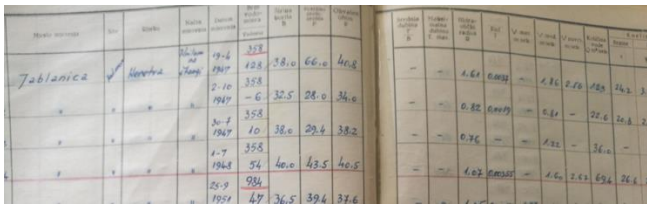
Prva mjerenje proticaja hidrometrijskim krilom radila su se na rijekama Bosne i Hercegovine početkom 20. stoljeća, o čemu postoje zapisi, Slike 2-3. Poslije Drugog svjetskog rata, prva mjerenja hidrometrijskim krilom urađena su na rijeci Neretvi u Jablanici, Slika 4.



Slika 2 Zapis o mjerenju „krilom na štangi“, rijeka Bosna u Modrići, novembar 1906. godine (Izvor: Arhiv FHMZ)



Slika 3 Zapis o mjerenjima proticaja „krilom na štangi“, rijeka Sana u Sanskom Mostu, u periodu 1910.-1914. godina (Izvor: Arhiv FHMZ)



Slika 4 Zapis o mjerenju „krilom na štangi“, rijeka Neretva u Jablanici, april 1947. godine (Izvor: Arhiv FHMZ)

Saradnja Zavoda sa Svjetskom meteorološkom organizacijom bila je obezbijeđena i koordinirana preko Saveznog hidrometeorološkog zavoda u Beogradu od samog početka, u okviru bivše SFR Jugoslavije, koja je bila potpisnica Konvencije Svjetske meteorološke organizacije iz 1947. godine. Jedan od ciljeva Svjetske meteorološke organizacije (WMO) je promicati standardizaciju meteoroloških i hidroloških opažanja te osigurati uniformno publiciranje osmatranja i statističkih obrada. S tim ciljem, Svjetski Meteorološki Kongres redovito donosi i usvaja Tehničke propise (Technical Regulations - TR) kojim se utvrđuju meteorološke i hidrološke prakse i procedure za primjenu od strane zemalja članica. Tehnički propisi koji se odnose djelatnosti hidrološkog servisa (TR, Volume III: Hydrology) se dopunjuju brojnim priručnicima i vodičima koji opisuju detaljnije prakse i procedure, a od članica se traži ili su pozvane da ih slijede i primjenjuju u monitoringu i procjeni svojih vodnih resursa. Hidrološka služba Zavoda je uvijek pratila zahtjeve i preporuke struke, pri postavljanju stanica, organiziranju mjerenja u različitim uslovima, a takođe i u obradi podataka i provođenju hidroloških proračuna, Slike 5-7.

Krajem 1981. u Bosni i Hercegovini je bilo je ukupno 371 stanica za osmatranje elemenata kvantiteta površinskih voda, uključujući 144 stanice Osnovne mreže. Od toga, na 263 stanice su vršena hidrometrijska mjerenja. Mjerenja proticaja površinskih vodotoka su po pravilu rađena hidrometrijskim krilom, uz primjenu metode brzina - površina. Hidrološka služba Zavoda u to vrijeme je raspolagala sa više instrumenata / hidrometrijskih krila ruske proizvodnje, te sa par hidrometrijskih krila njemačkog proizvođača SEBA. Instrumenti su sačuvani u ratnom periodu i korišteni su za mjerenja proticaja do nabavke novih instrumenata.



Slika 5 Mjerenje proticaja Neretve gondolom u profilu VS Carinski Most u Mostaru, 1963. godina (Izvor: Arhiv FHMZ)



Slika 6 Bojenje, Skucani ponor u slivu Cetine, 1961. godina (Izvor: Arhiv FHMZ)



Slika 7 Namjenski izgrađen mjerni objekat, sliv Cetine, 1961. godina (Izvor: Arhiv FHMZ)

1.3. TRADICIONALNA MJERENJA; METODA BRZINA – POVRŠINA

Najčešće korišteni instrument za mjerenje proticaja u svijetu i u Bosni i Hercegovini donedavno je bilo hidrometrijsko krilo, čija primjena je vezana za metodu brzina - površina. Suština metode sastoji se u određivanju zapremine tijela vode koji odgovara trenutnom proticaju vode kroz poprečni presjek. Veličina navedenog volumena definira se mjerenjem srednjih brzina u nizu tačaka poprečnog presjeka vodotoka.

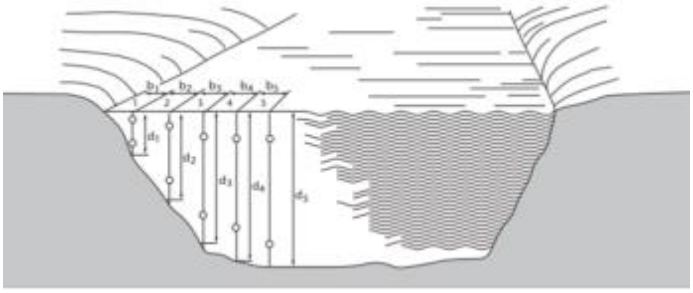
Metoda je opisana u uputstvima Svjetske meteorološke organizacije[1] i standardizirana u Međunarodnoj organizaciji za standardizaciju [2].

NAČELA METODE BRZINA – POVRŠINA

Proticaj se određuje integrisanjem polja brzina u poprečnom presjeku / profilu vodotoka. Da bi se došlo do podataka o proticajima u jednom profilu, mjeri se brzina vode u nizu vertikala, te se na osnovu površine profila i brzina vode dobija i proticaj, Slika 8.

Primjena metode brzina – površina podrazumijeva pravilno izvođenje sljedećeg:

- izbor i označavanje mjernog profila vodotoka,
- mjerenje poprečnog profila (širina, dubina),
- mjerenje brzine vode hidrometrijskim krilom, uz poštovanje procedure mjerenja (odabir određenog broja *n* vertikala za potrebe definiranja proticaja, odabir mjernih tačaka na vertikali, način mjerenja itd.)
- vođenje zapisa pri mjerenju,
- određivanje srednje brzine u vertikali,
- proračun proticaja (grafoanalitički, aritmetički).



Slika 8 Prikaz proticajnog profila vodotoka sa prikazom tačaka u kojima se rade mjerenja brzina

U nastavku su prikazani proračuni proticaja grafoanalitičkim i analitičkim načinom u okviru metode brzina – površina.

PRORAČUN PROTICAJA

Razlikuju se grafoanalitička i aritmetička metoda, od kojih se prva izvodi u kancelariji, a druga je pogodnija za primjenu na terenu.

GRAFOANALITIČKA METODA

Nacrtati poprečni profil vodotoka u pogodnoj razmjeri koja u principu nije ista za dužine i visine. Porečni profil je opisan sa prve dvije vrste (odtojanje od lijeve obale i i dubina u vertikali), za koje su podaci preuzeti iz knjižice sa zapisom podataka – mjerenja na terenu.

Izračunati brzine u svim mjernim tačakama na osnovu zadate jednačine hidrometrijskog krila kojim je izvršeno mjerenje, oblika

$$v = a \cdot n + b \,(\frac{m}{s})$$

Gdje je $n = \frac{N}{t}$ (obrtaja/s)

Nacrtati dijagrame brzina u mjernim vertikalama i odrediti prosječnu brzinu u svakoj vertikali

Srednja brzina je definirana izrazom

$$v_{sr} \cdot h = \int_0^h v(x)dx,$$

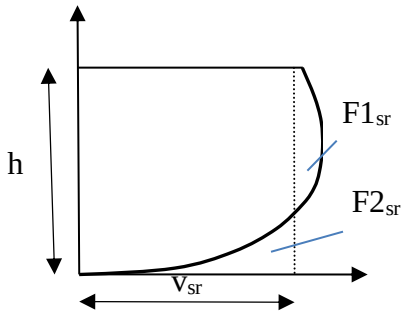
odakle slijedi da je

$$v_{sr} = \frac{\int_0^h v(x)dx}{h}$$

[1] WMO Guide to hydrologicala practises, 2008.

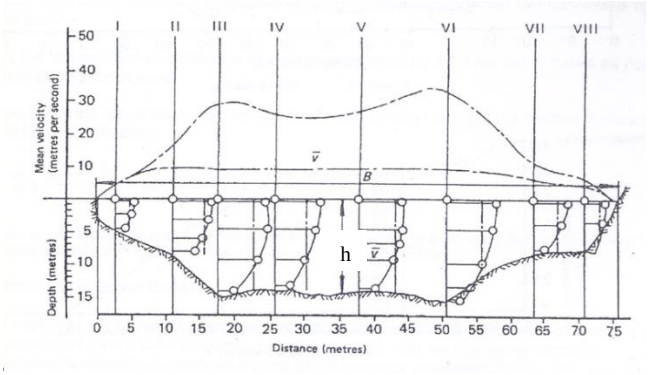
[2] ISO 748: Mjerenje proticaja tečnosti u otvorenim kanalima: Metoda brzina - površina

Za praktične potrebe v_{sr} se približno procijeni tako da se povuče vertikalna linija koja daje približno iste površine F_1 i F_2.



$$F_1 \approx F_2$$

Nacrtati dijagram brzina u poprečnom profilu na osnovu prosječnih brzina i unijeti vrijednosti brzine u vrstu ispod poprečnog profila. Za one vertikale u kojima nije vršeno mjerenje brzine, njena vrijednost se očitava sa konstruisanog dijagrama.
Određivanje proticaja vrši se na nekoliko načina, čiji izbor zavisi od lokalnih uslova (širina profila, raspored dubina po profilu, raspored brzina po profilu i sl.)



Slika 9 Proračun proticaja na osnovu mjerenja hidrometrijskim krilom – Metoda integracije dubina - brzina

$$Q = \int q_i \text{ h b ili Q} = \sum \bar{v}_i \; h_i \; \Delta B$$

gdje je:

Q = ukupni proticaj
$\bar{v}_i$ = srednja brzina u sekciji[3]
h_i = dubina lamele
ΔB = dodavajuća širina

ARITMETIČKA METODA

Varijanta 1 (u literaturi prisutna pod nazivom „mean-section“ metoda)

Poprečni profil je zamišljen kao da se sastoji od sekcija, od kojih je svaki ograničen sa dvije vertikale. Ako su v_1 i v_2 srednje brzine na prvoj i drugoj vertikali, ako su h_1 i h_2 ukupne dubine izmjerene na vertikali *1* i *2* respektivno, i ako je *b* horizontalna širina između rečenih vertikala, onda proticaj u sekciji iznosi:

$$Q = \left(\frac{\overline{v_1} + \overline{v_2}}{2}\right)\left(\frac{h_1 + h_2}{2}\right) b$$

Ovo se ponavlja za svaku sekciju i ukupni proticaj dobije se dodavanjem proticaja za svaku sekciju.

Napomena: Dodatni proticaj u sekcijama između obale i vertikale 1, i između vertikale m i druge obale, može se procijeniti gornjom jednačinom, sa pretpostavkom da brzina i dubina na obalama iznose 0.

Varijanta 2 (u literaturi prisutna pod nazivom „mid-section“ metoda)

a) Uzima se da izmjerena dubina na vertikali predstavlja srednju dubinu sekcije poprečnog profila.
b) Pretpostavlja se da srednja brzina na mjernoj vertikali predstavlja srednju brzinu sekcije.
c) Širina svake sekcije se računa kao polovina zbira udaljenosti prethodne i slijedeće vertikale od obale.
d) Način proračuna proticaja u sekciji profila prikazan je na Slici 9.
e) Proračun za prvu i za zadnju sekciju provodi se slično kao za ostale sekcije. Razlika je u načinu određivanja širine sekcije: obzirom da u prvoj i u zadnjoj sekciji nema prethodne i slijedeće vertikale, širina se određuje kao polovina udaljenosti od obale do prve, odnosno zadnje vertikale.

$$Q = \sum q_i \frac{b_i + b_{i+1}}{2} \quad \text{ili}$$

$$Q = \Sigma \overline{v_i}\, h_i \frac{b_i + b_{i+1}}{2}$$

[3] Koriste se i izrazi „segment“ ili „lamela“

2. KOMPARATIVNA MJERENJA

2.1. KARAKTERISTIKE MJERNIH INSTRUMENATA

HIDROMETRIJSKO KRILO

Hidrometrijsko krilo je mjerač brzine vode čiji je rotor propeler koji se okreće oko osi usporedne s vodotokom. Upotreba hidrometrijskoga krila temelji se na pretpostavci da između brzine vodene struje i brzine okretanja propelera krila postoji funkcionalna zavisnost.
Mjerenje proticaja hidrometrijskim krilom radi se po metodi brzina - površina. Izmjerene širine, dubine i brzine omogućuju izračunavanje proticaja za svaki segment presjeka. Zbir proticaja po segmentima daje ukupni proticaj[4].
Federalni hidrometeorološki zavod raspolaže univerzalnim hidrometrijskim krilom OTT C31, sljedećih karakteristika:

- Mjerna tehnologija: mehanička;
- Izmjereni parametri: brzina toka;
- Prednosti: C31 - original. Tradicionalno hidrometrijsko krilo;
- Opseg mjerenja: 0,025 ... 10 m/s
- Tačnost: ± 2%.

ELEKTROMAGNETNI MJERAČ (KRILO)

Elektromagnetni mjerač proticaja je instrument koji mjeri proticaj vode prateći napon koji se inducira pri tečenju vode kroz magnetno polje (elektromagnetna indukcija). Magnetno polje djeluje na mjernu cijev, što rezultira razlikom potencijala proporcionalno brzini tečenja okomito na strujnice. Za uspješnost procesa potrebna je vodljiva tekućina, odnosno voda koja sadrži ione, i površina cijevi obložena električnim izolatorom, na primjer, čelična cijev obložena gumom - sonda.
Eektromagnetni mjerač je prihvatljiv kao uređaj za utvrđivanje brzine u tačkama u svrhu određivanja proticaja u otvorenim vodotocima metodom brzina - površina koja je opisana u ISO 748[5] U praksi se koristi i naziv elektromagnetno krilo.
Federalni hidrometeorološki zavod je kroz projekat Bosna[6] nabavio instrument za mjerenje proticaja OTT MF pro sljedećih tehničkih karakteristika:

- Mjerna tehnologija: elektromagnetna;
- Parametri koje mjeri: brzina toka i dubina vode;
- Prednosti: jednostavno održavanje magnetno-induktivne sonda sa malim održavanjem i pouzdano mjerenje proticaja. Uspješna primjena pri malim proticajima i turbulentnim uslovima, u profilima obraslim travom i nije osjetljiv na povećan sadržaj organskih materija u vodi. Primjenjivo u vodotocima i kanalima;
- Opseg mjerenja: 0...6 m/s
- Tačnost: ± 2% izmjerene vrijednosti ± 0.015 m/s (0 … 3 m/s) i ± 4% izmjerene vrijednosti ± 0.015 m/s (3 … 5 m/s).

HIDROAKUSTIČNI MJERAČ (ADCP) / METODA

Devedesetih godina se intenzivno razvijao instrument koji koristi akustičku energiju za određivanje proticaja s plovila u pokretu (Acoustic Doppler Curent Profiler – ADCP). Instrument ima ultrazvučne pretvarače fiksirane na plovilo. Dok plovilo prelazi rijeku instrument emitira seriju visoko frekventnih valova zvuka koji se odbijaju od čestica u pokretu, te mjeri frekvencijski pomak reflektovanog signala. Zatim koristi trigonometriju za produkciju vektora brzine u ravnomjerno raspoređenim volumenima, poznatim kao dubinske ćelije. Brzina plovila se uklanja računarskom obradom. Instrument također utvrđuje geometriju vodotoka, te koristeći navedene informacije, može se izračunati proticaj vodotoka.

Upotreba ADCP instrumenta postala je uobičajena metoda za mjerenje proticaja rijeka, jer ADCP instrument ima mogućnost kontinuiranog mjerenja i registriranja kako podataka o brzinama strujanja vode u vodenom stupcu, preko čitavog proticajnog presjeka vodotoka, tako i podataka o brzini kretanja čamca, mjereno relativno prema čvrstom dnu vodotoka. Znači, ako raspolažemo sa plovilom kojemu je instaliran ADCP za određivanje proticaja, proticaj je moguće odrediti već samim preplovom plovila s jedne obale vodotoka na drugu, po proizvoljnoj trajektoriji. Ukupno mjerenje proticaja (ΣQ1) je gotovo za nekoliko minuta. Za konačni rezultat mjerenja proticaja nije dovoljno imati jednu vrijednost, odnosno jedan preplov preko rijeke.

[4] Izvor: ISO 748: Mjerenje proticaja tečnosti u otvorenim kanalima: Metoda brzina - površina
[5] Izvor: ISO TS 15768:2000(E) Mjerenje brzine tečnosti u otvorenim kanalima - Dizajn, izbor i upotreba elektromagnetnog mjerača
[6] IPA 2014: Supply of equipment for the development of hydrological flood forecasting system for Sava River Basin in Bosnia and Herzegovina (Phase 1, Bosna River)

Potrebno je imati rezultate više preplova, te se računa prosječna vrijednost, pri čemu će usvojena vrijednost proticaja biti prosjek N pojedinačnih vrijednosti proticaja pojedinačnih preplova / mjerenja:

$$\Sigma Q = \frac{(\Sigma\, Q_1 + \Sigma\, Q_2 + \Sigma\, Q_3 + \Sigma\, Q_4 + \cdots)}{N}$$

Potrebno je da instrument komunicira sa računarom koji izračunava proticaje. Kako instrument obrađuje signal reflektiran od čestica u vodi, dijeli vodenu kolonu u brojne diskretne segmente složene u vertikali. Ti segmenti nazivaju se dubinske ćelije. ADCP instrument određuje brzinu i smjer svake dubinske ćelije. U isto vrijeme signal s dna, koji se zove donji trag, mjeri brzinu i smjer plovila. Ovo znači da se plovilo ne mora kretati okomito na smjer tečenja vode.

2.2. MJERENJA

ORGANIZACIJA

Planirano je da se u tipičnim terenskim uslovima izvedu mjerenja korištenjem različitih instrumenata. Od raspoloživih instrumenata odabrana su tri instrumenta čije su karakteristike navedene u prethodnom poglavlju, i to:

- Hidrometrijsko krilo OTT C31;
- Elektromagnetni mjerač OTT MF pro;
- ADCP instrument Teledyne StreamPro.

Pri planiranju izvođenja mjerenja vodilo se računa o slijedećem: mjerenja se moraju uraditi na istom vodotoku, u približno istom profilu, pri jednakom proticaju.

MJERNI PROFIL

Za mjerenja je odabrana rijeka Neretva u gornjem toku, izvan mogućeg uticaja akumulacije Jablanica, pogodnom za primjenu odabranih instrumenata. Radi se o mjernom profilu vodomjerne stanice Konjic.

Vodomjernu stanicu Konjic uspostavio je Federalni hidrometeorološki zavod 1971. godine (tada Republički hidrometeorološki zavod SR BiH), za Hidroelektrane na Neretvi, i to ugradnjom vodomjerne letve 0-500 cm i žičarom koja je bila aktivna do 1992. godine. Stanica je u periodu 1975 - 1992. bila opremljena limnigrafom na plovak, sa automatskom dojavom („Hagenuk“). Lokacija stanice je u Konjicu, oko 300 m uzvodno od kamenog mosta, a mjerenje proticaja se vrši oko 200 m nizvodno od profila vodomjerne stanice, Slika 10.



Slika 10 Lokalitet stanice Konjic na rijeci Neretvi (Google map)

IZVOĐENJE MJERENJA

Za mjerenja je odabran dan iz perioda sa stabilnim vremenskim uslovima u prvoj polovini mjeseca jula 2019. godine.

Za potrebe izvođenja mjerenja označen je mjerni profil razapinjanjem čelične sajle sa jedne obale rijeke Neretve na drugu obalu. Uporedo su rađena mjerenja instrumentom MF pro i hidrometrijskim krilom C31, gaženjem po označenom poprečnom profilu, sa trajanjem od oko 60 minuta, Slika 11. Najzad su urađena i tri preplova / mjerenja instrumentom StreamPro, za ukupno sedam minuta (ne računajući pripremne aktivnosti), uz korištenje čamca i sajle, Slika 12. Sva mjerenja su urađena unutar tri sata, uključujući i neophodne aktivnosti na terenu oko pripreme i označavanja profila, pripreme instrumenta i čamca itd..
Obrada mjerenja urađenog hidrometrijskim krilom i MF pro instrumentom urađena je naknadno u kancelarijskim uslovima, uz korištenje softvera BIBER.
Obrada i rezultati mjerenja / pojedinačnih preplova pomoću instrumenta StreamPro dobiveni su na terenu neposredno nakon mjerenja.



Slika 11 Mjerenje instrumentom Mf pro



Slika 12 Mjerenje proticaja ADCP instrumentom

3. REZULTATI MJERENJA

U nastavku su prezentirani rezultati mjerenja proticaja rijeke Neretve u profilu stanice Konjic, 8. jula 2019. koja su urađena hidrometrijskim krilom OTT C31 i elektromagnetnim mjeračem OTT MF pro, Tabela 1, Tabela 2.

Tabela 1 Rezultati mjerenja hidrometrijskim krilom OTT C31

Gauging details

Site name	: Neretva
Station name	: Konjic
Station number	: 61005
Parameter	: Q
Time stamp	: 07.08.2019 13:00:00
Team	: Šiljak - Poračanin
Number	: 0
Gauging type	: Meter/sensor gauging
Device	: Current meter: C31-320098 (15.04.2013) / Counter: 03 OTT
Suspension	: Štange
Edited	: 22.08.2019 15:25:13
Calculated	: 22.08.2019 15:34:47
Calculation method	: Midsection
Measuring method	: Mixed
Stage method	: from verticals
Bridge correction	:
Alignment	: Left to right
Status	: Unconfirmed
Remark	:

Results

Flow	:	18,570 m³/s
Stage	:	cm
Width	:	52,50 m
Area	:	40,40 m²
Wetted perimeter	:	53,214 m
Max. depth	:	1,050 m

Profile:

Rinsum	:	36,9 m^5/2
Q/P	:	0,5 m^1/2 /s
Manning-Strickler	:	35,8 m^8/3
Q/P	:	0,5 m^1/3 /s

Tabela 2 Rezultati mjerenja elektromagnetnim mjeračem MF pro

Gauging details

Site name	: Neretva
Station name	: Konjic
Station number	: 61005
Parameter	: Q
Time stamp	: 07.08.2019 12:41:00
Team	: Šiljak-Poračanin-Teskeredžić
Number	:
Gauging type	: Meter/sensor gauging
Device	: Sensor: MF Pro / 183520338828
Suspension	: Štange
Edited	: 22.08.2019 15:26:09
Calculated	: 22.08.2019 15:42:56
Calculation method	: Midsection
Measuring method	: Three point
Stage method	: from verticals
Bridge correction	:
Alignment	: Left to right
Status	: Unconfirmed
Remark	:

Results

Flow	:	19,095 m³/s
Stage	:	cm
Width	:	52,50 m
Area	:	39,48 m²
Wetted perimeter	:	53,064 m
Max. depth	:	1,033 m

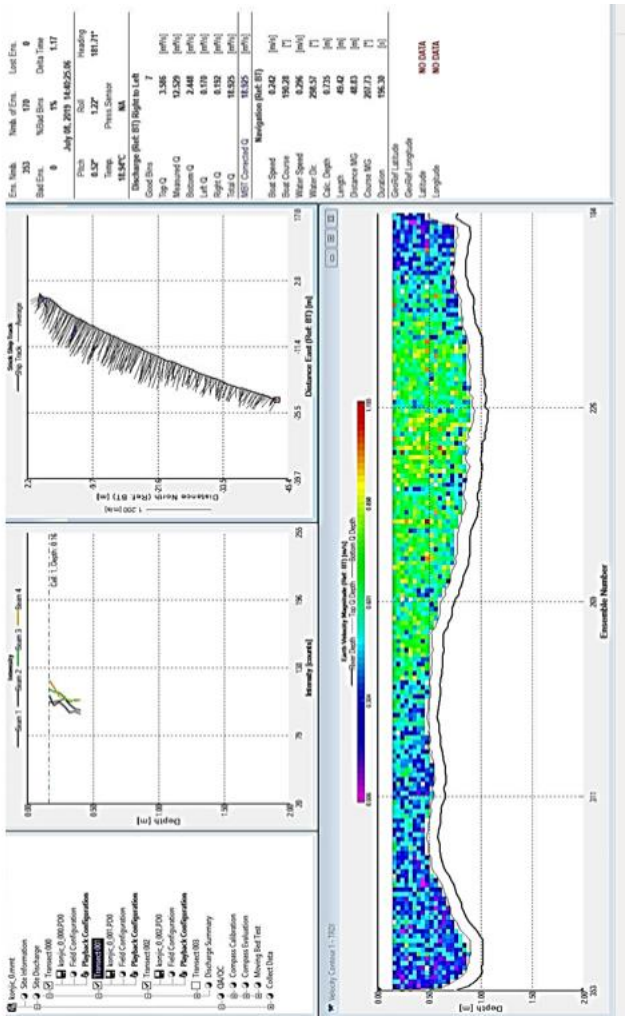
Profile:

Rinsum	:	35,9 m^5/2
Q/P	:	0,5 m^1/2 /s
Manning-Strickler	:	34,6 m^8/3
Q/P	:	0,6 m^1/3 /s

Instrumentom ADCP StreamPro urađena su tri preplova / mjerenja, te je na osnovu pojedinačnih

rezultata izražena i usvojena prosječna vrijednost proticaja od 18,86 m^3/s (Std Dev. 0,094), Tabela 3.

Na Slici 13 prikazani su detaljni rezultati jednog od preplova / mjerenja instrumentom StreamPro.



Slika 13 Rezultati jednog od tri preplova / mjerenja proticaja instrumentom StreamPro

Tabela 3 Rezultati mjerenja instrumentom StreamPro



4. KOMPARACIJA REZULTATA

U Tabeli 4 prikazani su rezultati mjerenja proticaja rijeke Neretve, Konjic, koja su su urađena 8. jula 2019. godine.
Za potrebe međusobnog poređenja rezultata mjerenja izračunata je prosječna vrijednost i ona iznosi Qsr = 18,842 m^3/s, a prosječno odstupanje izmjerenih vrijednosti od prosjeka (Standardna devijacija) iznosi 0,2630 m^3/s. Odstupanja vrijednosti mjerenja hidrometrijskim elektromagnetnim mjeračem i ADCP instrumentom su pozitivna i iznose 1,34 % i 0,096 %, respektivno. Mjerenje hidrometrijskim krilom dalo je niže vrijednosti od prosjeka, u iznosu -1,44 %.

Tabela 4 Sumarni prikaz rezultata komparativnih mjerenja proticaja rijeke Neretve, Konjic, 8. juli 2019. godine

Instrument kojim je urađeno mjerenje	**Rezultat mjerenja Q (m^3/s)**	**Odstupanje od srednje vrijednosti izmjerenih vrijednosti Q = 18,842 m^3/s (%)**
Hidrometrijsko krilo OTT C31	18,570	-1,44
Elektromagnetni mjerač OTT MF pro	19,095	+1,34
ADCP StreamPro	18,860	+0,096

5. ZAKLJUČAK

Komparativna mjerenja proticaja rijeke Neretve u Konjicu izvršila je ekipa Federalnog hidrometeorološkog zavoda dana 8. jula 2019. godine. Mjerenja su rađena tradicionalno, mehaničkim hidrometrijskim krilom, te savremenim elektromagnetnim mjeračem i ADCP instrumentom za mjerenje proticaja na bazi Dopler tehnologije. Poređenje rezultata pokazalo je da prosječno odstupanje izmjerenih vrijednosti od prosjeka (Standardna devijacija) iznosi 0,2630 m^3/s. Odstupanja vrijednosti mjerenja hidrometrijskim elektromagnetnim mjeračem i ADCP instrumentom su pozitivna i iznose 1,34 % i 0,096 %, respektivno. Mjerenje hidrometrijskim krilom dalo je niže vrijednosti od prosjeka, u iznosu -1,44 %.

Na osnovu poređenja dobivenih rezultata može se zaključiti da su razlike dobivenih vrijednosti male i da se nalaze u intervalu prihvatljivosti, pri čemu savremeni instrumenti omogućavaju brže izvođenje mjerenja i daju rezultat neposredno nakon završetka mjerenja.

Za Federalni hidrometeorološki zavod navedena mjerenja proticaja predstavljaju vrijedno iskustvo vezano za primjenu novih tehnologija u hidrometriji, u odnosu na dugu tradiciju korištenja mehaničkih hidrometrijskih krila.

LITERATURA

/1/ The Guide to Hydrological Practices (WMO No.168), WMO, 2008

/2/ ISO 748:2007 Hydrometry — Measurement of liquid flow in open channels using current-meters or floats

/3/ Technical Regulations, Volume III Hydrology, WMO, 2006.

/4/ Knjige mjerenja, Hidrološki godišnjaci i fotografije iz arhiva Federalnog hidrometeorološkog zavoda

ISO TS 15768:2000(E) Mjerenje brzine tečnosti u otvorenim kanalima - Dizajn, izbor i upotreba elektromagnetnog mjerača

POMORSKA DRŽAVA BOSNA I HERCEGOVINA, ŠANSE, OGRANIČENJA I MOGUĆNOSTI

MARITIME STATE OF BOSNIA AND HERZEGOVINA, CHANCE,LIMITATIONS AND OPPORTUNITIES

Emeritus Prof. dr Munir Jahić
Univerzitet u Bihaću, Tehnički fakultet Bihać, Dr Irfana Ljubijankića bb, 77000 Bihać
munirjahic@gmail.com

mag. Edin Jahić
ECO Management&Consulting, Alekse Santića 2/3, 71000 Sarajevo
ejahic1@gmail.com

Emir Bajramović bach. građ.
Univerzitet u Bihaću, Tehnički fakultet Bihać, Dr Irfana Ljubijankića bb, 77000 Bihać
bajramovic_emir@yahoo.com

Sažetak: Bosna i Hercegovina je obalna pomorska država sa cca 25 km obale. Dominira zaljev Neum-Klek sa Jazinom, te poluotok Klek i dva manja otoka u Malostonskom kanalu Veliki i Mali Školj. Obavljena tehničke analize (hidro-geografske, geomorfološke, litološke, geološke, klimatske i okolinske) ukazuju na mogućnost razvoja pored turizma i prateće privredne aktivnosti, izgradnjom komercijalne luke Neum, na spoljnoj strani poluotoka Klek, što nije u koliziji sa postojećom turističkim sadržajem, i pruža šansu razvoja pomorskog transporta. Najvažnije ograničenje modernog razvoja Neuma uz prateću luku je izgradnja pelješkog mosta od strane Hrvatske uz potporu EU, čime se gubi suverenitet i slobodan izlaz do otvorenog mora Jadrana. Prateći problem je i nerješena granica na Jadranu s Hrvatskom, koja je svojim Pomorskim zakonima iz 1994. godine neumski akvatorij proglasila svojim unutrašnjim morem.
Rješavanjem pomenutih ograničenja, mogućnosti razvoja cjelokupne pomorske države Bosne i Hercegovine, a posebno neumskog zaljeva pružaju šansu povezivanja naše države čitavim svijetom. Oficijelna vlast, uz preuzimanje adekvatnih pravnih regula, uz potporu struke treba to maksimalno da iskoristi.

Ključne riječi: pomorska država, neumski akvatorij, pomorski saobračaj, turizam

Abstract: Bosnia and Herzegovina is a coastal maritime state with approximately 25 km of coastline. It is dominated by the Neum-Klek bay with Jazin, and the Klek peninsula and two smaller islands in the Malonstonski channel Veliki and Mali Školj. The technical analyzes carried out (hydro-geographic, geomorphological, lithological, geological, climatic and environmental) indicate the possibility of development in addition to tourism and related economic activities, by constructing a commercial port Neum on the outside of the Klek peninsula, which is not in conflict with the existing tourist content, and provides a chance to develop maritime transport. The most important limitation of the modern development of Neum with the accompanying port is the construction of a Pelješac bridge by Croatia with the support of the EU, thus losing sovereignty and free access to the open sea of the Adriatic. An accompanying problem is the unresolved border on the Adriatic with Croatia, which by its Maritime Laws of 1994 proclaimed the Neum Aquatorium its inland sea.
By addressing water restrictions, the development opportunities of the entire maritime state of Bosnia and Herzegovina, and especially the Gulf of Neum, provide a chance to connect our country with the whole world. Official authorities, with the acquisition of adequate legal regulations, with the support of the profession, should make the most of it.

Key words: maritime state, neum aquatorium, maritime traffic, tourism

1 UVOD

Poznato je da pomorska država, obalnog sadržaja kao što je Bosna i Hercegovina, može vrlo uspješno razvijati tzv. pomorsku privredu, koja iskorištava more i njeno bogatstvo. Tu spada prije svega brodarstvo, ribarstvo, turizam, prekomorska trgovina i druge mogućnosti neprivredne djelatnosti zdrastvenog i sličnog karaktera, uključujući i ratna mornarica.
Prilog (green paper) problematizira opću ideju pomorskog sektora (brodarstvo, luke, špeditere, ribarstvo, nautički turizam i dr.). Pomorskom politikom EU teži preusmjeravanju cestovnog saobraćaja na jeftinije prihvatljive oblike prometa, kao što su pomorski, riječni, jezerski i putem kanala.
Upravo neumsko područje pruža takve mogućnosti da, naročiti kontenerska kao komercijalna luka na spoljnoj strani poluotoka Klek bude povezana sa planiranom jadranskom-jonskom magistralom i željezničkim koridorom u zaleđu Neuma.

2 POMORSKI SAOBRAČAJ

Pomorski saobračaj je najvažniji na planeti Zemlji i pokriva cca 4/5 svjetske trgovine. Posebno je veliki udio prevoza rasutih roba (uglja, žita, nerudnih sirovine) nafte i natnih derivata. Prevozna sredstva čine putnički, teretni i specijalni brodovi. Kopneni prostor povezan s morem (u našem slučaju spoljni dio poluotoka Klek) sa izgrađenim i neizgrađenim obalama, lukobranima, uređajima i dr. namjenjen za pristajanje, sidrednje i zaštitu brodova, jahti i brodica čini ustvari morsku luku. Tu se vrši ukrstaj i iskrstaj putnika i robe, uskladištenja te druge aktivnosti povezane sa navedenim stvarima.
Kada je u pitanju naša država, primarni problem pomorskog saobraćaja je izgradnja odgovarajuće luke u neumskom akvatoriju. Kao što je poznato, Bosna i Hercegovina sa obalom na Jadranskom moru u dužini od oko 25 km je pomorska država.
Nažalost, zbog činjenice da je Bosna i Hercegovina u zadnjih šest vijekova bila u ovisnosti ili od osvajača ili saveza u kojima je bila, ovaj dio obale se uopče nije razvijao, kako u ekonomsko-transportnom, tako ni u ekonomsko turističkom smislu. Malih pomaka je bilo krajem prošlog vijeka ali stihijskih, dok je u poratno doba to bilo isključivo u turističke svrhe.
Za ilustraciju, Republika Slovenija sa svojih 30 km obale (znatno nepovoljnije, zbog niske dubine mora) ima čak četiri grada i dvije luke srednje veličine, preko kojih obavlja sav transport prema jugu, a u limitiranim količinama to čine i sjeverni susjedi Slovenije.
Za svaku državu koja ima izlaz na more, pored turizma, marikulture, ribolova, sporta i dr. ogromnu vrijednost predstavlja organizovanje pomorskog saobraćaja. Jadransko more ukupne dužine cca 470 nautičkih milja, prosječne širine 86 milja spada u red malih mora, ali je je korišteno za pomorske puteve još od grčkog i rimskog razdoblja. Određene saobraćajno-pomorske aktivosti kada je Neum u pitanju odvijale su se za vrijeme Turske vladavine, isključivo za vojne svrhe. U tom smislu postoje građevinski ostaci dvije utvrde na obali i u zaleđu Neuma temelji nekadašnjeg džamijskog objekta.
Pored Bosne i Hercegovine, izlaz na Jadransko more imaju: Italija, Slovenija, Hrvatska, Crna Gora i Albanija. Prema Konvenciji o pravu mora niti jedna od ovih država ne smije biti odvojena od otvorenog mora. Bosna i Hercegovina prema međunarodnom pomorskom pravu, kao obalna država, i jedna od nasljednica SFRJ, ima pravo, osim na unutarnje vode u zalivu Neum-Klek, i na teritorijalne vode koje se od Malostonskog zaliva protežu do otvorenog mora, te pravo na pripadajući epikontinentalni pojas.

3 LUKA U NEUMU

Područje bosansko-hercegovačkog mora čini prirodno oblikovani zaliv i predstavlja prirodnu luku, što ima ogroman strateški privredni značaj. Stoga bi luka u Neumu bila jedna od najatraktivnijih luka na Jadranu ali i šire. Luka „Neum“, koja bi se izgradila na sjeverozapadnoj obali poluotoka Klek (gdje BiH ima 14 km sada puste obale), zadovoljava sve tehničke i ekološke uvjete. Dubina mora je između 27 i 31 m, a podvodnih struja u ovom dijelu Malostonskog kanala praktično i nema, a sama luka je nevidljiva iz rezidencijalno-turističkog dijela Neuma i bila bi pogodna za pristajanje i najvećih svjetskih plovila.
Prevashodna uloga luke Neum bila bi prijem brodova sa tešnim plinom i njegov transport plinovodom u okviru koridora 5c Neum-Sarajevo i dalje (najbolja varijanta alternativnog dovoda gasa za BiH). Pored toga, luka bi bila kontejnerska i turistička, s tim što bi morala biti povezana sa svojim zaleđem prugom Neum-Čapljina i autoputem u okviru koridora 5c, Neum-Mostar. U isto vrijeme, veći dio obale poluotoka Klek mogao bi se razvijati kao veoma ugodna turistička i mediteranska rekreativna zona.
Treba istaći da je dio poluotoka Klek na strani Malostonskog zaliva bio u još važećem prostornom planu Neuma predviđen za razvoj luke i lučkih kapaciteta. Zbog povoljne dubine mora koja je duplo veća nego u luci Ploče (najveća dubina mora u luci Ploče je 11 m sa širinom ulaza u luku od svega 250 m) mogli bi ulaziti brodovi velike nosivosti od 100.000 t pa i više. Na koncu, luka Ploče nije spremna u sljedećoj deceniji pružiti povoljne uslove BiH i preuzeti razvojne potrebe pomorskog saobraćaja naše države.

4 MOGUĆNOSTI RAZVOJA NEUMSKOG PODRUČJA

Da bi BiH realizirala ideju o razvoju pomorskog saobračaja, morala bi u okviru strategije razvoja države konkretizovati izgradnju luke u Neumu u sklopu ukupnog rješenja saobračajne infrastrukture tj. vodne, cestovne, željezničke, pa i vazdužne.
Shodno tome, ovakva ideja treba da nađe svoje mjesto i u aktualizovanom prostornom planu države i nižih administrativnih jedinica, uključivo i u okviru urbanističkog plana Neuma. Normalan razvoj luke Neum zahtijeva što prije da se pravično riješi pitanje granice na moru između BiH i Hrvatske, tako što bi se suverenitet naše države protezao od njene obale u zalivu Neum-Klek i Malostonskom zalivu, kroz Malo more, Neretvanski i Korčulanski kanal pa sve do otvorenog mora. Kod toga bi na udaljenosti 300 m od obale bile vode određene države, a ostatak bi bio otvoreno more u kojem niti jedna država ne bi imala suverenitet. Važan uslov za realizaciju luke u Neumu je onemogućavanje izgradnje mosta koji je već počeo da se realizuje u Republici Hrvatskoj na relaciji kopno (Komarna)-poluotok Pelješac .
Naime, neosporno je da jedna država može dijelove svoje teritorije saobračajno povezivati na razne načine, ali ne tako kao što je u datom slučaju da presijeca izlaz druge države, u ovom slučaju BiH na otvoreno more, bilo mostom, tunelom i sl., jer je to suprotno međunarodnom pravu o korištenju mora.
Nesmetani ili kako se kaže neškodljivi prolaz (kako je definisano u dokumentima ekspertne grupe formirane za usaglašavanje širine prolaza i visine pomenutog mosta), nije isto što i suverenitet na moru. Za BiH nesmetani prolaz nije opcija za razliku od suverenog pomorskog teritorija, jer je od velike važnosti kako sa pomorskog, tako isto i sa saobračajnog, ekološkog, odbrambenog i posebno geopolitičkog aspekta.

5 ZAKLJUČAK

Voda sve više postaje bazni element politike uređenja prostora. Njeno korištenje, uređenje i zaštita predmet su strategije razvoja mnogih država svijeta, što bi trebalo da bude i kod nas. Nažalost zbog trenutnog političko društvenog uređenja teritorije države, ovo je prilično usporeno, negdje i zanemareno pogotovo kada je u pitanju razvoj vodnog saobračaja. To se posebno odnosi i na zanemarivanje činjenice da smo pomorska država i da u isto vrijeme nemamo nikakvu morsku luku. Dodatna smetnja je peljšački most i nerješena granica sa Hrvatskom posebno na moru.
Zbog aktivnosti koje se odvijaju na realizaciji koridora 5c, bilo bi neophodno što prije pristupiti uvezivanju saobračajne mreže elemenata iz pomenutog koridora kao što su autocesta Mostar-Neum, željeznica Čapljina-Neum i gasovod Mostar-Neum sa izgradnjom luke u Neumu, na spoljnoj strani poluotoka Klek.
Raspored i organizacija smještajnih objekata u luci morali bi biti usaglašeni sa aktualiziranim prostornim planom BiH i urbanističkim planom grada Neuma, uvažavajući prije svega širi državni interes, uz razumijevanje i poštivanje zahtjeva lokalne zajednice.

LITERATURA

[1] M Jahić, E Jahić, Prilog razmatranju problematike vodnog saobraćaja u BiH, br. 66 (11-15), Juni 2009
[2] M Jahić, Prostorno planiranje i zaštita okoline, Tehnički fakultet Bihać, 2008
[3] A Marinović, Prostorno planiranje, DQM, Svijet, Zagreb 2001
[4] www.voda.ba

SIMULATION OF ACTUAL NETWORK PERFORMANCE USING KRONECKER ALGEBRA FOR OPTIMIZATION OF TRAFFIC FLOW

Semir Morenjačkić, SM

semir.morenjackic@gmail.com

Sažetak: Osnovna djelatnost fabrike Global Ispat koksna industrija Lukavac je proizvodnja proizvoda koksne peći (šifra djelatnosti 19.10). Proizvodni kompleks kompanije "GIKIL" d.o.o. Lukavac nalazi se na lokaciji sjeverozapadno od grada Lukavca i to na prostoru općine Lukavac, koji je Prostornim planom općine Lukavac definisan kao industrijska zona (zona VI). Zauzima površinu od cca 102,7 ha, a od toga fabrika koksara zauzima cca 1/3 ukupne površine proizvodnog kompleksa. Kombinat Global Ispat Koksna Industrija Lukavac je izgrađena na površini od 982 504 m2 i vodeći je regionalni snabdjevač koksa za industriju željeza, livnice, šećerane i druge potrošače. Global Ispat Koksna Industrija Lukavac se sastoji od sljedećih fabrika:
1. Fabrika Koksara (priprema uglja, koksovanje, kondenzacija i želj. saobraćaj),
2. Fabrika AMK-a (za proizvodnju anhidrida maleinske kiseline),
3. Fabrika Energana (proizvodnja vode i električne energije),
4. Fabrika za proizvodnju mineralnog đubriva - azotara,
5. Fabrika Remont- planirano održavanje i
6. Zajednički sektori za praćenje proizvodnje.

U sastavu predmetnog proizvodnog kompleksa kompanije "GIKIL" d.o.o. Lukavac je i Filter stanica, koja je dislocirana izvan kruga ovog poslovnog kompleksa i nalazi se kod brane na jezeru Modrac.

Snabdijevanje sanitarnom vodom predmetnog kompleksa GIKIL-a, vrši se iz bunara B1-B17, uz dodavanje dekarbonizovane vode sa filter stanice Modrac. Pitka voda, direktno iz bunara pitke vode sa Filter stanice, pod pritiskom od 4 bara, napaja mrežu pitke vode u GIKIL-u.

Za nesmetan rad fabrike GIKIL d.o.o. Lukavac, pitka voda se koristi:
1. u sanitarnim čvorovima,
2. u restoranu za pranje posuđa (sa pripremom obroka),
3. za kupanje zaposlenika,
4. održavanje čistoće sanitarnih čvorova, kupatila, kancelarija i sl.,
5. povremeno pranje radnih površina (parking prostora, radnih platoa i saobraćajnica),
6. za gašenje požara.

Pogoni i postrojenja fabrike Koksara snadbijevaju se vodom iz fabrike Energane. Energana vodom snadbijeva sve fabrike u proizvodnom kompleksu kompanije "GIKIL" d.o.o. Lukavac. Sirova voda se doprema sa jezera Modrac, na Filter stanici, gdje se vrsi dekarbonizacija a omekšana voda se preko pumpne stanice prebacuje u glavnu pumparnicu, odakle se distribuira potrošačima u poslovnom kompleksu.

U proizvodnom kompleksu kompanije "GIKIL" d.o.o Lukavac nastaju sljedeće otpadne vode:
1. tehnološke otpadne vode iz pogona i postrojenja,
2. oborinske zagađene otpadne vode sa vanjskih aflatnih površina, saobraćajnica i parkirališta u krugu ovog proizvodnog kompleksa,
3. oborinske nezagađene otpadne vode sa zelenih površina i
4. sanitarno-fekalne otpadne vode iz mokrih čvorova, kuhinje i restorana.

Poslovni kompleks kompanije “GIKIL“ d.o.o Lukavac je složen industrijski kompleks sa proizvodnjom, sirovinama i proizvodima, koji zbog toga troši veliku količinu tehnološke vode i radi čega nastaju velike količine tehnoloških otpadnih voda, sa relativno visokim teretom zagađenja.
Recipijent svih otpadnih voda GIKIL-a, pa time i tehnoloških otpadnih voda koje nastaju pri tehnološkim procesima rada pogona i postrojenja fabrike je glavni kolektor otpadnih voda GIKIL-a – potok „Hrvati“, koji protiče kroz cijeli krug kompleksa, i dalje se ulijeva u rijeku Spreču.

Oborinske otpadne vode nastaju uglavnom, na uređenim asfaltnim površinama u krugu proizvodnog kompleksa u vrijeme padavina i sakupljaju se preko slivnika u kišnu kanalizaciju i odvode u rijeku Spreču.
Sanitarno-fekalne otpadne vode nastaju u upravnim zgradama, proizvodnim pogonima, kuhinji i restoranu i ispuštaju se preko interne kanalizacije u zajednički kolektor. Ove vode se prikupljaju postojećim kanalizacionim sistemima i ispuštaju u glavni kolektor u koje se ispuštaju i sve tehnološke i oborinske otpadne vode.

Tehnička rješenja

Novoprojektovano rješenje prikupljanja, odvodnje i tretmana oborinskih zagađenih otpadnih voda sa lokaliteta fabrike GIKIL d.o.o. Lukavac je predviđeno kao separatni kanalizacioni sistem koji će se u najvećoj mjeri sastojati od postojećih kanalizacionih instalacija u GIKIL-u, doprojektovanih kanalizacionih dionica gdje se zato ukazala potreba i ukidanjem pojedinih dionica na postojećoj kanalizacionoj mreži.
Naime, separatni sistem prikupljanja i odvodnje oborinskih zagađenih otpadnih voda je predviđen na način da se sanitarno-fekalne i tehnološke otpadne vode isključe iz trenutnog mješovitog načina odvodnje otpadnih voda sa lokaliteta fabrike, a da se postojeći kanalizacioni sistem odvodnje koristi samo za prikupljanje i odvodnju oborinskih zagađenih otpadnih voda.
U trenutku kada se sanitarno-fekalne i tehnološke otpadne vode isključe iz odvodnje postojećim kanalizacionim sistemom fabrike, postojeću mrežu je potrebno popraviti na mjestima gdje je uništena, isprati i očistiti i na taj način pripremiti za prikupljanje i odvodnju oborinskih zagađenih otpadnih voda sa cijelog kruga fabrike.

Ključne riječi: GIKIL, otpadne vode, tretman otpadnih voda

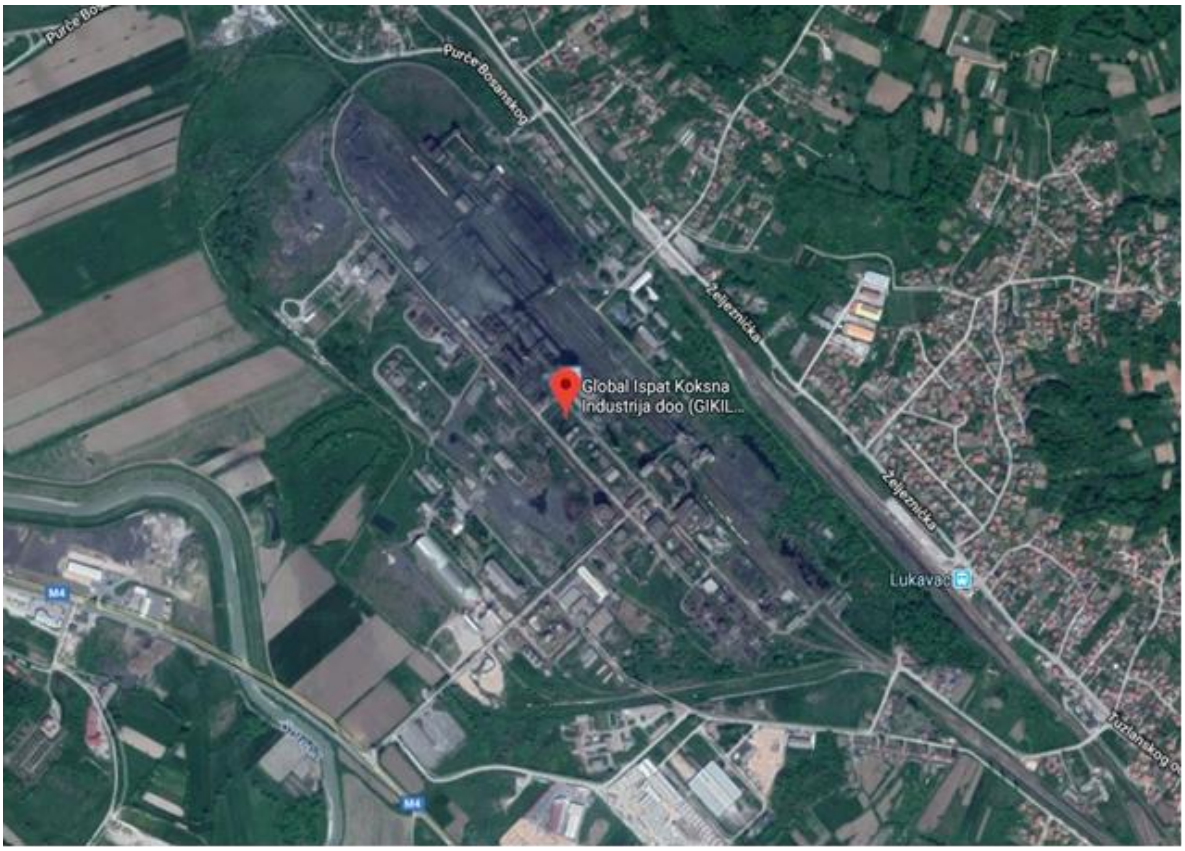
1 LOKALITET FABRIKE, OPIS POSTROJENJA I TEHNOLOŠKI PROCES RADA FABRIKE GIKIL D.O.O. LUKAVAC

„Global Ispat Koksna Industrija“ d.o.o. Lukavac (GIKIL) se nalazi u industrijskoj zoni općine Lukavac, u ulici Željeznička br.1.
Proizvodni kompleks kompanije “GIKIL” d.o.o. Lukavac nalazi se na lokaciji sjeverozapadno od grada Lukavca i to na prostoru općine Lukavac, koji je Prostornim planom općine Lukavac definisan kao industrijska zona (zona VI). Zauzima površinu od cca 102,7 ha, a od toga fabrika koksara zauzima cca 1/3 ukupne površine proizvodnog kompleksa. Industrijski krug ovog proizvodnog kompleksa je ograđen industrijskom ogradom, a ulaz u krug i izlaz iz kruga je kontrolisan metalnim kapijama sa portirnicom, fizičkom zaštitom i videonadzorom.
„GIKIL“ je vodeći regionalni snabdjevač koksa za industriju željeza, livnice, šećerane i druge potrošače. Fabrike ovog kompleksa nude različite proizvode iz kamenog uglja, te mineralna đubriva, anhidrid maleinske kiseline i kompletne usluge proizvodnje, remonta, montaže i održavanja procesne opreme i objekata u koksnoj i hemijskoj industriji.

Na lokaciji ovog proizvodnog kompleksa i njegovoj neposrednoj okolini nema izvorišta i vodotoka, što po ovom osnovu predstavlja pogodnost. Najbliži vodotok lokaciji je rijeka Spreča koja protiče jugozapadno od lokacije ovog poslovnog kompleksa na udaljenosti preko 500 m, sa suprotne strane magistralnog puta Tuzla - Doboj. Rijeka Spreča predstavlja recipijent svih otpadnih voda sa prostora lokacije poslovnog kompleksa kompanije “GIKIL“ d.o.o. Lukavac.
Sama podjela objekata „GIKIL“-a na osnovne organizacije udruženog rada i njihova pojedina odjeljenja izvršena je imajući u vidu zaokružene tehnološko-ekonomske cjeline i karakteristične tehnološke procese proizvodnje, a sve na bazi prerade kamenog uglja kao osnovne sirovine u KOKS i hemijske proizvode, kao osnovne finalne proizvode.

U fabrici su zastupljeni sljedeći osnovni tehnološki procesi proizvodnje:

1. Priprema uglja za koksovanje;
2. Proces koksovanja uglja i
3. Prerada i prečišćavanje sirovog koksnog gasa (kondenzacija) i proizvodnja sirovog benzola, katrana i amonsulfata (prečišćavanje).



Slika 1- Makrolacijski prikaz kruga GIKIL-a (Glavni projekat prikupljanja, odvodnje i tretmana sanitarno-fekalnih i oborinskih zagađenih otpadnih voda sa lokaliteta fabrike „Global Ispat Koksna Industrija“ d.o.o. Lukavac, mart 2019.godine)

Global Ispat Koksna Industrija d.o.o. Lukavac je vodeći regionalni snabdjevač koksa za industriju željeza, livnice, šećerane i druge potrošače. Pogini ovog proizvodnog kompleksa nude različite proizvode iz katrana kamenog uglja (elektrodna smola, toplopresovani naftalin, industrijska ulja i drugo), te mineralna đubriva, anhidrid maleinske kiseline i kompletne usluge proizvodnje, remonta, montaže i održavanja procesne opreme i objekata u koksnoj i hemijskoj industriji u sastavu predmetnog proizvodnog kompleksa.
Global Ispat Koksna Industrija Lukavac se sastoji od sljedećih fabrika:

1. Fabrika Koksara (priprema uglja, koksovanje, kondenzacija i želj. saobraćaj),
2. Fabrika AMK-a (za proizvodnju anhidrida maleinske kiseline),
3. Fabrika Energana (proizvodnja vode i električne energije),
4. Fabrika za proizvodnju mineralnog đubriva - azotara,
5. Fabrika Remont- planirano održavanje i
6. Zajednički sektori za praćenje proizvodnje.

Zajednički resursi u poslovnom kompleksu kompanije "GIKIL" d.o.o. Lukavac su infrastruktura, lokacije i željeznički saobraćaj kojim se vrši interni prevoz sirovina, nusproizvoda i gotovih proizvoda do javne željezničke stanice. Unutar ovog kompleksa se nalazi razvijena putna i željeznička infrastrukturna mreža preko koje su povezna sva postojenja unutar kruga. Željeznicom se dopremaju potrebne sirovine do skladišta i distribuiraju gotovi proizvodi.
U sastavu predmetnog proizvodnog kompleksa kompanije "GIKIL" d.o.o. Lukavac je i Filter stanica, koja je dislocirana izvan kruga ovog poslovnog kompleksa i nalazi se kod brane na jezeru Modrac.

2 PRODUKCIJA I ISPUŠTANJE OTPADNIH VODA IZ POGONA GIKIL-A

Poslovni kompleks kompanije "GIKIL" d.o.o Lukavac je složen industrijski kompleks sa proizvodnjom, sirovinama i proizvodima, koji zbog toga troši veliku količinu tehnološke vode i radi čega nastaju velike količine tehnoloških otpadnih voda, sa relativno visokim teretom zagađenja.
Kako se radi o zastarjeloj baznoj tehnologiji, otpadne vode su opterećene visokim sadržajem mnoštva organskih i anorganskih polutanata (štetnih materija) i različitih čestica. Od približno utrošenih 650 m3/h tehnološke vode, najveći dio se ispusti u kolektore kao otpadna voda, dok dio otpari ili odlazi kao vlaga u proizvodima.
Količina i sastav tehnoloških otpadnih voda je različit za pojedine tehnološke procese i operacije. U pojedinim tehnološkim procesima kontinuirano se ispuštaju otpadne vode i one čine najveći dio ispusnih voda u nekim proizvodnim pogonima u sastavu analiziranog proizvodnog kompleksa. Ostale otpadne vode se ispuštaju povremeno i to su vode od odvodnjavanja i pražnjenja rezervoara, separatora, te pražnjenja uređaja za kondenzaciju i destilaciju. Povremeno se javljaju i otpadne vode od odmuljivanja, pranja pogonske opreme i objekata, zbog čega je teško utvrditi količinu i stepen zagađenja ovih otpadnih voda.
U proizvodnom kompleksu kompanije "GIKIL" d.o.o Lukavac nastaju sljedeće otpadne vode:

1. tehnološke otpadne vode iz pogona i postrojenja,
2. oborinske zagađene otpadne vode sa vanjskih aflatnih površina, saobraćajnica i parkirališta u krugu ovog proizvodnog kompleksa,
3. oborinske nezagađene otpadne vode sa zelenih površina i
4. sanitarno-fekalne otpadne vode iz mokrih čvorova, kuhinje i restorana.

2.1. TEHNOLOŠKE OTPADNE VODE IZ RAZLIČITIH POGONA GIKIL-A

Tehnološke otpadne vode nastaju iz proizvodnih procesa iz pogona i postrojenja u sastavu proizvodnog kompleksa „GIKIL" d.o.o. Lukavac. U nastavku su navedene vrste tehnoloških otpadnih voda koje nastaju pri različitim tehnololškim procesima iz različitih pogona fabrike, način njihovog nastajanja i trenutni način prikupljanja i odvodnje ovih otpadnih voda do recipijenta.

Napomena: Recipijent svih otpadnih voda GIKIL-a, pa time i tehnoloških otpadnih voda koje nastaju pri tehnološkim procesima rada pogona i postrojenja fabrike je glavni kolektor otpadnih voda GIKIL-a – potok „Hrvati", koji protiče kroz cijeli krug kompleksa, i dalje se ulijeva u rijeku Spreču.

2.1.1. POGON KOKSARA

Koksovanje uglja kao i sagorijevanje koksnog plina produkuje otpadne dimne plinove i čvrste čestice koje zagađuju zrak zbog prekomjernih emisija, a otpadne vode koje se nekontrolirano izlivaju, zajedno sa lebdećim česticama onečišćuju zemljište u krugu poslovnog kompleksa i neposrednoj okolini.

U pogonu Koksare nastaju sljedeće tehnološke otpadne vode:
1. otpadne vode od kondenzacije i pripreme,
2. fenolne otpadne vode na ulazu u biološki uređaj za prečišćavanje,

3. fenolne otpadne vode na izlazu iz biološkog uređaja za prečišćavanje,
4. otpadne vode iz skladišta sirovog benzena.

Kolektor za odvodnju otpadnih voda je obodni kanal koji se dalje ulijeva u rijeku Spreču.

Tehnološke otpadne vode nastaju povremeno u procesu pripreme uglja za koksovanje i to u ciklonima za otprašivanje, zatim pri pranju podova etaža, pogonskih zgrada, te pranju traka i mostova u transportu i ispumpavanjem podzemnih voda iz sabirnih šahtova.

2.1.2. POGON ENERGANA

Pogon Energana proizvodi električnu energiju, tehnološku paru, demineralizovanu vodu, dekarbonizovanu vodu i pitku vodu, za potrebe pogona i postrojenja u krugu proizvodnog kompleksa "GIKIL" d.o.o. Lukavac, kao i za daljnju distibuciju.
Vrste tehnoloških otpadnih voda kao i mjesto njihovog nastanka u pojedinim proizvodnim procesima pogona Energana su sljedeće:

1. otpadne vode iz filter stanice - ugavnom potiču iz odmuljivanja filtera, pranja i pražnjenja posuda za reaktive (As-sulfat, krečno mlijeko), opterećene su suspendiranim materijama (talog kreča, sulfata, nečistoća i primjesa iz sirovina), a ispuštaju se diskontinuirano u rijeku Jalu (filter stanica se nalazi izvan predmetnog kruga fabrike i otpadne vode koje ovdje nastaju predstavljaju zasebnu problematiku).
2. otpadne vode iz energane i hemijske pripreme vode nastaju pri regeneraciji jonoizmjenjivača koji služe za demineralizaciju od odsoljavanja parnih kotlova, odmuljivanja plinovoda te od rashladnih sistema (koksara, azotara, AMK, energana), a njihov sastav nije opterećen organskim materijama jer većina voda je od odmuljivanja rashladnih sistema i hemijske pripreme vode.

U Pogonu energane i HPV-a, u procesu proizvodnje pare i električne energije, nastaju slijedeće tehnološke otpadne vode:
1. u rashladnim sistemima,
2. pri regeneraciji jonoizmjenjivačkih filtera,
3. kod odsoljavanja parnih kotlova i
4. otpadne vode od odmuljivanja plinovoda.

I ove otpadne vode, sistemom kanalizacije, odvode se prema glavnom kolektoru odnosno prema rijeci Spreči.

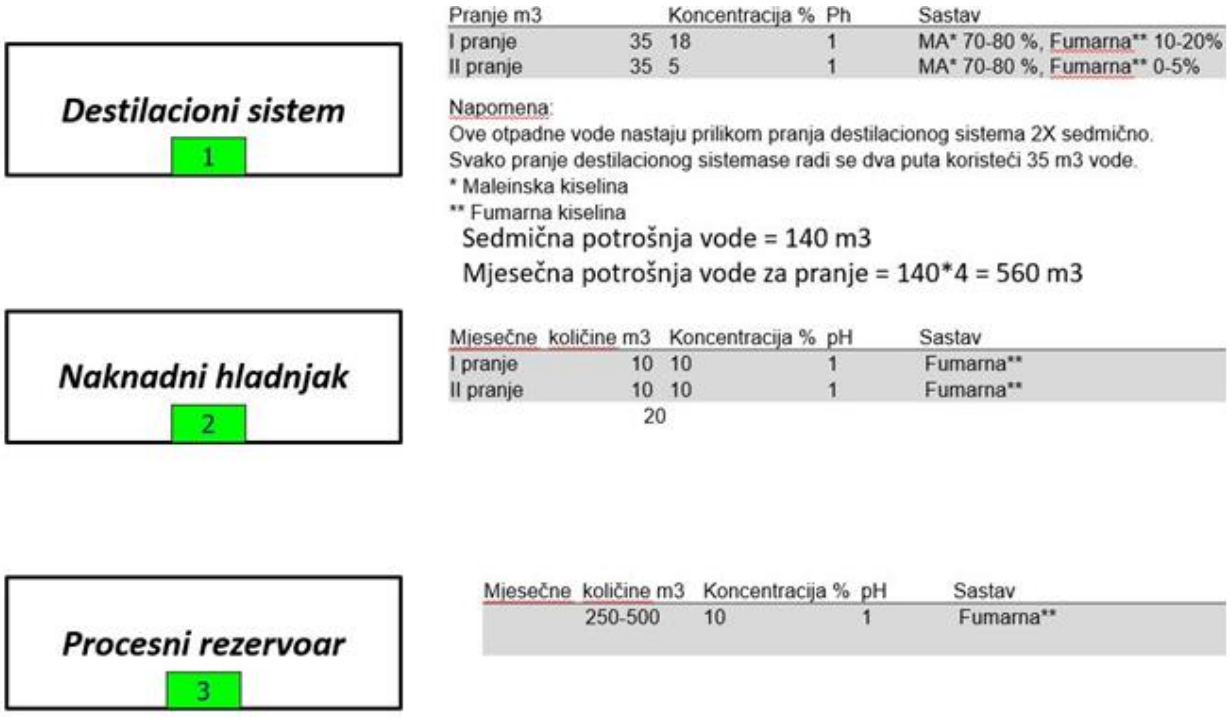
2.1.3. POGON AMK

Pogon AMK proizvodi anhidrid maleinske kiseline od n-butana kao sirovine. Modernizacijom je postignuta mogućnost skladištenja tečnog proizvoda, a novougrađeni katalizator ima duplo duži vijek trajanja (4 godine).

Tehnološke otpadne vode iz pogona AMK nastaju tokom:
1. pranja destilacionog sistema,
2. pranja naknadnog hladnjaka,
3. pranja pumpi i cjevovoda prije popravki i servisiranja.

Kisele vode koje nastaju povremeno sa ciklusima pranja destilacionog sistema u količini od oko 0,5 m3/h i sadrže oko 10 % organskih materija (kiseline, katranski spojevi), čine najveću količinu otpadnih voda. Ove otpadne vode se sakupljaju i odvode u u odvodni kanal otpadnih voda. Dakle, prije popravki pumpi i cjevovoda ova oprema se pere, otpadne vode koje pri tome nastaju su kisele i one se sakupljaju i ispuštaju u odvodni kanal.
Na rashladnom tornju povremeno nastaje otpadna voda kao rezultat redovnog odmuljivanja rashladnog tornja. Ova otpadna voda ne sadrži opasne materija i ne zahtjeva tretman prije ispuštanja u vodotok.
Otpadne vode iz postrojenja za proizvodnju anhidrida maleinske kiseline se sakupljaju i usmjeravaju u odvodni kanal otpadnih voda bez prethodnog tretmana.
Otpadne vode koje nastaju od čišćenja i pranja i oborinske otpadne vode se ispuštaju u zajednički sabirni kanal predmetnog poslovnog kompleksa, koji se ulijeva u rijeku Spreču.
Ispuštene tehnološke otpadne vode imaju nisku pH vrijednost zbog prisutnih kiselina, pa su zbog toga izuzetno toksične i mogu ugroziti ekološke uvjete i živi svijet u recipijentu – rijeci Spreči, radi čega je neophodno obezbijediti adekvatno tretiranje ovih otpadnih voda prije ispuštanja u površinske vode, sukladno obavezama koje proističu iz odredaba Uredbe o uslovima ispuštanja otpadnih voda u okoliš i sisteme javne kanalizacije ("Službene novine Federacije BiH", broj 101/15 i 1/16).

Vrste i količine tehnololoških otpadnih voda sa pogona AMK su date na sljedećoj skici:



Slika 2- Vrste i količine tehnoloških otpadnih voda sa pogona AMK (Glavni projekat prikupljanja, odvodnje i tretmana sanitarno-fekalnih i oborinskih zagađenih otpadnih voda sa lokaliteta fabrike „Global Ispat Koksna Industrija" d.o.o. Lukavac, mart 2019.godine)

2.1.4. POGON AZOTARA

Pogon Azotara proizvodi krečni amonijum nitrat (KAN), te kao nusproizvode: azotnu kiselinu i kameno brašno – filer koji je zapravo i jedna od sirovina koja se koristi za proizvodnju KAN-a. Osim nabrojanih proizvoda ovaj pogon proizvodi i tehnološku paru koju koristi za potrebe svog tehnološkog procesa, dok ostatak ide u mrežu ovog poslovnog kompleksa.

U pogonu Azotara koristi se voda, kako ona za piće tako i tehnološka za potrebe tehnološkog procesa radi čega u ovom pogonu nastaju i ispuštaju se otpadne vode.

Tehnološke - procesne otpadne vode nastaju u sljedećim proizvodnim procesima:

1. likvefakcija amonijaka,
2. proizvodnja azotne kiseline,
3. proizvodnja krečnog amonijum nitrata,
4. proizvodnja filera.

Iz pogona za proizvodnju KAN-a postoje dva tehnološka otpadna toka:

- tok kondenzata iz rezervoara,
- tok sa mokrih ciklona.

Otpadni tok iz rezervoara predstavlja kondenzat koji nastaje pri koncentriranju rastvora amonijum nitrata. Količina ove otpadne vode iznosi oko 2,090 m3/h i ona se ispušta u kanalizaciju, a u sebi sadrži amonijak i rastvoreni amonijum nitrat.
Otpadni tok sa mokrih ciklona predstavlja otpadnu vodu koja se stvara u otpadnim ciklonima obaranjem finih čestica krečne prašine i čestica KAN-a. Otpadne vode nastaju na mjestu proizvodnje krečnog amonijum nitrata u količini od cca 60 m3/h. Ove otpadne vode sadrže 3,63 g/L amonijum nitrata i 1,75 g/l kalcijum karbonata. U ovom odjeljenju nastaju i otpadne vode iz rezervoara u količini od 2 m3/h, a sadrže u prosjeku 9,8 mg/L amonijum nitrata i imaju pH vrijednost 7,7. Ovaj otpadni tok se odvodi u zemljani taložnik, a nakon taloženja odvodi se preko zajedničkog kolektora u rijeku Spreču.
Otpadni tok na likvefakciji je zapravo rashladna voda kompresora amonijaka koja sadrži amonijačno zagađenje i uljne materije.

2.2. OBORINSKE OTPADNE VODE SA LOKALITETA GIKIL-A

Oborinske otpadne vode nastaju uglavnom, na uređenim asfaltnim površinama u krugu proizvodnog kompleksa u vrijeme padavina i sakupljaju se preko slivnika u kišnu kanalizaciju i odvode u rijeku Spreču.

Za površinske vode dati su sljedeći uvodni podaci:
1. Ukupna površina kruga GIKIL-a, prema dobivenim podacima, iznosi oko 250.000 m2, od čega

je manji dio asfaltiran-betoniran, a veći dio je zatravnjen ili pokriven tucanikom;
2. U vrijeme padavina na većem dijelu površine kruga nastaju površinske vode koje, zbog veličine kompleksa i karakteristika proizvodnih procesa, mogu nastati u većim količinama i mogu biti zagađene sa raznim zagađujućim materijama;
3. Oborinske nezagađene vode nastaju na krovnim, zelenim i pješačkim površinama, kao i na asfaltiranim i betonskim površinama na kojima se ne odvija saobraćaj automobilima ili mehanizacijom. Ove vode se malim dijelom prikupljaju postojećim slivnicima i rešetkama, a većim dijelom procjeđuju ili neuređeno odvode do otvorenih vodotoka i kanala unutar GIKIL-a;
4. Obzirom na jako povoljnu nivelaciju terena, kao i položaj potoka „Hrvati“ i ostalih otvorenih kanala, odvodnja oborinskih voda je relativno efikasna, bez primijećenih većih površina na kojima dolazi do neželjenog zastajanja oborinske vode, ili formiranja bujičnih tokova.

I ove otpadne vode, bez predtretmana, postojećom kanalizacijom za površinske vode upuštaju se u glavni kolektor otpadnih voda. Trenutno je u završnoj fazi izgradnje hidrotehnički objekat na potoku „Hrvati“ koji se sastoji od uređaja za prečišćavanje ulja i masti kapaciteta protoka od 125,00 L/s i pratećih elemenata (AB prag i AB taložnici).

Tehničkim rješenjem za zagađene oborinske vode, obzirom na površinu na kojoj nastaju i usvojene vrijednosti iz ITP - dijagrama od 200 L/s,ha, za intenzitet padavina od 15 minuta, i povratnog perioda 2 godine, za područje Tuzle, izvršen je hidraulički proračun, te usvojeni promjeri cijevi, kao i uređaji za prečišćavanje ovih otpadnih voda (taložnici/ separatori ulja i masti), a pomenuti hidrotehnički objekat za prečišćavanje ulja i masti kapaciteta protoka od 125,00 L/s je predviđen kao dodatni tretman oborinskih zagađenih otpadnih voda prije ispuštanja u rijeku Spreču.

Detaljan opis rješenja prikupljanja, odvodnje i tretmana svih oborinskih zagađenih otpadnih voda GIKIL-a (zajedno sa svim potrebnim proračunima i usvojenim uređajima za prečišćavanje ovih voda i projektovanim rješenjem prikupljanja i tretmana oborinskih voda sa deponije uglja i deponije koksa) je dat u poglavljima Glavnog projekta prikupljanja, odvodnje i tretmana sanitarno-fekalnih i oborinskih zagađenih otpadnih voda sa lokaliteta fabrike „Global Ispat Koksna Industrija“ d.o.o. Lukavac, mart 2019.godine.

2.3. SANITARNO-FEKALNE OTPADNE VODE SA LOKALITETA GIKIL-A

Sanitarno-fekalne otpadne vode nastaju u upravnim zgradama, proizvodnim pogonima, kuhinji i restoranu i ispuštaju se preko interne kanalizacije u zajednički kolektor. Ove vode se prikupljaju postojećim kanalizacionim sistemima i ispuštaju u glavni kolektor u koje se ispuštaju i sve tehnološke i oborinske otpadne vode.

Prema raspoloživim podacima za sanitarno-fekalne otpadne vode mogu se dati sljedeći podaci:
1. u kompleksu GIKIL-a zaposleno je cca 1200 radnika (trenutni broj zaposlenika je nešto manji, a u proračunima je uvršten podatak od 1200 zaposlenih zbog tendencije rasta uposlenika fabrike),
2. u postojećem restoranu priprema se oko 1000 obroka dnevno,
3. kupatila koristi oko 800 radnika dvenvo,
4. potrošnja vode za sanitarne potrebe, prema dobivenim podacima, u prosjeku je oko 60-70 litara po radniku na dan.

Prema naznačenim podacima proizilazi da pri kompleksu GIKIL-a nastaju sanitarno-fekalne vode:
1. u količini od 0,0008 m3/s i
2. sa organskim zagađenjem, izraženo preko BPK5, oko 300 do 500 mg O2/L.

Sanitarno-fekalne vode nastaju u više mokrih čvorova u krugu kompleksa GIKIL-a, i bez prečišćavanja preko više ispusta ispuštaju se u glavni kolektor otpadnih voda.

Glavnim projektom prikupljanja, odvodnje i tretmana sanitarno-fekalnih i oborinskih zagađenih otpadnih voda sa lokaliteta fabrike „Global Ispat Koksna Industrija“ d.o.o. Lukavac, od marta 2019.godine, je dato rješenje separatnog prikupljanja, odvodnje i tretmana svih sanitarno-fekalnih otpadnih voda koje nastaju na lokalitetu GIKIL-a, usljed upotrebe sanitarnih čvorova, tuševa u kupatilima i usljed pripremanja obroka u kuhinji restorana. Detaljniji opis sa svim potrebnim proračunima novoprojektovane separatne sanitarno-fekalne kanalizacione mreže i usvojenim uređajem za prečišćavanje ovih voda, je dat u poglavljima navedenog projekta.

2.4. RECIPIJENT OTPADNIH VODA SA LOKALITETA GIKIL-A

Pri tehnološkom procesu rada fabrike „GIKIL“ d.o.o. Lukavac nastaju:
1. tehnološke otpadne vode (vrste i količine ovih otpadnih voda po pogonima fabrike u kojima nastaju su navedene u poglavlju 2.1.);
2. oborinske zagađene i nezagađene otpadne vode i
3. sanitarno-fekalne otpadne vode.

Sve otpadne vode kompleksa „GIKIL“ d.o.o. Lukavac se sakupljaju postojećim cjevovodima i odvode ili u kanalizacioni sistem proizvodnog kompleksa ili se odvode obodnim kanalom u glavni kolektor dok se

manji dio otpadnih voda odvodi manjim kanalom direktno u vodotok rijeke Spreče. Glavni kolektor svih otpadnih voda koje nastaju u krugu fabrike je potok „Hrvati“ koji protiče kroz cijeli krug fabrike. Ovaj potok se dalje ulijeva u rijeku Spreču, koja je krajnji recipijent otpadnih voda fabrike „GIKIL“ d.o.o. Lukavac.

2.5. KVALITET OTPADNIH VODA SA LOKALITETA GIKIL-A

Prikaz odvojenih rezultata kvaliteta oborinskih zagađenih i sanitarno-fekalnih otpadnih voda nije moguć zbog zajedničke odvodnje svih otpadnih voda fabrike, a u nastavku su dati rezultati ispitivanja zbirnih otpadnih voda iz GIKIL-a, preuzete iz dokumenta „Elaborat bilansa potrošnje industrijske vode i sastava otpadnih voda i drugih otpadnih materija GIKIL-a” (Institut za hemijsko inženjerstvo d.o.o. Tuzla):

„1.10.10. ZBIRNE OTPADNE VODE IZ GIKIL-A NA ISPUSTU U RIJEKU SPREČU

Prema datim konstatacijama, sve otpadne vode iz GIKIL-a se mogu klasificirati na:
1. otpadne vode iz Pogona katrana (vode od hlađenja),
2. otpadne vode iz Energane i HPV-a,
3. otpadne vode iz Pogona kondenzacije (dio otpadnih voda),
4. otpadane vode iz Pogona anhidrida maleinske kiseline,
5. otpadne vode iz Postrojenja za biološki tretman otpadnih voda,
6. otpadne vode iz Pogona azotnih đubriva i
7. sanitarno-fekalne i površinske vode.

Na osnovu obavljenih ispitivanja, na ispustu otpadnih voda iz glavnog kolektora u rijeku Spreču, za "kritične pokazatelje" kvaliteta vode zabilježene slijedeće vrijednosti:
1. proticaj vode, 0,0850 m3/s
2. mutnoća vode, 26,0 NTU
3. suspendirane materije, 81,6 mg/l
4. Petodnevna biokemijska potrošnja kisika (BPK5), 38,3 mg O2/l
5. Kemijska potrošnja kisika (KPK), bikromatni metod, 126,1 mg O2/l
6. Amonijak (N), 19,80 mg/l
7. Benzol, 0,52 mg/l
8. Fenoli, 1,47 mg/l
9. Cijanidi, 2,70 mg/l
10. Rodanidi, 13,18 mg/l
11. Ukupna ulja i masnoće, 8,10 mg/l.“

3 RJEŠENJE TRETMANA OBORINSKIH ZAGAĐENIH I SANITARNO-FEKALNIH OTPADNIH VODA

Rješenje tretmana predmetnih otpadnih voda sa lokaliteta fabrike GIKIL d.o.o. Lukavac usvojeno je u skladu sa važećim zakonskim propisima iz oblasti vodoprivrede, posebno iz segmenta zaštite voda.

Kod usvajanja rješenja tretmana oborinskih zagađenih i sanitarno-fekalnih otpadnih voda vodilo se računa o sljedećim faktorima:

1. mjestima nastajanja otpadnih voda,
2. količinama i kvalitetu otpadnih voda,
3. maksimalnoj i minimalnoj dnevnoj potrošnji vode,
4. koeficijentima neravnomjernosti,
5. mogućnostima prikupljanja i odvođenja otpadnih voda,
6. položaju objekata koji se nalaze u sastavu fabrike GIKIL d.o.o. Lukavac,
7. primjeni optimalnih rješenja za pojedine tretmane otpadnih voda i
8. troškovima investiranja i procesnim troškovima tretmana otpadnih voda.

Detaljnom analizom navedenih faktora usvojeno je da se:

1. sanitarno-fekalne vode koje nastaju u kupatilima, restoranu, sanitarnim čvorovima i vode od pranja kanacelarija i sl. na lokalitetu cjelokupnog kruga fabrike GIKIL d.o.o. Lukavac odvode separatnom kanalizacijom, a iste će, prije upuštanja u recipijent, biti tretirane na uređaju za biološki tretman (SBR - REG – 600 koji je odabran na osnovu podloga datih od strane firme Regeneracija d.o.o. Velika Kladuša, BiH),
2. sanitarne vode iz restorana, prije upuštanja u sanitarno-fekalnu kanalizaciju i tretmana na uređaju za biološki tretman, prethodno tretiraju na uređaju Hvatač masti – NV 7,
3. izgradi separatna kanalizaciona mreža za odvodnju sanitarno-fekalnih otpadnih voda, a postojeća kanalizaciona mreža fabrike da se iskoristi kao separatni kanlizacioni sistem odvodnje oborinskih zagađenih otpadnih voda (detaljniji opis rješenja separatne odvodnje svih otpadnih voda sa lokaliteta fabrike je dat u narednim poglavljima projektima),
4. zbog konfiguracije terena, izgrađenosti fabrike i nemogućnosti projektovanja jedne sveobuhvatne kanalizacione mreže oborinskih zagađenih otpadnih voda, projektovano je nekoliko zasebnih sistema za odvodnju oborinskih zagađenih voda (a u najvećoj mjeri su iskorišteni postojeći cjevovodi fabrike), gdje će svaki isprojektovani sistem

ići na poseban uređaj za prečišćavanje ovih otpadnih voda i poslije će se neovisno ispuštati u recipijent – potok „Hrvati“. Sva oborinska zagađena voda prečišćena na ovaj način, potokom „Hrvati“ odlazi na dodatni tretman na uređaj-separator ulja i masti „BORPLASTIKA“ tip BP OLEX 125 XL/KF/P, nakon toga na reviziono okno i dalje se ovako dodatno prečišćene ove otpadne vode ispuštaju u rijeku Spreču. Usvojeni su različiti uređaji za prečišćavanje oborinskih zagađenih otpadnih voda po isprojektovanim sistemima odvodnje, a tačni nazivi i karakteristike ovih uređaja, kao i uređaja za dodatni tretman „BORPLASTIKA“ tip BP OLEX 125 XL/KF/P, su dati u narednim poglavljima projekta, u predmjeru radova i na grafičkim prilozima.

5. oborinske zagađene vode sa deponije uglja i deponije koksa će prema ovom projektnom rješenju odlaziti na tretman na AB taložnike, i dalje ispuštati u potok „Hrvati“, i potom odlaziti na dodatni tretman na uređaj-separator ulja i masti „BORPLASTIKA“ tip BP OLEX 125 XL/KF/P i nakon toga ispuštati u rijeku Spreču. Tehničke karakteristike AB taložnika na deponiji uglja i deponiji koksa su date u narednim poglavljima i grafičkim prilozima.

6. ugrade revizioni šahtovi za praćenje kvaliteta efulenta (šahtovi za monitoring) prije upuštanja otpadnih voda u potok „Hrvati“ i prije ispuštanja u rijeku Spreču kao krajnjeg recipijenta prečišćenih otpadnih voda.

3.1. PROJEKTOVANO STANJE SANITARNO-FEKALNE KANALIZACIJE

Sanitarno-fekalna kanalizaciona mreža na lokalitetu fabrike GIKIL d.o.o. Lukavac je predviđena kao potpuno novi separatni kanalizacioni sistem.

Sanitarna kanalizacija služi za prikupljanje sanitarnih otpadnih voda iz sanitarnih čvorova i tuševa u kupatilima objekata predmetnog industrijskog kruga i otpadnih voda usljed korištenja kuhinje i restorana.

Kvalitet i količine nastalih sanitarno-fekalnih otpadnih voda na lokalitetu fabrike GIKIL d.o.o. Lukavac zavise od broja zaposlenika (cca 1200 – broj zaposlenika je uvećan zbog tendencije rasta broja zaposlenih) i posljedica su:

1. upotrebe sanitarnog čvora i njegovog održavanja,
2. održavanja čistoće kancelarija, radnih prostorija i sl.
3. rada restorana (sa pripremom cca 1000 obroka dnevno) i
4. kupanja zaposlenika.

Sanitarno-fekalne vode predmetnog lokaliteta karakteriše i neravnomjernost u pogledu količine i kvaliteta koja je posebno izražena u periodima tuširanja zaposlenika po završetku smjena i koja prema procjeni iznosi:

1. Koeficijent neravnomjernosti satne potrošnje vode je Kh=4,0.
2. Koeficijent neravnomjernosti kvaliteta otpadne vode je Kh=2,0.

Procijenjena potrošnja vode za sanitarne potrebe zaposlenika, održavanja čistoće radnih prostora i platoa i procijenjena potrošnja vode za potrebe rada kuhinje i restorana na lokalitetu fabrike GIKIL d.o.o. Lukavac je sljedeća:

1. U restoranu za pripremu obroka sa pranjem posuđa:

Q1=1000 obroka x 10 L=10 m3/dan.

2. Za kupanje zaposlenika:

Q2=800 zaposlenika x 60 L=48 m3/dan. (zaposlenici u upravi i administrativnim poslovima ne koriste tuševe)

3. Za sanitarne potrebe zaposlenika:

Q3=1200 zaposlenika x 20 L=24 m3/dan.

4. Za održavanje čistoće kancelarija, kupatila i sl.:

Q4≈5,0 m3/dan.

Ukupna potrošnja vode za sanitarne potrebe na lokalitetu fabrike GIKIL d.o.o. Lukavac iznosi Q=87,00 m3/dan.

Projektovano rješenje je koncipirano na način da se navedene otpadne vode separatno prikupljaju i odvode na biološki uređaj za prečišćavanje ovih otpadnih voda. Sanitarne otpadne vode koje nastaju u kuhinji/ restoranu se tretiraju (predtretman) na mastolovu, u cilju smanjenja sadržaja ulja i masnoća i dijela taloživih-plivajućih materija, i dalje se upajaju u projektovanu sanitarno-fekalnu kanalizaciju.

Usvojenim rješenjem tretmana sanitarno-fekalnih i sanitarnih otpadnih voda na lokalitetu fabrike GIKIL d.o.o. Lukavac, predviđeno je sljedeće:

1. Upuštanje otpadne vode iz restorana-kuhinje, poslije predtretmana u mastolovu „NV7“, u projektovani kanalizacioni sistem zajedno sa ostalim sanitarno-fekalnim otpadnim vodama;
2. Da se vrši analiza kvaliteta prečišćenih voda na predviđenom uređaju za biološki tretman SBR – REG – 600, čiji kvalitet mora biti u skladu sa zakonom propisanim graničnim vrijednostima analiziranih parametara.

Izdvajanje taloživih materija, ulja i masnoća iz otpadne vode u mastolovu vrši se na principu gravitacije, odnosno razlici specifičnih masa vode, ulja i masnoća i taloživih materija i vremenu zadržavanja otpadne vode u mastolovu.

Otpadna voda iz restorana i kuhinje se, nakon predtretmana u mastolovu, zajedno sa ostalim sanitarno-fekalnim otpadnim vodama, upušta u

kanalizacioni sistem kojim se odvode do objekta za tretman ovih otpadnih voda.

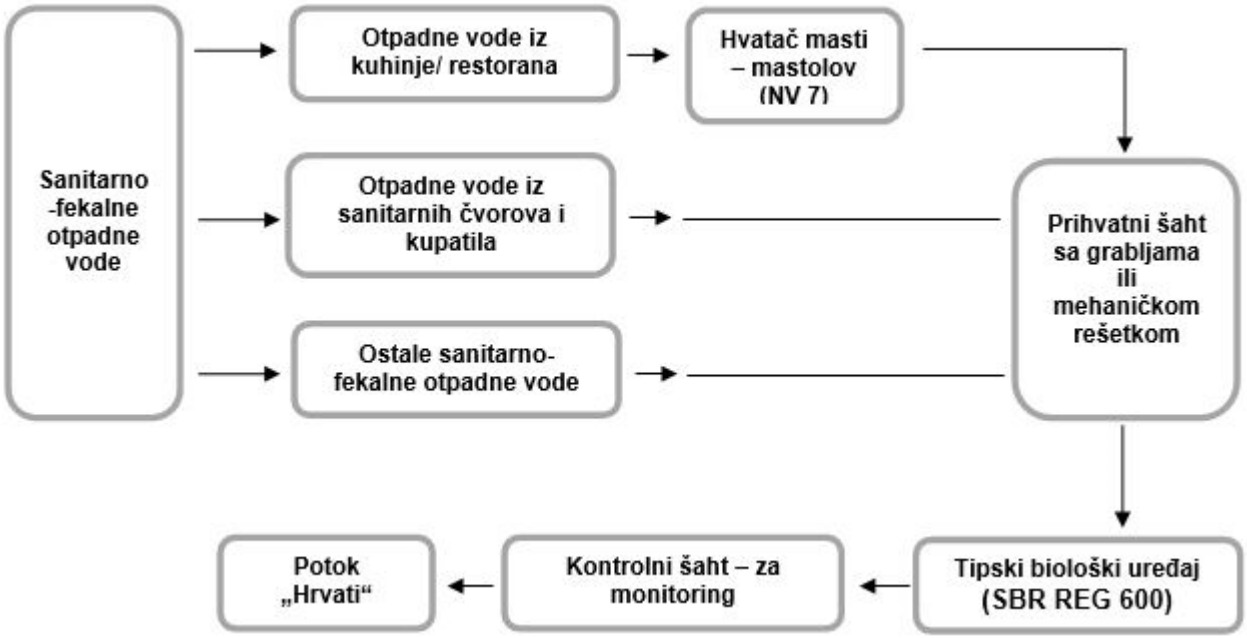
Karakteristike usvojenog uređaja „Hvatača masti – mastolov NV 7“:

1. Hvatač masti je usklađen sa BAS-EN 1825 - 1
2. Klasa separatora masti (25mg/lit)
3. Naziv veličina NV 7
4. Protok hvatača masti 7 lit/s
5. Zapremina taložnika masti 0,68 m3
6. Zapremina hvatača masti 1,8 m3
7. Ukupni volumen 2,81 m3
8. Težina uređaja 230 kg.

Tretman sanitarno-fekalnih otpadnih voda na uređaju za biološko prečišćavanje:

Imajući u vidu vrstu otpadnih voda (sanitarno-fekalne otpadne vode), razmatran je isključivo biološki uređaji za pročišćavanje otpadnih voda. U biotehnologiji, pojam biomasa podrazumijeva skupinu organizama združenih u mješovitu mikrobnu zajednicu nazvanu aktivni mulj. Ova zajednica mikroorganizama upotrebljava otopljene organske sastojke iz otpadne vode za potrebe vlastitog metabolizma uz kisik koji se unosi prozračivanjem uređaja.
U daljnjem tekstu ukratko je opisan tehnološki proces koji je našao široku primjenu kako u komunalnim, tako i industrijskim aplikacijama.
Najčešće korišten sistem pročišćavanja je biološki proces koji se temelji na upotrebi aktivnog mulja. Aktivni mulj je biomasa koja je prisutna u obliku tekućine, a koja se dovodi u intenzivan kontakt sa zrakom, te se nakon toga ostavlja da se istaloži kako bi se izdvojio mulj (koji se reciklira interno) i pročišćena voda. Biološki procesi koriste se za uklanjanje organskog zagađenja iz vode.

Blok šema rješenja tretmana sanitarno-fekalnih otpadnih voda na lokalitetu fabrike GIKIL d.o.o. Lukavac:



Slika 3 - Blok šema rješenja tretmana sanitarno-fekalnih otpadnih voda na lokalitetu fabrike GIKIL d.o.o. Lukavac (Glavni projekat prikupljanja, odvodnje i tretmana sanitarno-fekalnih i oborinskih zagađenih otpadnih voda sa lokaliteta fabrike „Global Ispat Koksna Industrija“ d.o.o. Lukavac, mart 2019.godine)

3.2. PROJEKTOVANO STANJE OBORINSKE ZAGAĐENE KANALIZACIJE

Glavni ciljevi novoprojektovanog tehničkog rješenja su:

1. Definisati površine na kojima dolazi do produkcije oborinskih zagađenih voda;
2. Predvidjeti adekvatne sisteme za prikupljanje oborinskih zagađenih voda;
3. Na osnovu dostupnih podataka, podataka i terenskih istraživanja, dati otpimalno tehničko rješenje sistema odvodnje oborinskih zagađenih voda;

4. Na osnovu dostupnih podataka predvidjeti tehnička rješenja sistema za tretman oborinskih zagađenih voda;
5. Definisati mikrolokacije ispusta tretiranih oborinskih zagađenih voda u recipijente, te dati tehnička rješenja za monitoring;
6. Definisati planove i metodologiju upravljanja opasnim i štetnim otpadom koji nastaje prilikom rada sistema za tretmane oborinskih zagađenih voda;
7. Uskladiti novoprojektovano stanje sa postojećim projektnim rješenjima i planovima, tehničkim rješenjima fekalnih i tehnoloških voda, te ostalim relevantnim faktorima.

Novoprojektovano rješenje prikupljanja, odvodnje i tretmana oborinskih zagađenih otpadnih voda sa lokaliteta fabrike GIKIL d.o.o. Lukavac je predviđeno kao separatni kanalizacioni sistem koji će se u najvećoj mjeri sastojati od postojećih kanalizacionih instalacija u GIKIL-u, doprojektovanih kanalizacionih dionica gdje se zato ukazala potreba i ukidanjem pojedinih dionica na postojećoj kanalizacionoj mreži.
Naime, separatni sistem prikupljanja i odvodnje oborinskih zagađenih otpadnih voda je predviđen na način da se sanitarno-fekalne i tehnološke otpadne vode isključe iz trenutnog mješovitog načina odvodnje otpadnih voda sa lokaliteta fabrike, a da se postojeći kanalizacioni sistem odvodnje koristi samo za prikupljanje i odvodnju oborinskih zagađenih otpadnih voda. U skladu sa navedenim, tehničko rješenje separatnog načina odvodnje i tretmana sanitarno-fekalnih otpadnih voda sa lokaliteta fabrike je takođe dat ovom projektnom dokumentacijom u poglavlju "12.3. Projektovano stanje sanitarno-fekalne kanalizacije", a tehničko-tehnološko rješenje separatnog prikupljanja, odvodnje i tretmana tehnoloških otpadnih voda koje nastaju u pogonima i postrojenjima fabrike GIKIL-a će se dati u narednim fazama izrade investiciono-tehničke dokumentacije.
U trenutku kada se sanitarno-fekalne i tehnološke otpadne vode isključe iz odvodnje postojećim kanalizacionim sistemom fabrike, postojeću mrežu je potrebno popraviti na mjestima gdje je uništena, isprati i očistiti i na taj način pripremiti za prikupljanje i odvodnju oborinskih zagađenih otpadnih voda sa cijelog kruga fabrike.
Postojeća kanalizaciona mreža fabrike, kao i doprojektovane kanalizacione dionice oborinske zagađene kanalizacije i postojeće dionice koje se ukidaju su jasno naznačene na grafičkim prilozima.

Novoprojektovano stanje prikupljanja, odvodnje i tretmana oborinskih zagađenih otpadnih voda se sastoji od isprojektovanih zasebnih sistema odvodnje (S1-S10), zajedno sa postojećim/ doprojektovanim dionicama ove kanalizacione mreže i svim potrebnim informacijama o dionicama, predviđenim uređajima separatorima ulja i masti/ taložnicima suspendovanih čestica za svaki sistem odvodnje zasebno i načinom ispuštanja u recipijent. Oborinske zagađene otpadne vode svakog isprojektovanog sistema odvodnje (S1-S10) se prikupljaju postojećim ili doprojektovanim cjevovodima i odvode na tretman na uređaj za prečišćavanje ovih otpadnih voda, potom ove vode odlaze na reviziono okno i ispuštaju se u potok "Hrvati". Ove otpadne vode nakon tretmana na primarnim uređajima za prečišćavanje, potokom "Hrvati" odlaze na dodatni tretman na uređaj separator ulja i masti „BORPLASTIKA" tip BP OLEX 125 XL/KF/P, nakon toga na reviziono okno i dalje se ovako dodatno prečišćene ove otpadne vode ispuštaju u rijeku Spreču.
Karakteristike primarnih uređaja za prečišćavanje ovih otpadnih voda, kao i karakteristike uređaja za dodatni tretman su date u nastavku i na grafičkim prilozima.
Uvidom u dostupne podloge, te terenskim istraživanjima utvrđeno je da postojeći sistemi za prikupljanje oborinskih zagađenih voda na pojedinim saobraćajnicama/ platoima nisu u upotrebljivom stanju, te je predviđena sanaciju postojećih i ugradnju novih slivnika, slivnih rešetki, rigola i otvorenih kanala.
Terenskim istraživanjima primjećena je relativno povoljna nivelacija terena, te relativno dobro stanje postojećih asfaltnih površina sa tehnički ispravnim nagibima i jasnim mikrolokacijama za novoprojektovane/ sanirane sisteme za prikupljanje oborisnke otpadne vode.

Novoprojektovana rješenja odvodnje oborinskih zagađenih voda usklađena su sa kapacitetima postojećih hidroinstalacija. Postojeći cjevovodi, iako su prvobitno bili namijenjeni za prikupljanje oborinskih zagađenih voda, korišteni su za prikupljanje raznih tehnoloških otpadnih voda kao i sanitarno-fekalnih otpadnih voda. Cjevovodi su zagađeni raznim nanosima i derivatima tehnoloških otpadnih voda, tako da se oni moraju adekvatno očistiti kako bi se oborinske zagađene vode iz ovog sistema odvodnje mogle prečisitti na predviđenim i isprojektovanim uređajima za prečišćavanje oborinskih zagađenih otpadnih voda.

Postojeća kanalizaciona infrastruktura je iskorištena uz sljedeće uslove:
1. Postojeći cjevovodi su u relativno funkcionalnom stanju, sa potrebom za manjim zahvatima sanacije i rekonstrukcije;
2. Postojeći cjevovodi su u dosadašnjoj upotrebi bili korišteni isključivo za odvodnju oborinskih zagađenih/ nezagađenih voda;
3. Postojeći cjevovodi svojim kapacitetima protoka odgovaraju odvodnji oborinske vode, dok su količine ostalih otpadnih voda znatno manje, te postoji tehnička i ekonomska opravdanost za

izgradnju novih sistema za odvodnju fekalnih i tehnoloških otpadnih voda.

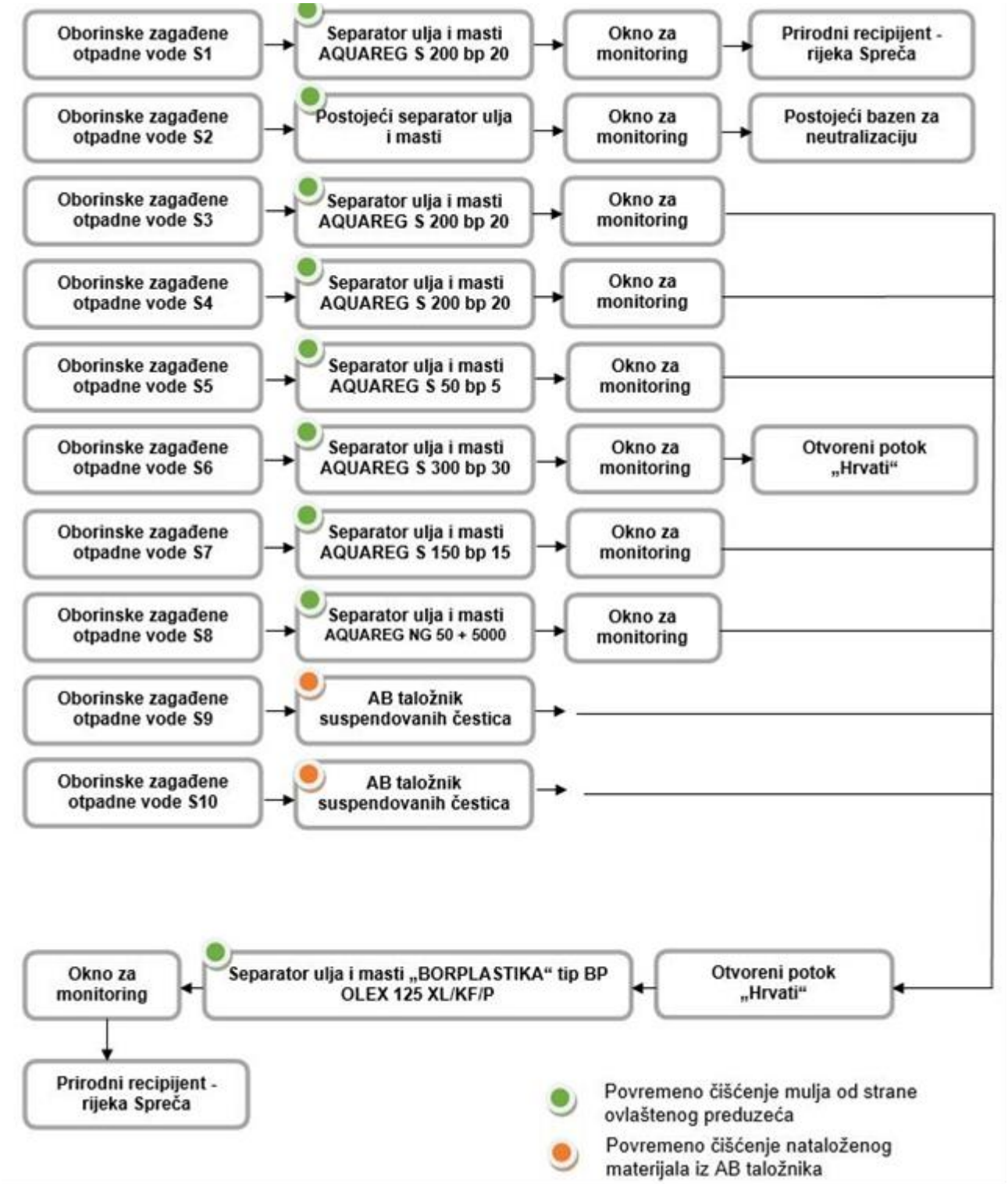
Na osnovu datih pretpostavki, pored postojeće kanalizacione mreže, definisane su novoprojektovane dionice za odvodnju oborinskih zagađenih voda. Dionice su formirane na osnovu sljedećih uslova:

1. Konfiguracija terena, nivelacija i položaj u odnosu na moguće recipijente;
2. Količina i kvalitet oborinskih zagađenih voda, u zavisnosti od namjene površine;
3. Položaj i mogućnost iskorištenja postojećih cjevovoda;
4. Mogućnost iskorištenja postojećih slivnika, rigola i ostalih sistema za prikupljanje oborinske vode.

Zbog velike površine kruga fabrike, konfiguracije terena i velikoj udaljenosti pogona međusobno, projektovano je nekoliko zasebnih sistema za odvodnju oborinskih zagađenih voda, gdje će svaki isprojektovani sistem ići na poseban uređaj za prečišćavanje ovih otpadnih voda i poslije će se neovisno ispuštati u recipijent – potok „Hrvati“. Sva oborinska zagađena voda prečišćena na ovaj način, potokom „Hrvati“ odlazi na dodatni tretman na uređaj-separator ulja i masti „BORPLASTIKA“ tip BP OLEX 125 XL/KF/P, nakon toga na reviziono okno i dalje se ovako dodatno prečišćene ove otpadne vode ispuštaju u rijeku Spreču.
Projektovani su i usvojeni su različiti uređaji za prečišćavanje oborinskih zagađenih otpadnih voda po isprojektovanim sistemima odvodnje, a tačni nazivi i karakteristike ovih uređaja, kao i uređaja za dodatni tretman „BORPLASTIKA“ tip BP OLEX 125 XL/KF/P, su dati u nastavku, u predmjeru radova i na grafičkim prilozima.

Prikupljanje, odvodnja i tretman oborinskih voda sa lokaliteta deponija uglja i koksa je koncipirano na način da oborinske vode sa ovih lokaliteta odvode AB optočnim kanalima gravitaciono (zahvaljujći povoljnoj nivelaciji terena), a potom odvode na tretman u AB taložnik čije su geometrijske karakteristike prikazane na grafičkim prilozima. AB taložnici na deponijama uglja i koksa su istih geometrijskih karakteristika zbog relativo iste slivne površine i približnih površina samih deponija. Preliv iz navedenih taložnika odlazi u potok Hrvati, putem kojeg odlazi na dodatni tretman na uređaj separator ulja i masti „BORPLASTIKA“ tip BP OLEX 125 XL/KF/P, a nakon toga na reviziono okno i dalje se ispušta u rijeku Spreču.

Objedinjena šema rješenja tretmana oborinskih zagađenih otpadnih voda na lokalitetu fabrike „GIKIL“ d.o.o. Lukavac:



Slika 4 - Objedinjena šema rješenja tretmana oborinskih zagađenih otpadnih voda na lokalitetu fabrike „GIKIL“ d.o.o. Lukavac (Glavni projekat prikupljanja, odvodnje i tretmana sanitarno-fekalnih i oborinskih zagađenih otpadnih voda sa lokaliteta fabrike „Global Ispat Koksna Industrija“ d.o.o. Lukavac, mart 2019.godine)

VODA U TEHNOLOŠKIM PROCESIMA TERMOELEKTRANE „TUZLA“

WATER IN TECHNOLOGICAL PROCESSES OF „TUZLA“ THERMAL POWER PLANT

dr sc. Izet Džananović, dipl. ing. el.
JP Elektroprivreda d.d. – Sarajevo
Podružnica Termoelektrana „Tuzla“
Ul. 21. april broj 4, BiH -– Tuzla

Ramo Ibrišević, dipl. ing. mašinstva
JP Elektroprivreda d.d. – Sarajevo
Sektor za pripremu i izgradnju novih TE
Vilsonovo šetalište 15, BiH - Sarajevo

Sažetak: U današnje vrijeme, energija vode se u značajnoj mjeri koristi u energetskom sektoru, na način da se različitim postupcima transformacije, u namjenski izgrađenim energetskim postrojenjima, kao što su: kotlovi, turbine i generatori, pretvara u toplotnu i električnu energiju. Voda, kao prirodni resurs, u Termoelektrani ”Tuzla” se koristi u različite namjene kao što su:

- radni fluid parnih kotlova i turbina,
- fluid u blokovskom rashladnom sistemu i sistemu tehničkog hlađenja,
- nosilac toplotne energije sistema daljinskog grijanja gradova Tuzla i Lukavac,
- industrijska para u tehnološkim procesima Solane Tuzla, Dite Tuzla i Ytong Tuzla,
- transportni fluid u hidrauličkom transportu šljake i pepela na odlagalište produkata procesa Termoelektrane „Tuzla”.

U cilju smanjenja emisije onečišćenih voda u recipijent i smanjenja potrošnje vode u tehnološkom procesu, Termoelektrana “Tuzla” je realizirala projekat „Zatvoreni ciklus i tretman otpadnih voda u Termoelektrani „Tuzla“ u Tuzli“. Realizacijom navedenog projekta ostvareni su značajni ekološki i ekonomski efekti, i prema trenutnim saznanjima ovakav projekat je jedinstven u regionu. U radu je prezentiran tehnološki sistem voda u Termoelektrani Tuzla, sa posebnim osvrtom na Sistem hidrauličkog transporta i odlaganja produkata tehnološkog procesa.

Ključne riječi: voda, otpadna voda, emisija, odlaganje, zaštita okoliša, transport produkata sagorijevanja.

Abstract: Nowadays, water energy is used to a significant extent in the energy sector by converting into heat and electricity via various transformation processes in purpose-built power plants such as boilers, turbines and generators.Water as a natural resource in Tuzla Thermal Power Plant is used for various purposes as:

- operation fluid of the steam boilers and turbines ,
- fluid in the block cooling system and the system for technical cooling,
- the heat energy carrier of district heating systems in places Tuzla and Lukavac,
- industrial steam in the technological processes of Solana Tuzla, Dita Tuzla and Ytong Tuzla,
- transportation fluid in hydraulic transportation of slag, ashes to the landfill of products of Tuzla TPP.

With aim to reduce emissions of the polluted water into recipient and reduction of water consumption in technological process, TPP „ Tuzla“ has implemented the project „Closed Cycle and Waste Water Treatment”. By implementation of the mentioned project significant environmental and economic effects have been achieved, and according to current knowledge, such a project is unique in the region. This paper presents the water technological system at the Tuzla Thermal Power Plant with special reference to the Hydraulic Transport System and disposal of technological process products.

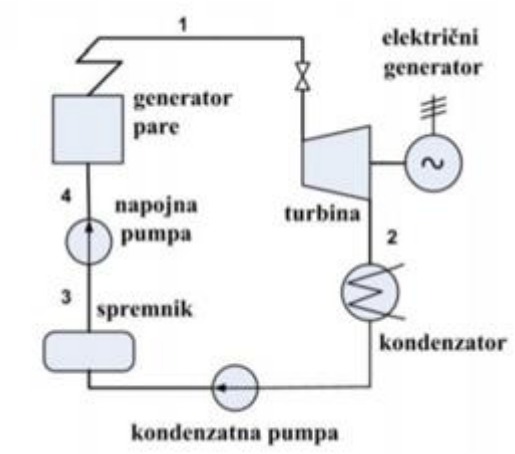
Key words: water, waste water, emission, disposal, environmental protection, transport of combustion products.

1 UVOD

Od nastanka, čovjek je vodu koristio za zadovoljenje osnovnih životnih potreba, a u toku razvoja čovječanstva energija vode se koristila za navodnjavanje i pokretanje različitih mehaničkih naprava, kao što su: vodenice, mlinovi, dizalice, liftovi i sl.
Hemijski čista voda predstavlja jedinjenje vodonika i kiseonika. Mada se voda u prirodi nalazi u ogromnim količinama, potpuno čiste vode u prirodi nema. Voda, prema svom porijeklu može biti: atmosferska, površinska i podzemna.
U zavisnosti od odnosa količine kationa i aniona, voda može biti: kisela, neutralna i bazna. Prirodna voda uvijek sadrži izvjesnu količinu primjesa koje se, u zavisnosti od namjene, moraju u većoj ili manjoj mjeri ukloniti.
Primjese u vodi se mogu razvrstati u tri grupe i to: mehaničke, koloidne i rastvorene. Za rad termoenergetskih postrojenja neophodno je proizvesti dovoljne količine kvalitetne vode, a to je moguće primjenom razvijenog tehnološkog procesa koji podrazumijeva prilagođavanje karakteristika vode tehnološkim zahtjevima vodeno-parnog ciklusa.
Termoelektrane su energetska postrojenja u kojima se:

- hemijska energija goriva, sagorijevanjem goriva u kotlu, transformiše u toplotnu energiju pare,
- toplotna energija pare, u turbini transformiše u mehaničku energiju i
- mehanička energija, u generatoru transformiše u električnu energiju.

Za potrebe parno – turbinskog postrojenja, neophodno je obezbijediti kontinuirano snabdijevanje vodom, što se najščešće realizira uzimanjem vode iz obližnjeg mora, jezera ili rijeke, a nakon korištenja u parno-turbinskom ciklusu voda se vraća u izvor iz kojeg je uzeta.
Vodena para, proizvodena u parnom kotlu, sadrži unutarnju toplinsku energiju, i nakon prolaska kroz turbinu, para se odvodi u kondenzator gdje oduzimanjem topline kondenzira u vodu i pomoću napojnih pumpi ponovo vodi u kotao.
Vodno – parni kružni tok termoenergetskog procesa, prikazan je na Slici 1.



Slika 1. Kružni ciklus voda-para

Voda, koja se koristi u parno-turbinskom ciklusu termoelektrana, je relativno skupa, jer je vodu koja se zahvata iz prirodnih resursa potrebno pripremiti za upotrebu u proizvodnom ciklusu, što podrazumijeva čišćenje vode od: mehaničkih primjesa, soli, željeza i kalcija i drugih primjesa koje negativno utiču na proces.
Svaka termoelektrana obavezno posjeduje:

- postrojenje za pripremu vode, u kome se odvijaju tehnološki procesi pripreme vode,
- specijalne laboratorije za kontrolu kvaliteta vode,
- opremu za monitoring procesa i postrojenja (cjevovodi, kotlovski sistem, turbinski sistemi dr.)

2 PROIZVODNJA I DISTRIBUCIJA VODE U TERMOELEKTRANI "TUZLA"

Termoelektrana "Tuzla" se vodom snabdijeva iz vještačke hidroakumulacije Modrac. Hidroakumulacija Modrac, najznačajniji vodni resurs Tuzlanskog kantona, formirana je 1964. godine izgradnjom brane u tjesnacu Modrac, a formiraju je rijeke Spreča i Turija sa pritokama.

Iz hidrokumulacije Modrac se u prosjeku obezbjeđuje 2,30 m3/sek vode za potrebe stanovništva i privrednih kapaciteta i 4,70 m3/sek kao hidrobiološki (vodoprivredni) minimum u rijeci Spreči nizvodno od Modraca. U periodu eksploatacije od preko 50 godina u hidroakumulaciju je unešeno oko 13 x 106 m3 nanosa, čime je smanjena korisna zapremina hidroakumulacije, pogoršan kvalitet vode u hidroakumulaciji i smanjenja ukupno raspoloživa količina vode za korisnike.
Za dopremanje vode iz hidroakumulacije Modrac do Termoelektrane "Tuzla", ispod brane je izgrađena pumpna stanica, sa pripadajućom infrastrukturom.

Voda se od hidroakumulacije transportuje cjevovodima DN700 i DN800 u bazen sirove vode, u krugu Termoelektrane "Tuzla", u kome se iz vode izdvaja krupni talog. Voda, iz koje je izdvojen krupni talog, pumpama se distribuira prema slijedećim tehnološkim procesima:

- Hemijska priprema vode,
- Hidraulički transport šljake i pepela,
- Sistem protivpožarne zaštite
- Ostale potrebe (sapiranja površina, ispiranja instalacija i slično)

U Stanici za hemijsku pripremu vode vrši se tretman sirove vode i dobija:

- dekarbonizovana voda za rashladne sisteme,
- demineralizovana voda za proizvodnju pare u kotlovskim postrojenjima i
- omekšana voda za sisteme daljinskog grijanja.

➢ DEKARBONIZOVANA VODA

Za pripremu rashladne i kotlovske napojne vode, vrši se dekarbonizacija i filtracija sirove jezerske vode, u reaktorima od 600 m3/h i 1.800 m3/h.
Uređaj za dekarbonizaciju krečom sastoji se od reaktor bazena i od bazena oksidacije. Iz bazena sirove vode, voda se odvodi do bazena za oksidaciju. U bazenu oksidacije se u vodu dozira 3% rastvor krečnog mlijeka i odvija hemijska reakcija. Iz bazena oksidacije se nefiltrirana voda dovodi do reaktora iz kojeg se filtrirana voda preko protočne ivice vodi u otvoreni pješčani filter, a zatim u bazen dekarbonizovane vode. Dekarbonizovana voda se dalje upotrebljava kao rashladna voda za rashladne sisteme kao i za pripremu kotlovske napojne vode.









Slika 2. Bazeni za hemijsku pripremu vode (reaktor 1800 m3/h)

Otpadna voda iz procesa dekarbonizacije je zamuljena voda, koja nastaje kao posljedica periodičnog odmuljenja reaktora i periodičnog pranja filtera. Zamuljena voda se ispušta u bazen otpadnih voda i koristi u sistemu hidrauličkog transporta produkata procesa na odlagalište.

➢ DEMINERALIZOVANA VODA

Nakon dekarbonizacije voda se, pomoću pumpi, usmjerava u kolone za demineralizaciju. Kolone za

demineralizaciju su napunjene jonoizmjenjivačkom masom i iste prerađuju dekarbonizovanu vodu u demineralizovanu vodu. Kolona se sastoji od tri jonoizmjenjivača:

- anionskog (jako baznog),
- kationskog (jako kiselog) i
- miješanog.

Demineralizovana voda se u najvećem obimu koristi u kotlovima za proizvodnju pare za pokretanje turbine i za dopunu kontrolisanih i nekontrolisanih gubitaka u sistemu voda-para.

Pored navedenog, demineralizovana voda se koristi i kao rashladni medij u sistemima koji zahtijevaju izuzetno visoku čistoću vode i posebne hemijske karakteristike (provodljivost) kao što je npr. hlađenje namotaja statora generatora ili hlađenje ležajeva rostova.

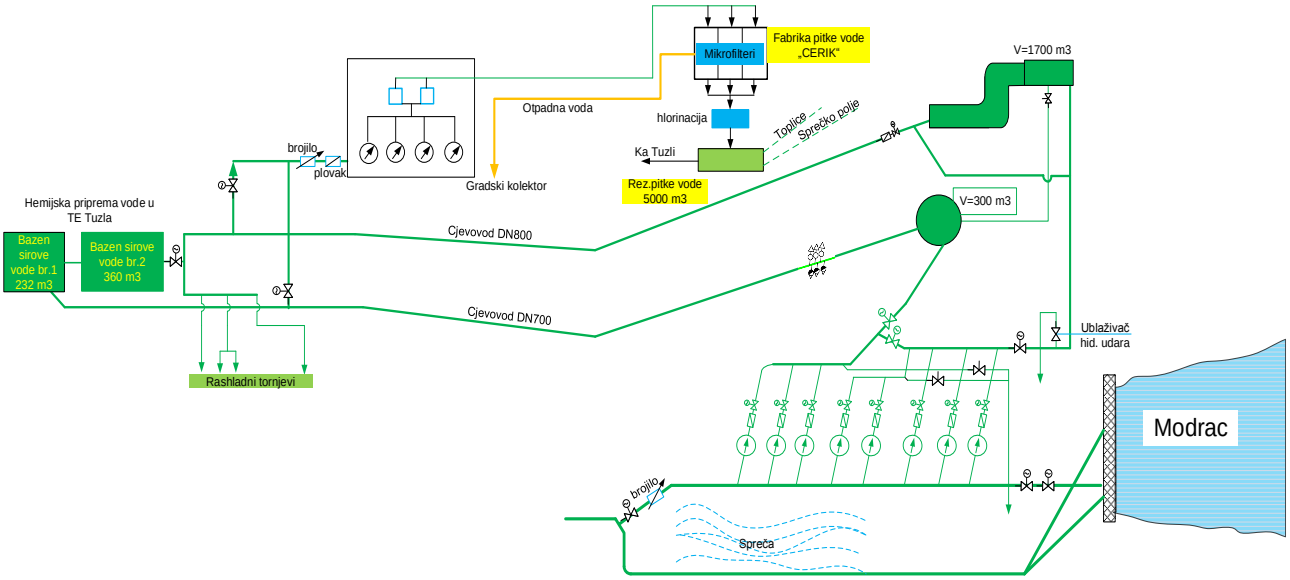
U sistemu voda-para, za uklanjanje kiseonika iz vode primjenjuje se termička obrada i kondicioniranje hidrazinom, a za prilagođavanje tvrdoće u procesu isparenja kotlovska voda se kondicionira trinatrijumfosfatom.

U postrojenju demineralizacije nalaze se i kolone za regeneraciju osnovnog kondenzanta. Nakon demineralizacije, voda se odvodi u spremnike-rezervoare, pomoću kojih je osigurano kontinuirano snabdijevanje tehnološkog procesa demineralizovanom vodom.

➢ OMEKŠANA VODA

Radni fluid u primarnom dijelu sistema daljinskog grijanja grada Tuzle i Lukavca iz TE "Tuzla" je mrežna voda, koja je u suštini omekšana voda, koja se proizvodi u jonoizmjenjivačkim kolonama i u kojima se za regeneraciju koristi otopina natrijum hlorida (NaCl). Mrežna voda se dodatno kondicionira trinatrijumfosfatom u cilju smanjenja tvrdoće vode, zaštite čeličnih cjevovoda i minimalne korekcije pH vrijednosti.

Na Slici 3. prikazan je tok vode od akumulacije Modrac do hemijske pripreme vode i distribucije vode do potrošača.



Slika 3. Tokovi vode od hidroakumulacije Modrac do izlaza iz tehnoloških procesa TE "Tuzla"

3 TRANSPORT PRODUKATA TEHNOLOŠKIH PROCESA U TERMOELEKTRANI "TUZLA"

Transport produkata tehnoloških procesa u svakoj termoelektrani se uglavnom dijeli na unutrašnji i vanjski transport.

3.1 UNUTRAŠNJI TRANSPORT ŠLJAKE I PEPELA

U kotlovskim postrojenjima Termoelektrane "Tuzla" koristi se sprašeni ugalj, koji se u kotao ubacuje putem ventilatorskih mlinova sa udarnim pločama. Čvrsti ostaci sagorijevanja su pepeo i šljaka. U lijevkovima kotlova 5 i 6 instalisane su rešetke za dogorijevanje nesagorjelog uglja u letu što bitno utiče na stepen iskorištenja kotlovskog postrojenja, odnosno bloka

3.1.1. TRANSPORT ŠLJAKE I PEPELA ISPOD EKONOMAJZERA

U procesu sagorijevanja uglja, u lijevak kotla se sakuplja šljaka koja se lančanim transporterima transportuje do drobilice. U drobilici se šljaka drobi na određenu granulaciju i obara u otvoreni kanal sa

hidrauličkim mlaznicama, te se pod visokim pritiskom vode šljaka odvodi u bazene bager stanica.
Kotlovski pepeo, koji se sakuplja u koševima, transportuje se cjevovodom do hidromješača, a zatim obara u kanal i zajedno sa šljakom transportuje do bager stanice.

3.1.2. TRANSPORT PEPELA IZ ELEKTROFILTERA

U transportu dimnih gasova kroz elektrofiltersko postrojenje, izdvaja se značajna količina elektrofilterskog pepela u koševima ispod elektrofiltera. Jedan dio elektrofilterskog pepela se transportuje hidrauličkim sistemom do bager stanice, a drugi dio pneumatskim sistemom u silose za pepeo.
Odnos razdvajanja elektrofilterskog pepela, za transport u silose i na deponiju, zavisi od potražnje kupaca pepela i limitiran je kapacitetom silosa za elektrofilterski pepeo.

3.2. VANJSKI TRANSPORT ŠLJAKE I PEPELA

Osnovni koncept vanjskog transporta produkata procesa je hidraulički transport na Odlagalište Jezero. Za transport produkata procesa instalisane su dvije bager stanice. Jedna je namijenjena za prihvat i transport šljake i pepela blokova tri i četiri, a druga za prihvat i transport šljake i pepela blokova pet i šest.
Za privremeno skladištenje elektrofilterskog pepela i isporuku kupcima Termoelektrana ”Tuzla” je izgradila dva silosa za pepeo zapremine 1570 m3 i 3000 m3 u koje se transportuje i skladišti elektrofilterski pepeo blokova četiri, pet i šest. Šljaka, kotlovski pepeo i elektrofilterski pepeo bloka tri se ne koriste u komercijalne svrhe i kontinuirano se transportuju hidrauličkim sistemom na odlagalište.

4 OTPADNE VODE U TERMOELEKTRANI “TUZLA”

Vode u Termoelektrani „Tuzla” se, prema hemijskim karakteristikama i namjeni, kategorišu u četiri kategorije:

- Tehnološke otpadne vode:
- otpadne vode hidrauličkog transporta produkata procesa,
- otpadne vode hemijske pripreme vode,
- otpadne vode nastale u glavnom pogonskom objektu,
- Zauljene otpadne vode,
- Sanitarne otpadne vode (vode sanitarnih čvorova i vode restorana društvene ishrane)
- Oborinske otpadne vode (razdvojene od kanalizacione mreže).

4.1. TEHNOLOŠKE OTPADNE VODE

4.1.1. OTPADNE VODE HIDRAULIČKOG TRANSPORTA PRODUKATA PROCESA_PRETHODNO STANJE

Otpadne vode nastaju kao posljedica primjene hidrauličkog transporta produkata procesa. Mješavina produkata procesa i vode u odnosu 1:7 do 1:15, se pomoću bager pumpi i cjevovoda transportuje na Odlagalište Jezero, koje je od Termoelektrane “Tuzla” udaljeno 3 km.
Na odlagalištu se odvija proces prirodne dekantacije. Dekantirana voda je preko brane, putem otvorenih odvodnih kanala, ispuštana u recipijent (rijeka Jala).
Hidraulički transport produkata procesa je najveći izvor otpadnih voda u Termoelektrani „Tuzla”.

4.1.2. OTPADNE VODE IZ POSTROJENJA HEMIJSKE PRIPREME VODE

U procesu hemijske pripreme vode nastaju:

- otpadne vode iz procesa dekarbonizacije, kao posljedica odmuljenja reaktora, pranja pješčanih filtera i pripreme hemikalija, koje se koriste u postupku dekarbonizacije, otpadne vode iz procesa demineralizacije, kao posljedica regeneracije, ispiranja ionoizmjenjivačkih kolona i odsoljavanja kotlova.
- otpadne vode iz procesa omekšavanja, kao posljedica regeneracije i ispiranja ionoizmjenjivačkih kolona.

4.1.3. OTPADNE VODE NASTALE U GLAVNOM POGONSKOM OBJEKTU

Otpadne vode glavnog pogonskog objekta čine:

- otpadne vode iz kotlovskih postrojenja: otpadne vode nastale pri unutrašnjem transportu šljake i pepela, otpadne vode od odsoljavanja i odmuljivanja kotlova, otpadne vode od mokrog pranja zagrijača zraka i dimne strane kotlova,
- otpadne vode iz kondenzacije: razni prelivi, vode od hlađenja, prljava drenaža kondenzacije (ova voda je i zauljena), čista drenaža kondenzacije, otpadne vode od preljeva i odmuljenja rashladnih tornjeva i
- otpadne vode nastale na dopremi uglja.

4.2. ZAULJENE OTPADNE VODE

Zauljene otpadne vode su:

- vode iz radionice teških mašina dopreme uglja i sa platoa ispred radionice,
- zauljene vode od pranja buldožera dopreme uglja,
- zauljene vode glavnog pogonskog objekta (sa kote -3 m i kote 0 m),
- zauljene vode mazutne stanice,
- zauljene vode iz radionice za održavanje lokomotiva i prostora oko prijema i točenja tečnih goriva za buldožere.

Za tretman zauljenih voda: mazutne stanice, radionice za teške mašine dopreme uglja, prostora oko prijema i točenja tečnih goriva za buldožere i remize za održavanje lokomotiva ugrađeni su odvajači ulja i masti (koalescentni ulošci u separatorima) sa garantovanim izlaznim kvalitetom vode koji sadrži manje od 5 mg ulja/l.
Zauljene vode iz glavnog pogonskog objekta i jama ispod blokovskih transformatora prolaze preko filterskih uložaka, na kojima se izdvajaju masti i ulja. Čista voda se prelijeva u šaht odakle se pumpom usmjerava u bazen rashladnog tornja br. 2 (RT2).

4.3. SANITARNE OTPADNE VODE

Otpadne vode sanitarnih čvorova glavnog pogonskog objekta se prikupljaju pomoću septičkih jama, a vode ostalih sanitarnih čvorova i vode iz restorana društvene ishrane se, preko mastolova, odvode u biorotor. Za tretman sanitarne vode ugrađena su dva biorotora kapaciteta 2 x 500 ES, od kojih je jedan u radu, a drugi je rezerva. Efluent od ovih otpadnih voda se ispušta u glavni kolektor otpadnih voda, a zatim u bazen otpadnih voda na HPV-e odakle se pomoću pumpi prebacuju u bazen RT2.

4.4. OBORINSKE OTPADNE VODE

Oborinske vode se odvode u glavni kolektor otpadnih voda, a zatim u bazen otpadnih voda na HPV-e, odakle se pomoću pumpi prebacuju u bazen RT2.

5 ZATVORENI CIKLUS I TRETMAN OTPADNIH VODA

Imajući u vidu velike količine i narušen kvalitet voda, koji se pojavljuju u procesima Termoelektrane „Tuzla”, kao i zakonske uvjete za ispuste onečišćenih i zaprljanih voda, Termoelektrana „Tuzla” je relizirala projekat „Zatvoreni ciklus i tretman otpadnih voda u TE Tuzla”.
Jedan od osnovnih preduvjeta, za usvajanje koncepta rješenja tretmana otpadnih voda, koje nastaju u TE "Tuzla", proizilazi iz važećih zakonskih propisa u oblasti vodoprivrede, posebno u dijelu zaštite voda.

Zaštita voda, uglavnom je regulirana slijedećim zakonskim propisima:

- Važećom zakonskom regulativom o vodama,
- Uredbom o kategorizaciji vodotoka,
- Uredbom o klasifikaciji voda i voda obalnog mora u granicama SR BiH,
- Uredbom o opasnim i štetnim materijama u vodama,
- Pravilnikom o graničnim vrijednostima opasnih i štetnih materija za vode koje se nakon prečišćavanja iz sistema javne kanalizacije ispuštaju u prirodni prijemnik voda i
- Pravilnikom o graničnim vrijednostima opasnih i štetnih materija za tehnološke otpadne vode prije ispuštanja u sistem javne kanalizacije odnosno drugi prijemnik.

Obzirom na: "kritične pokazatelje" otpadnih voda TE "Tuzla", utvrđene granične vrijednosti pokazatelja i dozvoljene granične vrijednosti koncentracija opasnih i štetnih materija za otpadne vode koje se ispuštaju u recipijent, efluent otpadnih voda treba da ima kvalitet prema Tabeli 1.

Tabela br. 1. Uvjetovani kvalitet efluenta otpadnih voda TE "Tuzla"

Red. Broj	Pokazatelji kvaliteta	Jedinica mjere	Granične vrijednosti
1.	Temperatura vode	^oC	30
2.	pH vrijednost	-	6,0-9,0
3.	Taložive materije	ml/l	0,5
4.	Ukupne suspendirane materije	mg/l	35
5.	BPK_5	mgO_2/l	25
6.	KPK-Cr	mgO_2/l	125
7.	Ukupni azot (N)	mg/l	10
8.	Ukupni fosfor (P)	mg/l	1,0
9.	Kloridi	mg/l	200
10.	Sulfati	mg/l	200
11.	Mineralna ulja	mg/l	5,0
12.	Ukupna ulja i masti	mg/l	20
13.	Deterdženti	mg/l	1,0
14.	Toksikološki bioogled (Daphnia magna Straus), 48h EC50	% otpadne vode u razblaženju	> 50

5.1. OPIS POSTROJENJA ZATVORENOG CIKLUSA OTPADNIH VODA

Transport produkata procesa (šljaka i pepeo) svih blokova u Termoelektrani "Tuzla" se odvija hidrauličkim putem pomoću bager pumpi i cjevovoda na Odlagalište Jezero.
Odlagalište Jezero je izgrađeno u prirodnoj kotlini potoka Jezero sa vještačkom branom, locirano na terenu ispod kojeg je vršena podzemna eksploatacija uglja, tako da se prilikom izgradnje odlagališta maksimalno vodilo računa o uticaju odlagališta na rudarske prostorije u zoni odlagališta, kao i na nivo podzemnih voda.

Prije realizacije projekta „Zatvoreni ciklus i tretman otpadnih voda" voda se, nakon taloženja šljake i pepela na odlagalištu, prelijevala u sabirni kanal i gravitacijski odvodila u recipijent, rijeku Jalu.

Jedna od bitnih karakteristika vode, koja se izdvaja iz mješavine, je visoka pH vrijednost koja doseže i do pH=13.

Osnovna ideja ovog projekta je da se otpadna voda sa odlagališta, koja je najzagađenija i količinski najveća, vraća u sistem hidrauličkog transporta, odnosno spriječi oticanje onečišćene vode u rijeku Jalu.

Gubici vode na odlagalištu se namiruju dodavanjem otpadnih voda iz tehnoloških procesa u Termoelektrani "Tuzla".

U eksplotaciji sistema, na opisani način, postoji mogućnost da se u kraćim prelaznim periodima pojavi višak vode. Eventualni višak vode se akumulira na odlagalištu i ostavlja za potrebe sistema u narednom periodu.

Također je važno naglasiti da je posljedica ovakvog načina hidrauličkog transporta stvaranje inkrustacija na cjevovodima za hidraulički transport na odlagalište i povrat vode sa odlagališta.
Za sprečavanje i usporavanje procesa inkrustacije u sistem se ubacuje inhibitor, koji hemijskim djelovanjem usporava proces inkrustacije i održava kapacitet cjevovoda u sistemu. Inhibitor se ubacuje u prihvatnom šahtu ispod brane odlagališta i na zahvatu povratne vode ispred brane, te se na taj način vrši hemijski tretman svih cjevovoda i uređaja u sistemu.

Efekti opisanog projektnog rješenja su smanjenje zagađenja vodotoka rijeke Jale i značajno smanjenje potrošnje svježe vode iz jezera Modrac za prosječno 12,000.000 m3/god.

Na narednim fotografijama prikazani su: izgled odlagališta Jezero, vodena površina koja nastaje nakon taloženja produkata procesa i obodni betonski kanal kroz koji se povratna voda vraća u cjevovod prema TE "Tuzla".



Slika 4. Odlagalište Jezero (snimak pomoću "drona")





Slika 5 i 6.. Odlagalište Jezero



Slika 7. Obodni betonski kanal na odlagalištu za prihvat povratne vode



Slika 7. Rekultivisano odlagalište Jezero I faza (pogled sa odlagališta Jezero)

5.2. TEHNOLOŠKI TOK VODE I RAD UREĐAJA U SISTEMU

Voda se sa odlagališta, kroz zatvoreni betonski kanal i čelični cjevovod dovodi u prihvatni šaht, u kojem je na izlaznoj prirubnici ugrađen ugaoni regulacioni ventil sa AUMA pogonom za održavanje nivoa povratne vode u prihvatnom šahtu.

U prihvatnom šahtu ugrađena je samočisteća automatska rešetka, namijenjena za mehaničko prečišćavanje procijeđene vode sa odlagališta.

Pored šahta nalazi se objekat, u kojem su smješteni kontejneri i pumpe za doziranje inhibitora u cjevovod

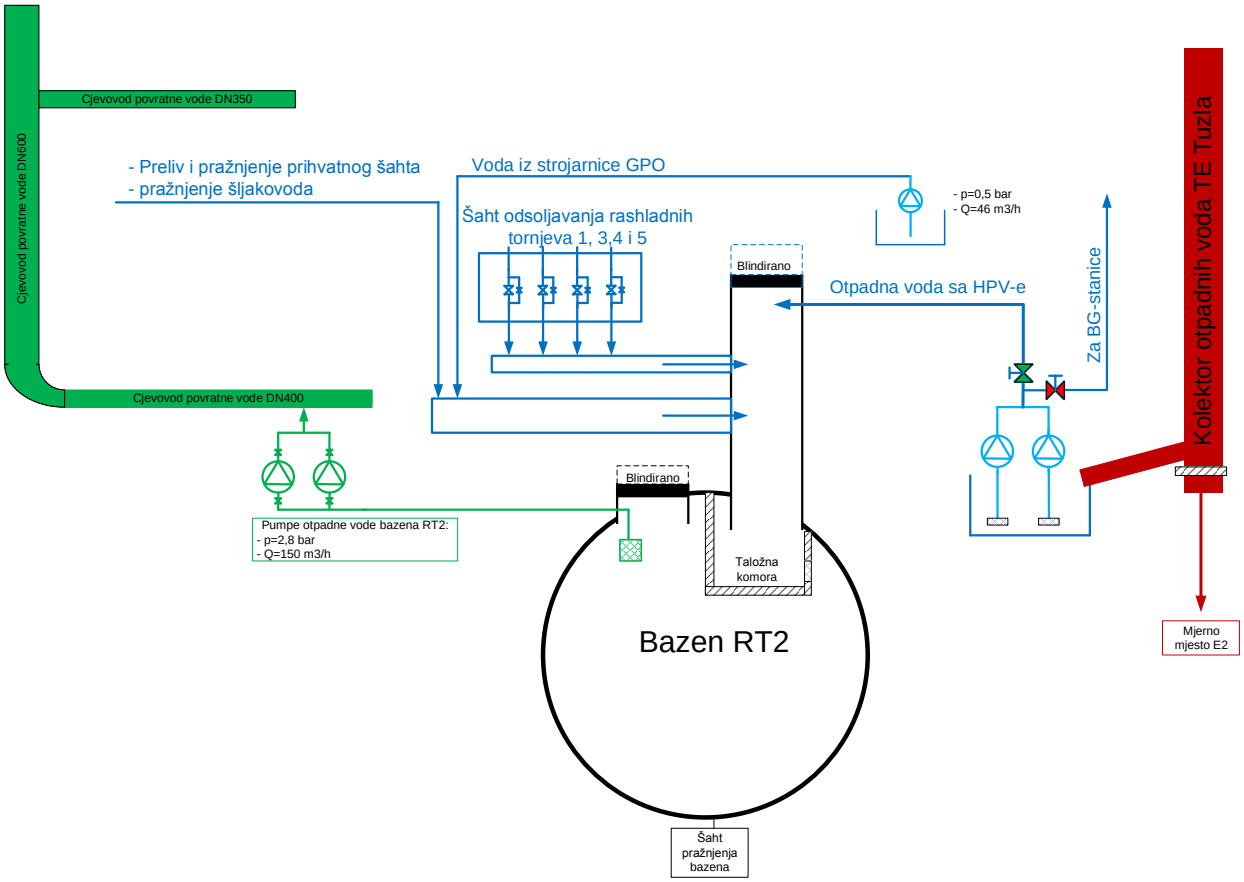
povratne vode, koji sprečava stvaranje naslaga na stjenkama cjevovoda.
Povratna voda se, cjevovodom DN600, gravitaciono dovodi u krug Termoelektrane i to direktno na usisnu stranu pumpi sirove/povratne vode blokova tri i četiri. Na cjevovodu DN600 ugrađeni su automatski odzračni ventili za eliminaciju zraka.
U slučaju potpune obustave potrošnje povratne vode ugaoni ventil zatvara cjevovod povratne vode, a eventualne procjedne vode se putem prelivne cijevi DN350 odvode u bazen RT2, a u ekstremno visokim dotocima preko sigurnosnog preliva DN500 evakuišu u recipijent. Pored prelivnog cjevovoda DN500, u zidu šahta izgrađen je bočni otvor, u nivou gornje ploče prihvatnog šahta, koji omogućava evakuaciju vode iz prihvatnog šahta u slučaju vanrednih situacija, odnosno kada prelivnom cijevi DN500 nije moguće odvesti svu vodu koja dotiče u prihvatni šaht. Također je ispred ugaonog ventila ugrađen kratkospojni ventil DN250 sa ručnim upravljanjem, koji omogućava prihvat povratne vode sa odlagališta u prihvatni šaht bez obzira na stanje i ložaj ugaonog ventila.
Na opisani način osiguran je pouzdan prihvat i odvod svih voda sa odlagališta.

U skladu sa važećom Vodnom dozvolom za Termoelektranu „Tuzla“, u evakuacionom kanalu u rijeku Jalu instaliran je mjerni uređaj za mjerenje eventualno ispuštene vode u Jalu (mjerno mjesto E3) neposredno na mjestu spajanja kanala i korita Jale.



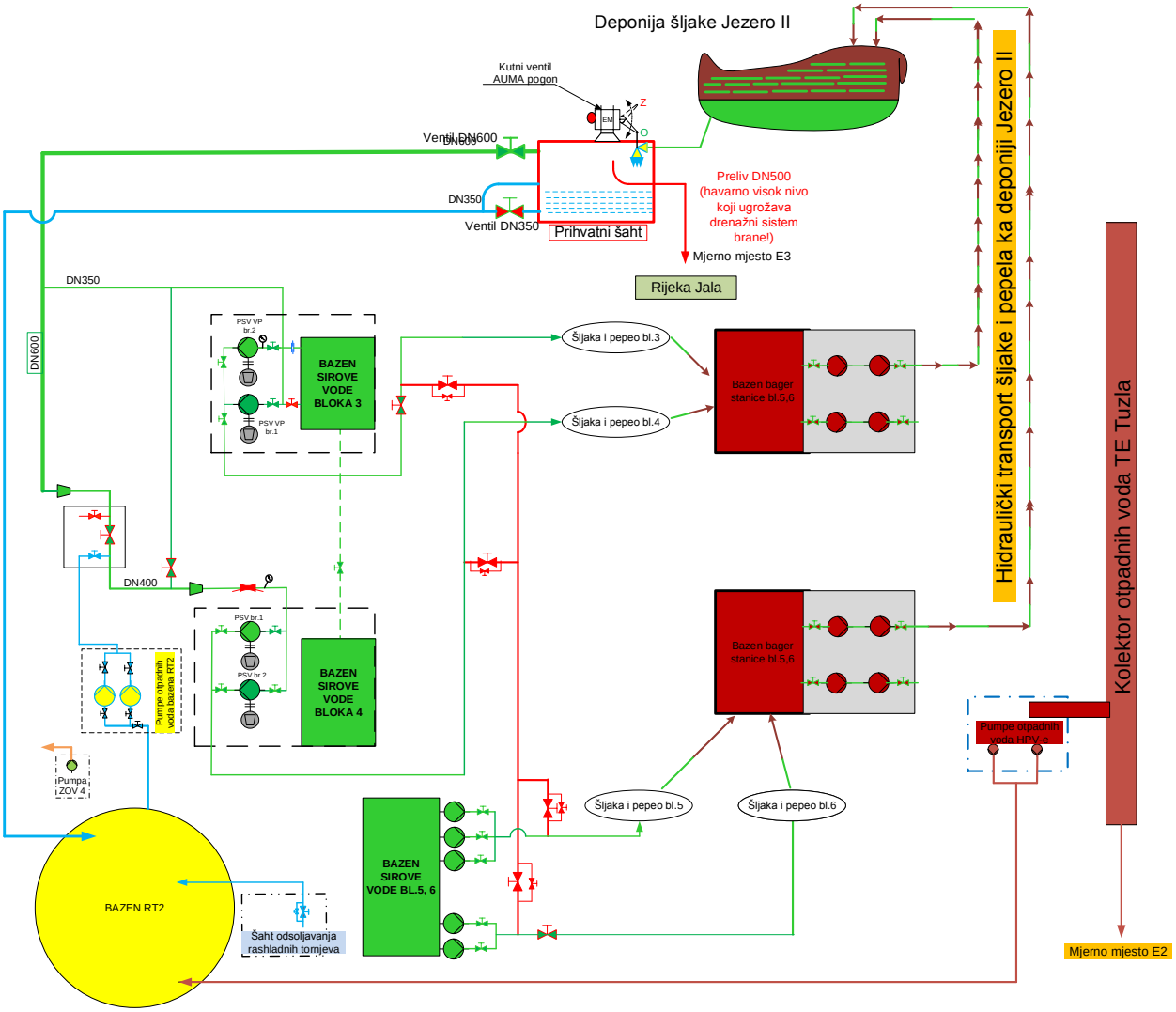
Slika 9. Mjerno mjesto E3_Ispust u recipijent

Otpadne vode koje nastaju u tehnološkom procesu Termoelektrane “Tuzla”, osim hidrauličkog transporta, se separatno tretiraju i odvode u zajednički bazen RT2, kao što je prikazano na Slici10.



Slika 10. Tokovi otpadnih voda u Termoelektrani Tuzla

Na Slici 11. predstavljena je tehnološka šema tokova unutrašnjeg i vanjskog hidrauličkog transoporta produkata procesa i tokova otpadnih voda sa odlagališta i iz kruga Termoelektrane a na Slici 12. dijagramski prikaz zahvata vode iz hidroakumulacije Modrac i ispusta vode iz Termoelektrane "Tuzla" u recipijent u period od 2002 do 2018 godine.



Slika 12. Tehnološka šema tokova unutrašnjeg i vanjskog hidrauličkog transoporta produkata procesa i tokova otpadnih voda sa odlagališta i iz kruga Termoelektrane Tuzla



Slika 13. Dijagramski prikaz zahvata vode iz hidroakumulacije Modrac i ispusta vode iz Termoelektrane "Tuzla"

6 ZAKLJUČAK

Izgradnjom projekta „Zatvoreni ciklus i tretman otpadnih voda u TE „Tuzla" u Tuzli" ostvareni su efekti koji se ogledaju kroz:

- smanjenje potrošnje vode iz hidroakumulacije Modrac, odnosno smanjenje troškova za tehnološku vodu,
- smanjenje/eliminacija emisije onečišćene vode u rijeku Jalu,
- sprečavanje eolskog efekta na deponiji produkata sagorijevanja (podizanje prašine sa deponije pod uticajem vjetra),
- smanjenje troškova za naknade za ispuštenu otpadnu vodu,
- smanjenje troškova čišćenja cjevovoda za hidraulički transport pepela i šljake,
- smanjenje utroška električne energije potrebnih za rad pumpi za zahvat svježe vode sa jezera Modrac,
- smanjenje ukupnog utroška električne energije za hidraulički transport produkata procesa TE „Tuzla".

Ukupni ekonomski efekti izgradnje sistema će se moći sagledati nakon eksploatacije sistema u petogodišnjem periodu, ali početni utvrđeni pozitivni efekti ukazuju na punu opravdanost projekta.

LITERATURA:

- Glavni projekat „Zatvoreni ciklus i tretman otpadnih voda u TE „Tuzla" u Tuzli – ENERGOINVEST d.d. Sarajevo
- Pogonska uputstva za sistem hidrauličkog transporta šljake i pepela u TE „Tuzla"
- Pogonsko uputstvo korištenja povratne vode u TE „Tuzla"

MORFOLOŠKE PROMJENE KORITA RIJEKE ŽELJEZNICE NA PODRUČJU SARAJEVSKOG POLJA

MORPHOLOGICAL CHANGES OF THE RIVERBED OF ŽELJEZNICA RIVER IN THE AREA OF THE FIELD „SARAJEVSKO POLJE“

Nerma Lazović, dipl.ing.
Građevinski fakultet
Univerziteta u Sarajevu,
Patriotske lige 30
nerma.lazovic@gf.unsa.ba

Prof.dr Emina Hadžić,
dipl.ing.
Građevinski fakultet
Univerziteta u Sarajevu,
Patriotske lige 30
emina_hadzic@gf.unsa.ba

Prof.dr Ferid Skopljak
Federalni zavod za geologiju BiH,
Ustanička 11, Ilidža
ferid.skopljak@fzzg.gov.ba

Sažetak: Poznavanje morfologije riječnog korita predstavlja veliki izazov za naučnike i inženjere obzirom da se uspješnost inženjerskih rješenja i drugih aktivnosti iz oblasti riječne hidrotehnike zasniva na pravilnom razumjevanju morfoloških karakteristika vodotoka i njegove reakcije na nametnute promjene. S tim u vezi, u radu je prikazana analiza morfoloških promjena korita rijeke Željeznice na području Sarajevskog polja kao i kratak pregled evolucije Sarajevskog polja na geološkoj vremenskoj skali. Područje Sarajevskog polja, obzirom na svoju važnost u pogledu vodosnadbijevanja grada Sarajeva, od 60tih godina do danas bilo je predmet brojnih hidroloških, geoloških i hidrogeoloških istraživanja. Sva prethodna istraživanja, kao i aktuelna poslužila su da se da sistematski prikaz i metodologija istraživanja morfoloških promjena riječnog korita primjenom terenskih, laboratorijskih i numeričkih istraživanja.

Ključne riječi: morfološke promjene, rijeka Željeznica, „Sarajevsko polje“

Abstract: Knowledge of river bed morphology is a great challenge for scientists and engineers since the success of engineering solutions and other activities in the field of river hydrotechnics is based on a proper understanding of the morphological characteristics of the watercourse and its response to the imposed changes. In this regard, the paper presents an analysis of the morphological changes of the Željeznica river bed in the area of the field „Sarajevsko polje“, as well as a brief overview of the evolution of the field „Sarajevsko polje“ on a geological time scale. The area of the field „Sarajevsko polje“, given its importance in terms of water supply to the city of Sarajevo, has been the subject of numerous hydrological, geological and hydrogeological studies since the 1960s. All previous research, as well as current research, has been used to provide a systematic presentation and methodology of research of morphological changes of the river bed using field, laboratory and numerical research.

Key words: morphological changes of riverbed, Željeznica river, field „Sarajevsko polje“

1 UVOD

Poznavanje morfologije riječnog korita predstavlja veliki izazov za naučnike i inženjere obzirom da se uspješnost inženjerskih rješenja i drugih aktivnosti iz oblasti riječne hidrotehnike zasniva na pravilnom razumjevanju morfoloških karakteristika vodotoka i njegove reakcije na nametnute promjene. Morfološke promjene riječnog korita predstavljaju složen prirodni proces jer su rezultat djelovanja različitih faktora a prije svega hidroloških i hidrauličkih karakteristika vodotoka, karakteristika slivne površine, antropogenih aktivnosti na slivu, karakteristika riječnog nanosa, te meteoroloških čimbenika.

Korito aluvijalnog vodotoka je u procesu stalnog prilagođavanja promjenama protoka vode i nanosa, kao i promjenama vodnog režima. Uzroci promjena mogu biti prirodne pojave i vještačke – odnosno promjene uslijed različitih ljudskih aktivnosti. Kada se na bilo koji način poremeti ravnoteža hidrauličko-psamološkog režima vodotoka, njegova se reakcija u pravcu uspostavljanja novog ravnotežnog stanja manifestuje deformacijom korita - erozijom ili zasipanjem dna, kao i promjenom položaja riječnog korita u horizontalnoj projekciji. [1]

Problemi sa kojima se susrećemo u inženjerskoj praksi, a čije se rješavanje zasniva na morfološkim analizama riječnog korita su brojni, kao npr.: (i) regulacija korita (efekti regulacije i osiguranje funkcije regulacijskih građevina); (ii) erozija korita izazvana prolaskom poplavnog talasa; (iii) regresivna erozija nizvodno od brane; (iv) zasipanja akumulacije; (v) deformacije korita u zoni ušća; (vi) deformacije korita u zoni mostovskih suženja itd.

Problematika morfoloških procesa u riječnim koritima je danas vrlo aktuelna i u Evropi, što potvrđuje uključivanje te problematike u evropsku legislativu poput Evropske vodne direktive (eng. EU Water Framework Directive, WFD), Direktive o poplavama (eng. EU Floods Directive, FD) i Direktive o močvarnim staništima (eng. Waste Water Directive, WWD). U navedenoj legislativi naglasak se stavlja na praćenje kvantitete i kvalitete riječnog nanosa, kreiraju nacionalne i globalne baze podataka i razvoju modela za prognoziranje budućih morfoloških promjena. S tim u vezi su pokrenute inicijative i osnovane organizacije (kao npr. UNESCO-ISI, SED-Net) koje doprinose rješavanju tih pitanja.

U ovom radu je, na primjeru dionice rijeke Željeznice u Sarajevskom polju, dat sistematski prikaz i metodologija istraživanja morfoloških promjena riječnog korita primjenom terenskih, laboratorijskih i numeričkih istraživanja koji ujedno predstavljaju osnovu za razvoj modela za prognoziranje budućih morfoloških promjena. Osim toga, dat je kratki pregled morfoloških promjena Sarajevskog polja na geološkoj vremenskoj skali.

2 NASTANAK SARAJEVSKOG POLJA

Evolucija Sarajevskog polja započinje prije 2 000 000 godina što na geološkoj vremenskoj skali odgovara kvartarskom periodu. Kvartar obuhvata vremenski period od kraja pliocenske epohe a traje sve do danas. U okviru kvartara su pleistocenska i holocenska epoha.

Karakteristični događaji u pleistocenu koji su uticali na nastanak Sarajevskog polja su izdizanje planina Igmana i Bjelašnice i zahlađenje uslijed pojave posljednjeg ledenog doba. Izdizanje planina stvorilo je uslove za razvoj glacijacije a spuštanje Sarajevsko-zeničkog basena ubrzalo usijecanje doline rijeke Bosne i formiranje recentne riječne mreže. [8]

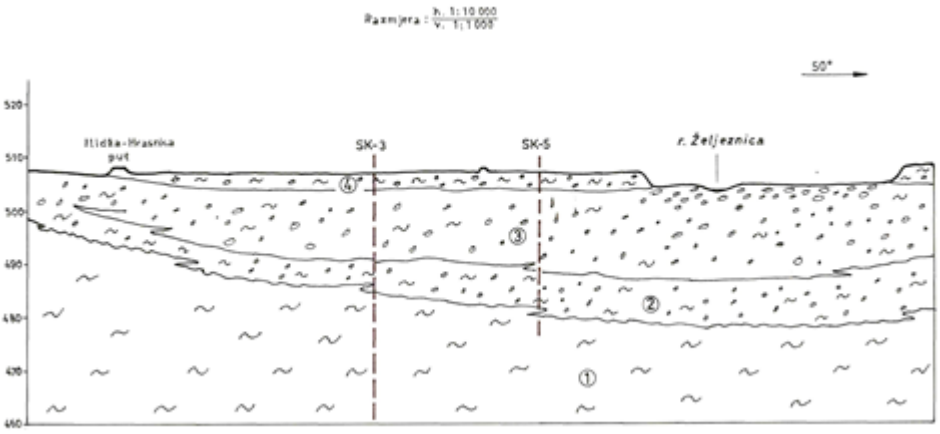
U svim ledenim dobima pa tako i u posljednjem su se smjenjivali periodi zahlađenja, odnosno glacijacija u kojima su se stvarali lednjaci, i topliji periodi, odnosno interglacijacije u kojima se led topio i povlačio na veće nadmorske visine. U Bosni i Hercegovini su u pleistocenu bila dva zahlađenja, međusobno odvojena interglacijalim fazama, od kojih je jedno bilo prostrano, dok je drugo bilo srazmjerno neznatno. Starije zahlađenje je zahvatilo prostor današnjeg Sarajevskog polja, sa donjom granicom snijega od oko 1.000 m nadmorske visine ili još dublje, a kod mlađeg, «ograničenog» zahlađenja, prosječna granica snijega je iznosila oko 1650 do 1700 m. Tragovi posljednje, virmske glacijacije sačuvani su na planini Bjelašnici, sjeveroistočno od grebena obilježenog vrhovima Opservatorij (k.2067) i Vlahinja (k.2056). Glacijalne naslage su taložene u depresiji formiranoj duž rasjeda koji razdvaja Igman od Bjelašnice. Na ovim terenima se, pored većeg broja erozionih glacijalnih oblika (cirkovi, valovi), pojavljuju i akumulativni glacijalni oblici izgrađeni od morenskog materijala.

Krajem pleistocena nastaje opšte otopljavanje Zemlje koje je uticalo na nestajanje lednika na ovim prostorima. Otapanjem lednika, topljenjem snijega i odmrzavanjem tla, stvorene su velike količine podzemnih i površinskih voda koje su, zajedno sa ostalim egzogenim agensima, uzrokovale povećanu eroziju stijenskih masa. Time su u široj okolini proučavanog terena stvarani različiti genetski tipovi subakvalnih i subarealnih naslaga, među kojima su najznačajnije aluvijalne, koluvijalne, deluvijalne, jezerske i proluvijalne naslage.

Otapanjem lednika stvorene su velike količine vode koje su se akumulirale na području današnjeg Sarajevskog polja te formirale jezero sve do kote Reljevskog praga. Nakon probijanja Reljevskog praga (tjesnaca) prije otprilike 10.000 – 15.000 godina dolazi do formiranja Sarajevskog polja u obliku u kakvom se danas nalazi.

Arheološka nalazišta Butmir iz bronzanog doba svjedoče da je prije oko 4.000 godina na području Sarajevskog polja bilo kopno. [8]

U posljednjih 100 godina u Sarajevskom polju počinje intenzivne antropogene aktivnosti: izgradnja naselja, mostova, eksploatacija podzemne vode iz Sarajevskog polja putem sistema bunara, regulacija rijeke Željeznice, eksploatacija šljunka iz rijeke Željeznice itd. U nastavku je prikazan geološki profil kroz Sarajevsko polje (slika 1).

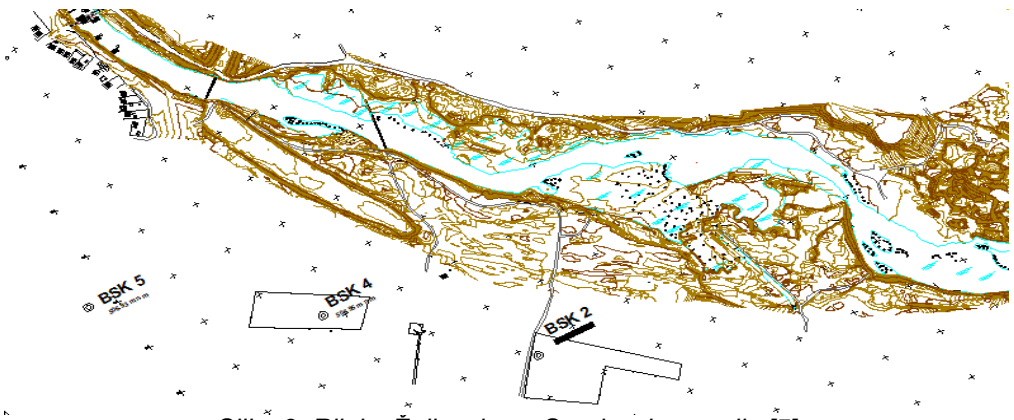


Slika 1: Geološki profil kroz ležište podzemnih voda Sokolović Kolonija [8]

1 - sivozelena pjeskovita glina sa proslojcima ugljevitih glina (miocen); 2 – šljunak sitnozrni i srednjezrni zaglinjen; 3 – šljunak krupnozrni sa pijeskom, mjestimično manje zaglinjen; 4 – glina sa krupnim šljunkom

3 MORFOLOŠKE PROMJENE RIJEKE ŽELJEZNICE U SARAJEVSKOM POLJU

Rijeka Željeznica predstavlja dominantan izvor prihranjivanja akumulacije podzemnih voda izvorišta Sarajevsko polje (30-40% u ukupnom bilansu voda) jer se prirodno infiltrira u zonu izvorišta Sokolovića. Količina vode koja se infiltrira ovisi od: proticaja u rijeci Željeznici, razlike nivoa u rijeci i podzemnoj akumulaciji (hidraulički gradijent), te od kolmacije dna i od spuštanja nivoa korita rijeke, uslijed nekontrolirane eksploatacije šljunka iz riječnog korita. Dosadašnja istraživanja i analize hidrološko-hidrodinamičkog odnosa rijeke Željeznice i podzemnih voda pokazuju da Rijeka Željeznica prihranjuje podzemne vode sve dok je kota dna na poprečnom profile VS Lasički mlini (kod bunara B2) iznad 505 mn.m. U slučaju kada je kota dna korita rijeke Željeznice da tom profilu niža od navedene kote, voda iz akumulacije podzemnih voda teče prema rijeci Željeznici što ima negativan uticaj na stanje rezervi količina vode u bunarima Sarajevskog polja. Praćenje i analiza morfoloških promjena je izvršeno na potezu rijeke Željeznice od Ilidže (od Ratnog mosta, granica između regulisanog korita nizvodno i prirodnog korita uzvodno od mosta) do Vojkovića. Dužina razmatranog poteza je oko 3,5 km. Na razmatranom potezu, korito rijeke Željeznice meandrira na širokom prostoru. Promjene morfoloških karakteristika su vrlo brze, tako da se situativni i visinski položaj korita značajno mijenja svake godine.



Slika 2: Rijeka Željeznica u Sarajevskom polju [5]



Slika 3: Razmatrani potez rijeke Željeznice u Sarajevskom polju



Slika 4: Ratni most na rijeci Željeznici (uzvodna strana)

3.1. MORFOLOŠKE ANALIZE KORITA RIJEKE ŽELJEZNICE ZA PERIOD DO 2006

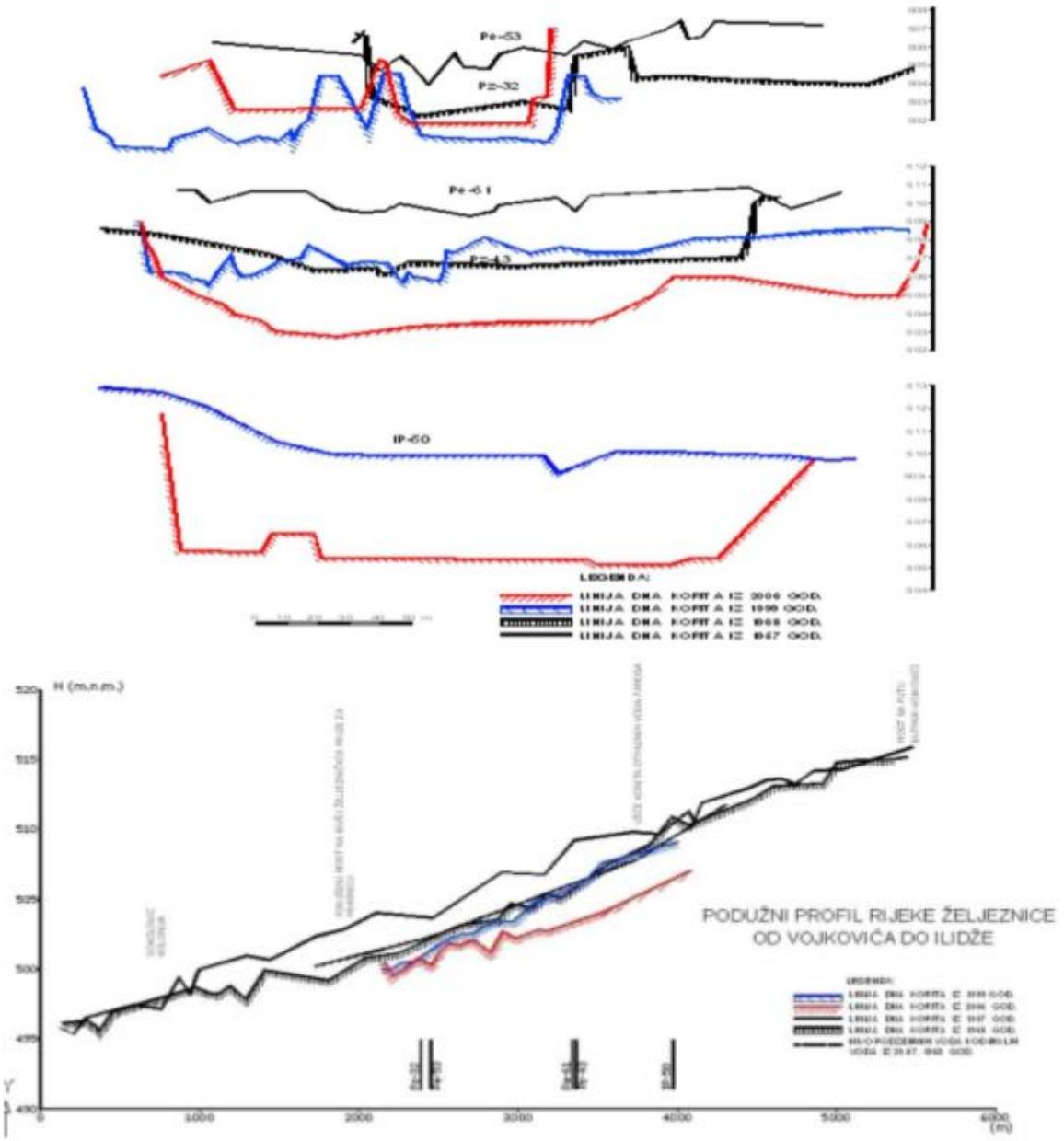
Praćenja morfoloških promjena korita rijeke Željeznice se vrše od 60-tih godina. Prema geodetskim snimcima karakterističnih poprečnih profila snimljenih 1967.godine („nulto stanje“), 1999.godine i 2006.godine uočava se stalni trend produbljenja korita. Razlog tome jeste prije svega intenzivna i nekontrolisana eksploatacija šljunka.

Posebno intenzivna eksploatacija šljunka zabilježena je u periodu 1961. – 1965. godine kada su procijenjene količine eksploatacije iznosile oko 100.000 m^3/godišnje. Krajem šezdesetih godina prošlog stoljeda količine eksploatiranog šljunka procjenjivane su na 200.000 m^3/godišnje. *[7]*

Prema procjenama koje su u tom periodu rađene, ukupna količina šljunka koju rijeka Željeznica transportuje iz sliva do prostora Sokolovida iznosi oko 10.000 m^3/godišnje. *[7]*

Preostale količine eksploatirane su na račun raspoloživih statističkih rezervi, što je dovelo do produbljenja korita na nekim mjestima čak i do 4 m.

Kako bi se spriječio negativni trend produbljenja korita i smanjenja prihranjivanja akumulacije podzemnih voda u ovom periodu su u više navrata rađene studije i projekti u cilju uređenja vodotoka i sprečavanja nekontrolisane eksploatacije šljunka.



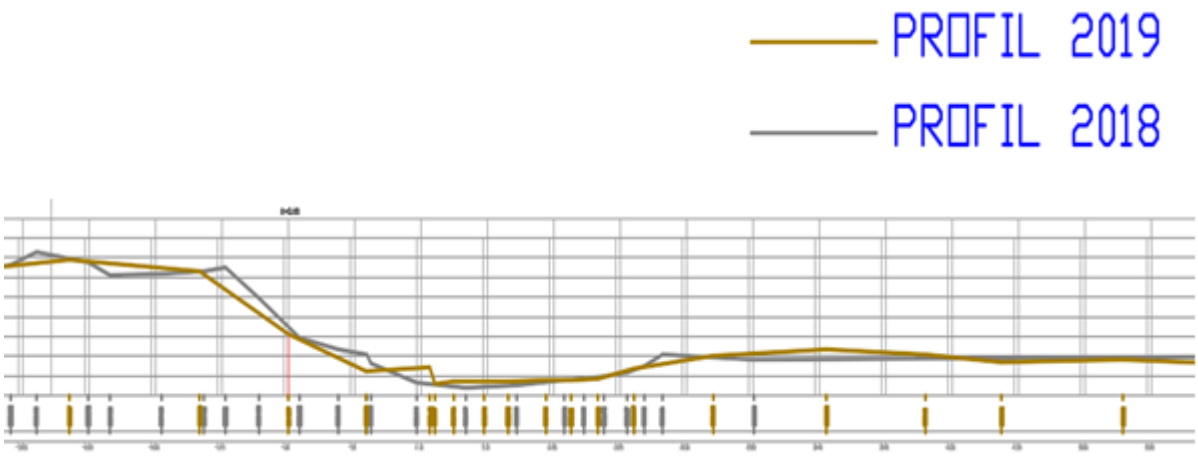
Slika 5: Morfološke promjene korita rijeke Željeznice za period 1967-2006 [7]

3.2. MORFOLOŠKE ANALIZE KORITA RIJEKE ŽELJEZNICE ZA PERIOD OD 2010 DO DANAS

U posljednjih 10tak godina je smanjena nekontrolisana eksplotacija šljunka u odnosu na period 60tih godina. To svakako potvrđuje i poređenje geodetskih snimaka karakterističnih poprečnih profila iz 2018. i 2019.godine, na kojim se uočava prekid trenda produbljenja korita. Na pojedinim profilima, kao npr. na karakterističnom profilu Lasički mlini uočava se izdizanje korita za nekih 30tak cm.

Kako rijeka Željeznica u Sarajevskom polju teče svojim donjim tokom, za koji su karakteristični mali padovi i male brzine, za očekivati je da će u narednom periodu općenito vršiti zatrpavanje i izdizanje korita, a u sve uz uslov da nema eksplotacije šljunka ili da je ona kontrolisana.

Teško je sa sigurnošću odrediti dinamiku zapunjavanja korita, ali je moguće primjenom numeričkih modela tečenja, pronosa nanosa i deformacije korita dati grubu procjenu. Da bi se uspostavio prognozni numerički model potrebno je obezbjediti odgovarajuće ulazne podatke koji su rezultat terenskih osmatranja i mjerenja.



Slika 6: Morfološke promjene na karakterističnom profilu „Lasički mlini“

4 METODOLOGIJA IZUČAVANJA MORFOLOŠKIH PROMJENA RIJEČNOG KORITA

Morfološke promjene prirodnih vodotoka predstavljaju složen fizikalni proces koji zavisi od brojnih faktora vezanih za karakteristike sliva i vodotoka te se matematski može opisati samo uz niz pretpostavki od kojih su najznačajnije: (i) tečenje je linijsko, kvazi stacionarno, (ii) efekti sekundarnih strujanja se zanemaruju i (iii) nanos je nevezen.
Pretpostavka o kvazi-stacionarnosti je prihvatljiva jer se hidraulički procesi odvijaju znatno brže od morfoloških, tako da se u numeričkoj simulaciji, ti procesi mogu razdvojeno posmatrati, a proračun značajno uprostiti.
Hidrogram se aproksimira histogramom, pa se linija nivoa računa za nekoliko protoka određenog trajanja. Proračun deformacije riječnog korita se obavlja nakon proračuna linija nivoa. Izmjena geometrije korita predstavlja ulaz za hidraulički proračun sa narednim protokom sa aproksimiranog hidrograma. Ovaj redoslijed se ponavlja, sve dok se u datom hronološkom redoslijedu ne obuhvate svi protoci.

4.1. PROGNOZNI MODEL DEFORMACIJE RIJEČNOG KORITA

Matematsko modeliranje morfoloških promjena, odnosno deformacije riječnog korita zasniva se na numeričkom rješavanju sistema četiri jednačine – jednačina kontinuitea (1), jednačina održanja količine kretanja (2), jednačina kontinuiteta za nanos (3) i izabrana jednačine za pronos nanosa (4) uz zadate početne i granične uslove. *[1] [2]*

$$\frac{\partial Z}{\partial t}+\frac{1}{B}\frac{\partial Q}{\partial x}=0 \qquad (1)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{Q^2}{A}\right)+gA\frac{\partial Z}{\partial x}+g\,A\,I_E=0 \qquad (2)$$

$$(1-\lambda_0)\frac{\partial A_d}{\partial t}+\frac{\partial Q_v}{\partial x}=0 \qquad (3)$$

$$q_v=q_v(Z,Q) \qquad (4)$$

gdje je:

Z - *nivo vode (m),*

Q - *proticaj (m^3/s),*

B - *širina vodnog lica (m),*

A - *površina poprečnog presjeka (m^2),*

g - *gravitaciono ubrzanje (m/s^2),*

IE - *pad linije energije,*

q_v - *pronos vučenog nanosa.*

Jednačine sistema su međusobno povezane zavisno promjenjivim Z(x,t) i Q(x,t), kao i kotama dna zd koje su implicitno sadržane u geometriji profila i površini Ad (x,t).

Početni uslovi se sastoje od početne geometrije korita i zadatih vrijednosti Q, Z u svim računskim profilima.

Granični uslovi mogu biti spoljašni i unutrašnji. Ako je l – dužina računske dionice, spoljašnje granične uslove čine:

a) Uzvodni granični uslovi: (i) ulazni hidrogram, (ii) ulazni tovar nanosa (psamogram).

b) Nizvodni granični uslovi: (i) izlazni hidrogram, ili (ii) kriva protoka.c) Geometrisjki granični uslovi: (i)nizvodni granični profil, ili (ii) uzvodni granični profil.

Numerički model morfoloških promjena riječnog korita opisan ovim sistemom jednačin možemo posmatrati kroz tri modula: HD – hidrodinamički modul, ST – modul pronosa nanosa i DK – modul deformacije korita.
Primjenom prve dvije jednačine (jednačine tečenja) uz odgovarajuće ulazne podatke (geodetske, hidrološke, hrapavost korita itd.) rješava se HD – modul. Rješenja HD – modula jesu nivoi vode i hidrauličke veličine (površina poprečnog presjeka, okvašeni obim, hidraulički radijus, pad linije nergije, tangencijalni naponi itd.) na svakom karakterističnom profilu na razmatranom vodotoku. Rezultati HD – modula predstavljaju, uz podatke o nanosu, ulazne podatke za ST – modul.
Primjenom odabrane empirijske jednačine za pronos nanosa i ulaznih podataka određuje se transportni kapacitet na svakom karakterističnom poprečnom presjeku na razmatranom vodotoku. Iskustva pokazuju da odabir empirijske jednačine za pronos nanosa predstavlja jako važan korak u cijelom procesu modeliranja, jer tačnost modela najviše zavisi od tačnosti izabrane empirijske jednačine za pronso nanosa. [3]
Nakon određenog transportnog kapaciteta za nanos na svakom profilu, a primjenom jednačine kontinuiteta za nanos, moguće je odrediti morfološke promjene svakog profila, odnosno promjenu površine poprečnog presjeka. Promjena površine poprečnog profila može biti pozitivna ili negativna u zavisnosti da li se radi o procesu erozije ili taloženja.
Danas na tržištu postoji veliki broj gotovih softverskih paketa koji za zadate ulazne podatke i konturne uslove rješavaju hidrodinamički modul. Osim toga, npr. softver HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center's River Analysis System) razvijen od strane U.S. Army Corps of Engineers u svom paketu sadrži i module za proračun pronosa nanosa i proračun morfoloških promjena riječnog korita.

4.2. ALGORITAM RJEŠAVANJA PROGNOZNOG MODELA DEFORMCAIJE KORITA

Algortam rješavanja ovog sistema za jedan potez vodotoka, uz poznatu geometriju korita i hidrološke podatke je slijedeći *[4]*:

i. Hidrogram se aproksimira histogramom, pa se proračun dalje provodi sukcesivno za svako Q koje ima odgovarajuće trajanje Δt.
ii. Za svako Q koristeći prve dvije jednačine sistema radi se hidrodinamička analiza tečenja čiji rezultati (nivo vode i ostale hidrauličke veličine) predstavljaju ulazne podatke za proračun transportnog kapaciteta za nanos na svakom profilu pojedinačno.
iii. Transportni kapacitet odnosno pronos vučenog nanosa se računa primjenom neke od poznatih jednačina za pronos nanosa.
iv. Koristeći jednačinu kontinuteta za nanos za svaki profil pojedinačno se računa promjena površine presjeka koja se dalje ekstrapolira na cijeli presjek i dobiva se nov izgled poprečnog presjeka.
v. Korigovani poprečni profil predstavlja ulazni podatak za slijedeći proračuna (tačka iv.).
vi. Izgled korita nakon posljednjeg proticaja predstavlja ujedno i izgled korita nakon cijelog analiziranog perioda.

5 DISKUSIJA I ZAKLJUČCI

Morfološke promjene riječnog korita predstavljaju složen prirodni proces koji zavisi od brojnih faktora kao što su: hidrološko – hidraulički uslovi u vodotoku, količina i karakteristike nanosa, karakteristike sliva, antropogene aktivnosti u slivu i koritu, meteoroloških faktora itd.
Zbog kompleksnost samog procesa morfoloških promjena riječnog korita, teško ga je egzaktno matematski opisati u cilju prognoziranja prostorne i vremenske deformacije riječnog korita.
Koristeći brojna pojednostavljenja proces morfoloških promjena se matematski opisuje primjenom sistema od četiri jednačine – jednačina kontinuiteta, jednačina održanja količine kretanja, jednačina kontinuiteta za nanos i empirijska jednačina za pronos nanosa.
Prve dvije jednačine odnose se na tečenje vode, dok se druge dvije jednačine odnose na riječni nanos.
Postavka numeričkog modela, njegova kalibracija i verifikacija zasniva se na pravilno definisanim ulaznim podacima koji se određuju terenskim istraživanjima i mjerenjima. Od tačnosti i obima terenskih mjerenja zavisi pouzdanost numeričkog modela.
U numeričkoj simulaciji ovog fenomena, osnovni problem je izbor adekvatne empirijske jednačine za proračun pronosa nanosa, pri tome imajući u vidu uslovnost podjele nanosa na suspendovani i vučeni,

jer se ista zrna u različitim hidrauličkim uslovima mogu naći u kategoriji jednog, odnosno drugog nanosa.
Prikazani numerički prognozni model, nakon kalibracije i verifikacije pomoću odgovarajućih terenskih podataka, predstavlja relativno pouzdan alat za predviđanje morfološke reakcije vodotoka na projektovane regulacijske radove i osiguranje funkcije građevina u riječnom koritu.
Važno je napomenuti da prognozni model opisuje promjene korita koje su uzrokovane prirodnim faktorom (prije svega hidrološki i meteorološki faktori).
U slučaju izrazitih antropogenih aktivnosti, prognozni model je moguće koristiti samo uz dodatne uslove koji obuhvataju antropogena djelovanja (npr. procjenjene količine eksploatisanog šljunka, dotok nanosa u dionicu na uzvodnom profilu itd.).
Prikazani numerički model, uz terenske podatke karakteristične za razmatrani potez i područje istraživanja, moguće je koristiti u cilju prognoziranja zatrpavanja riječnog korita rijeke Željeznice u Sarajevskom polju uz uslov da je prekinuta nekontrolisana eksploatacija šljunka. Prognoziranje dinamike zatrpavanja bilo bi od izuzetnog značaja posebno na karakterističnom profilu Lasički mlini (kod bunara B2) čija kota dna prema nekim procjenama diktira smjer tečenja podzemnih voda iz akumulacije Sarajevskog polja ka rijeci Željeznici ili obratno.

LITERATURA

(Knjige)

[1] Jovanović M., Regulacija reka - rečna hidraulika i morfologija, Građevinski fakultet, Beograd, 2002.

(Časopis)

[2] Jovanović M., Komatina D., Primena metode Van Rijna u proračunu opšte deformacije dunavskog korita, Vodoprivreda 1994/1-3, 1994.
[3] N. Lazović, E. Hadžić, “Odabir metode za pronos nanosa u proračunu opšte deformacije korita rijeke Željeznice”, Vodoprivreda 0350-0519, Vol. 50, pp. 145-155, (2018)

(Konferencija)

[4] N. Lazović, E. Hadžić, Testing the sensitivity of the riverbed deformation model for changing the basic input parameters, 4th International Conference on Multi-scale Computational Methods for Solids and Fluids, ECCOMAS 2019, Sarajevo.

(Projekti)

[5] Institut za hidrotehniku Građevinskog fakulteta u Sarajevu, Glavni projkat uređenja korita rijeke Željeznice od naselja Butmir do mosata u Vojkovićima, Sarajevo, 2010.godina

[6] Institut za hidrotehniku Građevinskog fakulteta u Sarajevu, Idejni projekat regulacije rijeke Željeznice, Sarajevo, 1999.godina

[7] Institut za hidrotehniku Građevinskog fakulteta u Sarajevu, Projekat zaštite izvorišta vode za piće Sarajevsko polje, Sarajevo, 2011.godina

(Doktorska disertacija)

[8] F. Skopljak, Odnosi podzemnih voda područja Ilidže kod Sarajeva, doktorska disertacija, Tuzla, 2005.godina.

HIDROGEOLOŠKA ISTRAŽIVANJA PODZEMNIH VODA U FLIŠU GORNJE KREDE NA PODRUČJU ILIJAŠA, BOSNA I HERCEGOVINA

HYDROGEOLOGICAL EXPLORATION OF GROUNDWATER IN THE UPPER CRETACEOUS FLYSCH IN THE ILIJAŠ AREA, BOSNIA AND HERZEGOVINA

Ferid Skopljak
Federalni zavod za geologiju, Ustanička 11
Ilidža-Sarajevo, Bosna i Hercegovina;
tel./fax: ++387 33 621 567; mob.: ++ 61 187 194; e-mail: fskopljak@yahoo.com

Sažetak: Grad Ilijaš se duži niz godina snabdijeva vodom iz otvorenog vodozahvata na rijeci Misoči, te ima velike tehničke i finansijske probleme u pogledu zadovoljenja potrebnih količina i očuvanja kvaliteta vode u sistemu vodosnabdijevanja. U cilju obezbjeđenja dodatnih količina pitkih podzemnih voda za potrebe sistema vodosnabdijevanja Ilijaša, Općina Ilijaš je pokrenula aktivnosti na izvođenju detaljnih hidrogeoloških istraživanja podzemnih voda na lokalitetu Gornje Misoče gdje veće rasprostranjenje, povoljne hidrogeološke i strukturne karakteristike imaju karbonatne naslage fliša gornje krede. Hidrogeološka istraživanja su programirana u tri faze; 1) faza pripreme osnovnih podloga i podataka – izrada detaljne geološke i hidrogeološke karte; 2) faza izrade projekta detaljnih hidrogeoloških istraživanja; i 3) faza – izvođenje hidrogeoloških istraživanja i ispitivanja. Nakon realizacije programiranih istražnih radova i otkrivanja velikog ležišta podzemnih voda u Gornjoj Misoči iz kojeg bi se prema preliminarnim podacima podzemnom vodom mogao snabdijevati grad Ilijaš, daljnja hidrogeološka istraživanja su obustavljena zbog lošeg kvaliteta zahvaćene podzemne vode. Uzroci zahvatanja podzemne vode lošeg kvaliteta nisu utvrđeni, a mogu biti primarnog ili sekundarnog karaktera; 1) podzemna voda ima loš kvalitet u primarnom akviferu gornje krede što je manje vjerovatno, ili 2) tehničke karakteristike i način izvođenja istražno-opitne bušotine nisu bili adekvatni za date geološke uslove i prethodno niskog stepena istraženosti ležišta. Rad ima za cilj da potakne lokalnu zajednicu da nastavi sa hidrogeološkim istraživanjima podzemnih voda u rejonu Gornja Misoča i pokuša zahvatiti podzemne vode odgovarajućeg kvaliteta u flišu gornje krede čime bi se u velikoj mjeri umanjili problemi vodosnabdijevanja grada.

Ključne riječi: karbonatni fliš gornje krede, podzemne vode, istražno-opitne bušotine, kvalitet vode

Abstract: The town of Ilijaš has been supplying water from open water intake on the Misoča River for many years, and has major technical and financial problems in terms of meeting the required quantities and maintaining water quality in the water supply system. In order to provide additional quantities of drinking groundwater for the needs of the Ilijaš water supply system, the Municipality of Ilijaš has initiated activities for conducting detailed hydrogeological studies of groundwater at the Gornja Misoča site, where the carbonate deposits of the Upper Cretaceous flysch are more widespread, favorable hydrogeological and structural characteristics. Hydrogeological research is programmed in three phases; 1) preparation phase of basic bases and data - preparation of detailed geological and hydrogeological map; 2) the stage of preparation of the project of detailed hydrogeological research; and 3) phase - performing hydrogeological exploration and testing. Following the realization of the programmed exploration works and the discovery of a large groundwater reservoir in Gornja Misoča from which, according to preliminary data, the city of Ilijaš could be supplied with groundwater, further hydrogeological studies were suspended due to the poor quality of the affected groundwater. Causes of groundwater abstraction of poor quality have not been identified and may be of primary or secondary character; 1) groundwater is of poor quality in the Upper Cretaceous primary aquifer,

which is less likely, or 2) the technical characteristics and the manner of conducting the exploratory well were not adequate for the given geological conditions and previously low level of exploration of the reservoir. The aim of this paper is to encourage the local community to continue hydrogeological investigations of groundwater in the Gornja Misoča region and to try to capture groundwater of adequate quality in the Upper Cretaceous flysch, which would greatly reduce the city's water supply problems.

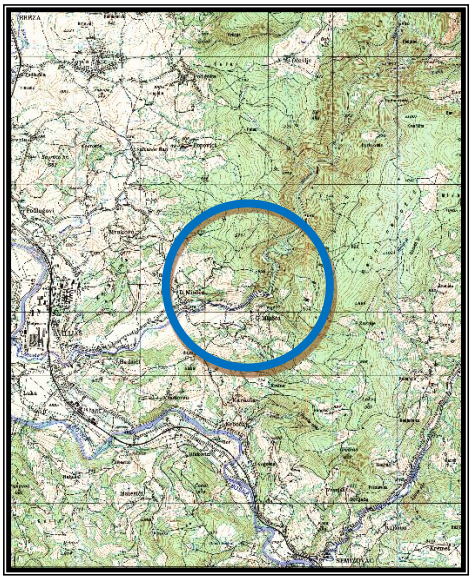
Key words: Upper Cretaceous carbonate flysch, groundwater, exploratory wells, water quality

1 UVOD

Grad Ilijaš se duži niz godina snabdijeva vodom iz otvorenog vodozahvata na rijeci Misoči, te ima značajne tehničke i finansijske zahtjeve u pogledu zadovoljenja potrebnih količina i očuvanja kvaliteta vode u sistemu vodosnabdijevanja. U cilju obezbjeđenja dodatnih količina pitkih podzemnih voda za potrebe vodosnabdijevanja, Općina Ilijaš je pokrenula aktivnosti na izvođenju hidrogeoloških istraživanja podzemnih voda na lokalitetu Gornje Misoče gdje veće rasprostranjenje, povoljne hidrogeološke i strukturne karakteristike imaju karbonatne naslage fliša gornje krede. Hidrogeološka istraživanja su izvršena u tri faze; 1) faza pripreme osnovnih podloga i podataka; 2) faza izrade projekta hidrogeoloških istraživanja; i 3) faza izvođenja hidrogeoloških istraživanja i ispitivanja. Nakon realizacije istražnih radova i otkrivanja ležišta podzemnih voda u Gornjoj Misoči, iz kojeg bi se prema preliminarnim podacima podzemnom vodom mogao snabdijevati grad Ilijaš, daljnja hidrogeološka istraživanja su obustavljena zbog lošeg kvaliteta zahvaćene podzemne vode.

2 GEOGRAFSKI POLOŽAJ PODRUČJA ISTRAŽIVANJA

Područje hidrogeoloških istraživanja nalazi se u Gornjoj Misoči, cca 4 km sjeveroistočno od Ilijaša. Lokacija hidrogeoloških istraživanja određena je na osnovu geoloških i hidrogeoloških karakteristika terena, pri čemu se vodilo računa da prognozna dubina do krečnjačkog akvifera gornje krede bude što manja zbog predviđenog zahvatanja podzemnih voda vertikalnom bušenim bunarima.



Slika 1 - Situacioni položaj područja hidrogeoloških istraživanja M 1:25.000

3 OSNOVNE PRIRODNE KARAKTERISTIKE PODRUČJA ISTRAŽIVANJA

Područje Gornje Misoče situirano je u donjem dijelu toka rijeke Misoče. Teren odlikuju velike visinske razlike. Od Ravnog Nabožića (k.1.021 m) na lijevoj i brda Haluge (k.778 m) na desnoj strani rijeke Misoče teren se na relativno kratkom rastojanju spušta na jugozapad u pravcu rijeke Misoče i područje Donje Misoče na visine cca 470 m.n.m.
Najveći vodotok u ovom području je rijeka Misoča. Od Okruglice do Gornje Misoče rijeka Misoča pruža se pravcem sjeveroistok – jugozapad u dužini cca 10 km, a zatim od Gornje Misoče do ušća u Bosnu, u dužini od oko 3,5 km naglo mijenja pravac toka prema zapadu, što ukazuje na određenu tektonsku aktivnost u ovom dijelu toka. Važno je istaći da proticaj rijeke Misoče ima velike oscilacije; od nekoliko m3/s do situacije da rijeka potpuno presuši. Područje Gornje Misoče nalazi se u pojasu umjereno kontinentalne klime. Prosječne godišnje padavine su oko 1.000 mm/god a prosječna temperatura zraka oko 10 oC .

4 GEOLOŠKA GRAĐA I TEKTONIKA

4.1. GEOLOŠKA GRAĐA

Područje Misoče izgrađeno je do sedimenta gornjokrednog karbonatnog fliša, oligomiocena, srednjeg miocena i kvartara (sl.2).



Slika 2 - Geološka karta područja istraživanja (Savezni geološki zavod SFRJ, 1967.)

Karbonatni fliš gornje krede (K23) je izdvojen sjeveroistočno od Misoče. Najbolje je otkriven duž rijeke Misoče u dva napuštena kamenoloma. Ovaj fliš predstavlja direktnu podinu naslagama oligomiocena što je od suštinskog značaja za hidrogeološke

odnose u ovom području. Gornjokredni fliš je predstavljen bankovitim do masivnim kalkruditima, kalkarenitima tankopločastim i laporovitim krečnjacima, laporcima i glincima. Kalkruditi i kalkareniti su mjestimično karstificirani, a karstifikacija se manifestira kroz brojne manje kaverne, a u kanjonu rijeke Misoče i manjim pećinama. Debljina fliša gornje krede je oko 400 m.



Slika 3 - Karbonatni fliš gornje krede u napuštenom kamenolomu (F.Skopljak,2018.)

Oligomiocen (Ol,M) na području Gornje Misoče leži preko flišnih sedimenata gornje krede. Izgrađuju ga gruboklastične tvorevine kompaktnih crvenih i žućkasto-smeđih breča sa rožnacima i silifikovanim zonama, te limonitisanim prevlakama. Preko ovih crvenih sedimenata slijede slojeviti laporoviti krečnjaci (sa tragovima organske materije), lapori, gline i glinoviti pješčari koji naviše prelaze u valutičasti krečnjački konglomerat sa ulošcima pješčara i sitnozrne i srednjezrne laminirane pješčare i sitnozrne konglomerate. Debljina jezerskih oligomiocenskih sedimenata je 150 do 350 m.



Slika 4 - Oligomiocenske naslage u Gornjoj Misoči (F.Skopljak,2018.)

SREDNJI MIOCEN (M2)

Jugozapadno i sjeverozapadno od Gornje Misoče izdvojeni su sedimenti koji pripadaju srednjem miocenu u čijem sastavu su lapori, pješčari i gline sa ugljem debljine preko 600 m. Ove naslage u rejonu Gornje Misoče leže diskordantno preko oligomiocenskih naslaga.

KVARTARNI SEDIMENTI

U dolini rijeke Misoče izdvojeni su sedimenti riječne terase i aluvijalne naslage. Sedimenti riječne terase (t) predstavljeni su jako zaglinjenim šljunkom i pijeskom debljine oko 5 -7 m. Valutice šljunka čine kalkareniti, ruditi, krečnjaci i laporci iz karbonatnog fliša, te manjim dijelom konglomerati i pješčari iz oligomiocena. Aluvijalne naslage (al) izdvojene su neposredno uz korito rijeke Misoče, a čine ih također jako zaglinjeni šljunci i pijesci.

4.2. TEKTONIKA

Na osnovu geološkog kartiranja i analize odnosa geoloških formacija u području Gornje Misoče izdvojeni su slijedeći rasjedi:

- gravitacioni rasjed duž rijeke Misoče,
- gravitacioni rasjed koji predstavlja tektonsku granicu između oligomiocena i srednjeg miocena,
- gravitacioni rasjedi na tektonskom kontaktu karbonatnog fliša gornje krede i oligomiocena,
- gravitacioni rasjedi unutar oligomiocenskih sedimenata i
- reversni rasjed u flišu gornje krede.

5 HIDROGEOLOŠKE KARAKTERISTIKE TERENA

HIDROGEOLOŠKA KATEGORIZACIJA, REJONIZACIJA I FUNKCIJE STIJENA

U području Gornje Misoče izdvojene su dvije hidrogeološke kategorije stijena: propusne stijene, i nepropusne stijene.

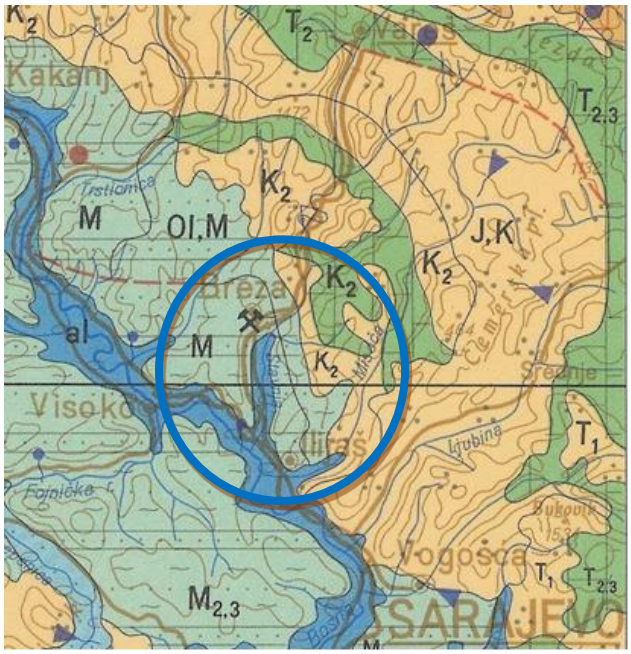
PROPUSNE STIJENE

Propusne stijene su prema strukturu poroznosti izdvojene na: propusne stijene međuzrnske poroznosti, propusne stijene pukotinske poroznosti, i propusne stijene kavernozno - pukotinske poroznosti

Propusne stijene međuzrnske poroznosti su aluvijalne i terasne naslage izdvojene u dolini rijeke Misoče. Izgrađene su od jako zaglinjenih krupnih valutica stijena, slabosortiranog šljunka i pijeska. U ovim naslagama, posebno bliže ušću rijeke Misoče u rijeku Bosnu, mogu biti formirani ograničeni i manje vodoobilni akviferi obične pitke vode sa slobodnim

nivoom koje mjestimično mješteni zahvataju plitko kopanim bunarima. Rezerve podzemnih voda u ovim akviferima su ograničene usljed loših filtracionih karakteristika, malog rasprostranjenja i debljine aluvijalnih naslaga, a također su uslovljene kolebanjem proticaja i vodostaja rijeke Misoče koja ih mjestimično prihranjuje.

Propusne stijene pukotinske poroznosti su naslage oligomiocena (Ol,M) izdvojene sa obje strane rijeke Misoče, od Gornje do Donje Misoče. U građi ovih naslaga učestvuju breče, konglomerati i pješčari koji naviše prelaze u lapore. Transmisibilnost ovih naslaga je relativno slaba, a vodoobilnost ima niske vrijednosti. U ovim stijenskim masama lokalno se pojavljuju ograničene izdani običnih voda sa slobodnim nivoom koje se prazne na izvorima male izdašnosti (Q < 0,2 l/s) i koje su mjestimično zahvaćene kaptažama i kopanim bunarima.



Slika 5- Hidrogeološka karta područja Gornje Misoče M 1:500.000 (Savezni geološki zavod SFRJ, 1983.)

Propusne stijene kavernozno–pukotinske poroznosti su naslage gornje krede (K2) izdvojene u kanjonu rijeke Misoče. Izgrađene su od kalkrudita, kalkarenita, tankoploćastih i laporovitih krečnjaka, laporaca i glinaca i sočiva pješčara. Transmisibilnost ove formacije je različita ovisno o zasupljenosti pojedinih članova; slaba u faciji glinaca, laporaca i dobra u faciji kalkarenita i brečastih krečnjaka. Ove stijene imaju hidrogeološke funkcije akvifera običnih pitkih voda. U donjem dijelu toka Misoče nema većih izvora koji izbijaju iz ovih naslaga ali se iz njih u Mahmutović Rijeci, iz pećine formirane u ovim naslagama, pojavljuje snažno kraško vrelo.

NEPROPUSNE STIJENE

U kategoriju nepropusnih stijena uvrštene su naslage srednjeg miocena (M2). Izdvojene su na obje strane rijeke Misoče koja je svoje korito usjekla u ove naslage od Donje Misoče do Starog Ilijaša. U sastavu ovih naslaga su laporci, pješčari i gline sa ugljem. Ove naslage imaju funkcije hidrogeoloških barijera.

IZVORI I PLITKO KOPANI BUNARI

U širem području Gornje Misoče su registrirani izvori "Gornja Misoča" i "Bare", a od bunara oni u rejonu Haluge. Sve vodne pojave i objekti su vodu zahvatili u oligocenskim naslagama. Izdašnost izvora i kopanih bunara je uglavnom mala i nije veća od Q= 0,1 l/s, temperature vode oko Tv=12,5 oC i elektroprovodnost cca 750-850 µS/cm.

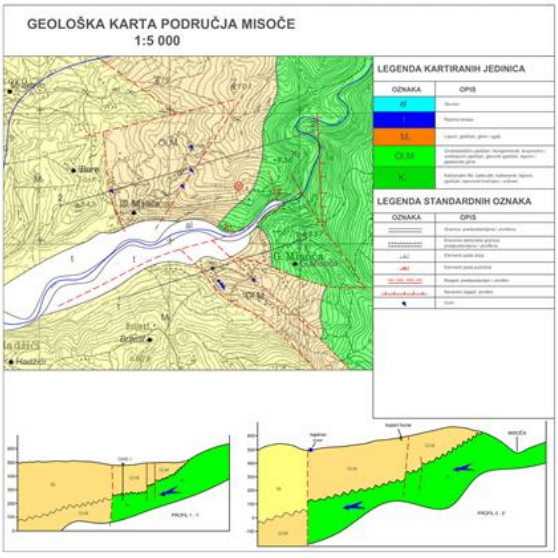
6 IZVEDENI ISTRAŽNI RADOVI

IZRADA GEOLOŠKE I HIDROGEOLOŠKE KARTE M 1:5.000

Geološka i hidrogeološka karta područja Misoče su izrađene u mjerilu 1 : 5.000 na površini 12 km2.

GEOLOŠKA KARTA

Geološka karta je predstavljala osnovu za izradu hidrogeološke karte i daljnje programiranje vrste i obima istražnih radova. Glavni cilj izrade ove karte je ocjena geoloških faktora (prostorna distribucija geoloških formacija, njihovih litoloških članova i geološke strukture) sa aspekta perspektivnosti za pronalazak vode za piće u flišu gornje krede u podini naslaga oligomiocena.



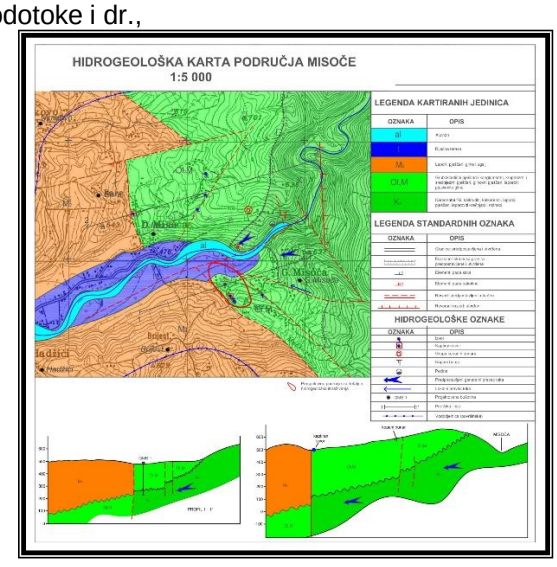
Slika 6 - Geološka karta područja Misoče M 1:5.000 (Skopljak, et.all. 2018.)

Izrada geološke karte obuhvatila je:

1) Prikupljanje, analiza, sinteza i digitalizacija postojeće dokumentacije (terenski dnevnici, dokumentacione karte, fondovske geološke karte, objavljeni radovi, izvještaji specijalista, literatura o problematici geologije ovog prostora, i dr).
2) Terensko prikupljanje podataka (geološko kartiranje) izvedeno metodom paralelnih profila i metodom praćenja geoloških granica.
3) Izradu geološke karte i tumača sa odgovarajućim poprečnim i uzdužnim geološkim profilima.

HIDROGEOLOŠKA KARTA

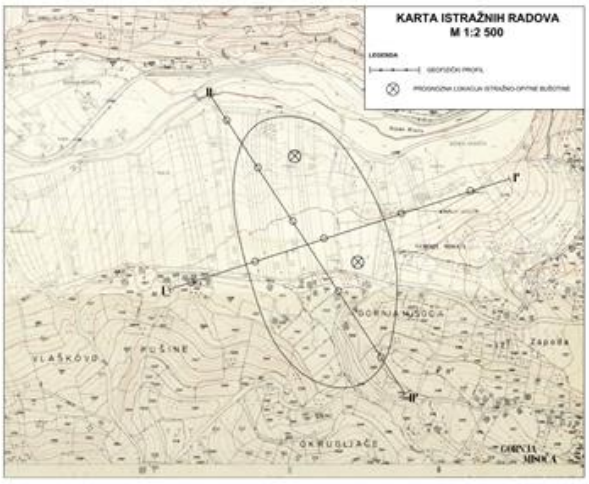
Hidrogeološka karta je izrađena na osnovu raspoložive dokumentacije, neposrednog terenskog prikupljanja podataka metodom hidrogeološkog kartiranja, te kabinetske obrade podataka. Hidrogeološka karta sinteski prikazuje sve prikupljene podatke i sastoji se od karte sa legendom, hidrogeološkog stuba, hidrogeoloških profila i tumača.
Na hidrogeološkoj karti su prikazani: litostratigrafske jedinice i formacije, hidrogeološka svojstva formacija; propusnost, vrstu poroznosti, transmisivnost, okršenost i izdašnost, podaci o vodonosnicima, hidrogeološki parametri, prostiranje značajnijih vodonosnika, pretpostavljeni pravci toka podzemnih voda, utvrđene podzemno-vodne veze, granice arteških voda, hemijska svojstva podzemnih i površinskih voda, vodni objekti, bunari (kopani i bušeni), istražne bušotine, vodozahvati podzemnih i površinskih voda, kanali, i dr., vodne pojave, izvori, pištevine, hidrogeološke i površinske vododijelnice, geomorfološke pojave, ponori, pećine, jaruge, riječne terase i dr., topografski podaco, reljef, naselja, ceste, vodotoke i dr.,



Slika 7 - Hidrogeološka karta područja Misoče M 1:5.000 (Skopljak, et.all. 2018.)

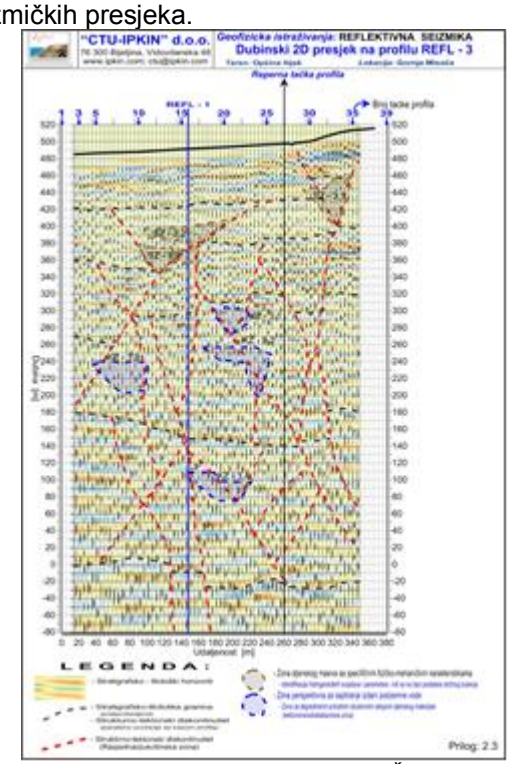
GEOFIZIČKA ISPITIVANJA

Geofizička reflektivno-seizmička istraživanja na perspektivnoj lokaciji hidrogeoloških istraživanja u Gornjoj Misoči izvršena su uz korišćenje CMP varijante metode reflektivne seizmike. Ispitivanja su izvršena na dva reflektivno seizmička profila sa dispozitivima od 550 m, ukupno 1140 m dispozitiva, dubine zahvata do 700 m i dubine interpretacije do cca 600 m.



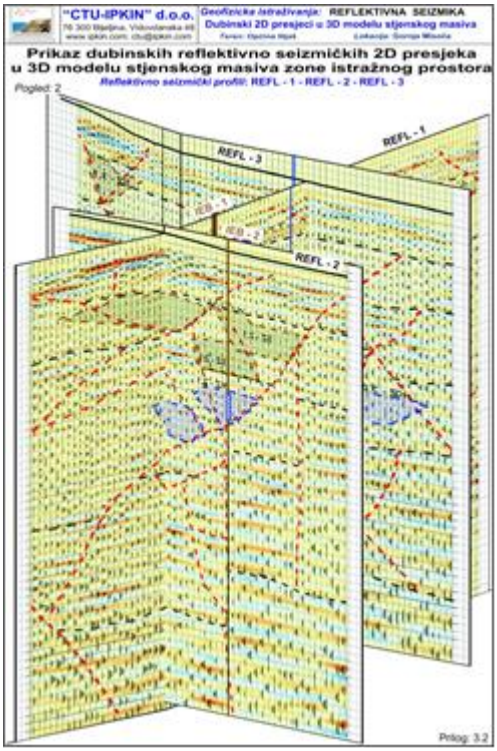
Slika 8 - Karta profila geofizičkih ispitivanja M 1:2.500 (Skopljak, et.all. 2018.)

Rezultati geofizičkih istraživanja prikazani su u vidu 2D prikaza interpretiranih dubinskih reflektivno-seizmičkih presjeka.



Slika 9 - Geofizički profila (Arsenijević,Ž. et.all. 2018.)

Reflektivno-seizmičkim istraživanjima registrovana je veoma složena prirodna degradacija stukturnog sklopa stijenskih masa u stijenskom masivu u zoni istražnog prostora obzirom da je registrovano prisustvo značajnog broja rasjeda, rasjednih zona (lokalnog i regionalnog karaktera), pukotina i pukotinskih sistema, uglavnom sa strmim karakterom zalijeganja kako sa vertikalnim, tako i sa horizontalnim pomacima.

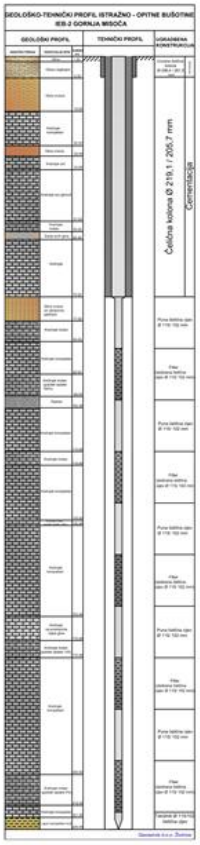


Slika 10 - Graficki prikaz a stjenskog masiva u zoni programirane bušotine IEB - 2

U pripovršinskom segmentu stijenskog masiva u području ispitivanja do dubine zaljeganja od cca 70 m, na bazi registrovanog tipa i karaktera seizmičkih refleksa evidentno je značajno prisustvo glinovite komponente u litološkoj građi stijenskih masa koja ih sa hidrogeološkog aspekta karakteriše kao hidrogeološke izolatore, odnosno vodonepropusne do slabo vodopropusne stijenske mase.
U plićem segmentu stijenskog masiva od dubine zalijeganja koja se na prezentovanom segmentu stijenskog masiva orjentaciono kreće od cca 70 m do dubine zalijeganja od cca 120 m do cca 140 m, na bazi registrovaniog tipa i karaktera seizmičkih refleksa evidentno je prisustvo stijenskih masa sa veoma specifičnim fizičko-mehaničkim karakteristikama.
U dubljem segmentu stijenskog masiva od dubine zaljeganja koja se na prezentovanom segmentu stijenskog masiva orijentaciono kreće od cca 120 m do cca 140 m do dubine zaljeganja od cca 470 m, na bazi registrovanog tipa i karaktera seizmičkih refleksa evidentno je prisustvo, kako tektonski degradiranih segmenata, odnosno tektoniziranih i kataklaziranih zona, tako i karstnih struktura u strukturno tektonskoj gradi stijenskog masiva, iz kog razloga se ovaj segment stijenskog masiva sa hidrogeološkog aspekta karakteriše kao hidrogeološki akvifer sa karstno-pukotinskim tipom izdani podzemne vode.
U dubokom segmentu stijenskog masiva u zoni istražnog prostora u intervalu zaljeganja ispod cca 470 m registrovano je značajno manje prisustvo tektonski degradiranih i karstifikovanih segmenata stijenskog masiva većih, odnosno značajnijih prostornih dimenzija.

IZVEDBA ISTRAŽNO-OPITNE BUŠOTINE IEB-2

Istražno-opitna bušotina IEB-2 locirana je na osnovu geofizičkih ispitivanja. Cilj izvođenja istražno-opitne bušotine bio je utvrditi: detaljan litološki sastav i debljina sedimenata, pojave i mjesta priliva podzemnih voda, hidrogeološke karakteristike akvifera, odnos vodonepropusnih stijenskih masa sa akviferom, hidraulički karakter akvifera, izdašnost (kapacitet) bušotine, pritisak nabušenih voda, fizičko-kemijske karakteristike nabušenih voda, te količinu vode koja se može zahvatiti vertikalno bušenim bunarom.



Slika 11 - Geološko-tehnički profil istražno-opitne bušotine EB-1 Gornja Misoča (Hajdarević,M et.all. 2018.)

Bušenje istražno-opitne bušotine IEB-2 izvršeno je rotacionom metodom bušenja sa direktnim optokom isplake. Za bušenje bušotine korištena je voda, te laka bentonitska isplaka. Projektovana dubina bušotine je 225 m. Bušenje bušotine izvršeno je dlijetima sa prečnicima: 0,00 - 6,00 m (311,2 mm); 6,00 - 70,00 m (244,5 mm); 70,00 – 140,00 m (187,3 mm); 140,00 – 225,00 m (120,7 mm). U toku bušenja izvršena je zaštitu bušotine zaštitnim kolonama: 0,00 - 6,00 m uvodna kolona 298,4/281,5 mm (trajna ugradnja); 0,00 - 70,00 m čelična kolona 219,1/205,7 mm (cementacija); 0,00 – 140,00 m zaštitna kolona 152,4/137,7 mm (privremena ugradnja); 140,00 – 225,00 m 120,7 mm (otvorena bušotina)

Interval bušotine od 0,00 - 70,00 m, odnosno prstenasti prostor između kanala bušotine Ø 244,5 mm i čelične kolone Ø 219,1/205,7 mm je cementiran. Konstrukcija bušotine IEB-2 je od punih i filterskih čeličnih cijevi sa navojima prečnika Ø 115/102 mm. Čelična cijev filterske konstrukcije naizmjenično je slotirana svakih 15 m; slot je širine 4 mm i dužine 40 mm. Rastojanje između slotova je 20 mm. Na osnovu kartiranja nabušenog materijala iz istražno-opitne bušotine IEB – 2, utvrđen je slijedeći litološki sastav sedimenata:

Konstrukcija istražno - opitne bušotine IEB-2		
Dubina ugradnje (m)	**Prečnik konstrukcije (mm)**	
225,0 – 220,0	115/102	Taložnik
220,00 - 205,00	115/102	Filter (slotirana čelična cijev)
205,00 - 190,00	115/102	Puna čelična cijev
190,00 - 175,00	115/102	Filter (slotirana čelična cijev)
175,00 - 160,00	115/102	Puna čelična cijev
160,00 - 145,00	115/102	Filter (slotirana čelična cijev)
145,00 - 130,00	115/102	Puna čelična cijev
130,00 - 115,00	115/102	Filter (slotirana čelična cijev)
115,00 - 100,00	115/102	Puna čelična cijev
100,00 - 85,00	115/102	Filter (slotirana čelična cijev)
85,00 - 70,00	115/102	Puna čelična cijev
70,00 – 0,00	219,1/205,7	Čelična kolona

Tabela br.1 - Konstrukcija bušotine IEB-2 (Hajdarević,M. et.all 2018.)

Dubina (m)	**Litološki profil**
0,00 – 1,50	Glina
1,50 – 6,30	Obluci zaglinjeni
6,30 – 16,00	Glina, crvena
16,00 – 26,00	Krečnjak, kompaktan
26,00 – 29,00	Glina, crvena
29,00 – 33,00	Krečnjak, sivi
33,00 – 47,00	Krečnjak, sivi glinovit
47,00 – 50,00	Krečnjak, trošan
50,00 – 52,30	Serija sivih glina
52,30 – 70,00	Krečnjak
70,00 – 77,00	Glina crvena sa uklopcima pješčara
77,00 – 83,00	Krečnjak, trošan
83,00 – 92,50	Krečnjak, kompaktan
92,50 – 99,00	Krečnjak, trošan - gubitak isplake 100%
99,0 – 102,30	Pješčar
102,30 – 115,00	Krečnjak, kompaktan
115,00 - 119,00	Krečnjak, trošan
119,00 - 135,00	Krečnjak, kompaktan

135,00 - 136,50	Krečnjak, trošan - gubitak isplake 100%
136,50 - 163,00	Krečnjak, kompaktan
163,00 - 170,00	Krečnjak sa proslojcima bijele gline
170,00 - 175,00	Krečnjak, trošan - gubitak isplake 10 %
175,00 - 209,00	Krečnjak, kompaktan
209,00 - 218,00	Krečnjak, trošan
218,00 - 221,50	Krečnjak, kompaktan
221,50 - 225,00	Lapor, tvrdi

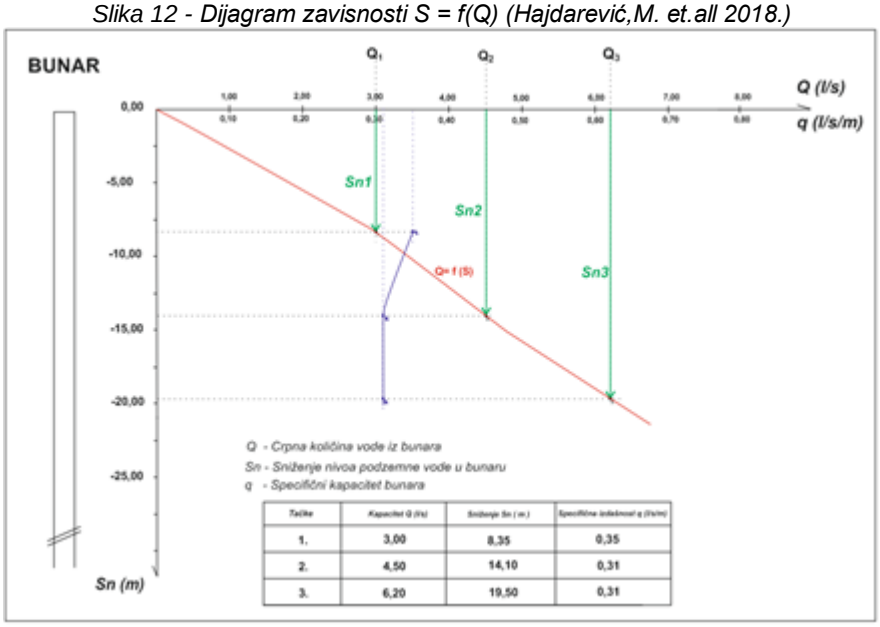
Tabela br.2 - Litološki sastav nabušenih sedimenata bušotine IEB-2 (Hajdarević,M. et.all 2018.)

Mora se naglasiti da navedena interpretacija litološkog stuba bušotine nije pouzdana jer je jezgro nabušenog materijala uzimano na situ bušaće garniture. Po svoj prilici naslage oligomiocena su razvijene do dubine cca 70 m kako su i pokazala geofizička ispitivanja. Nakon završetka bušenja i ugradnje konstrukcije, pristupilo se osvajanju i razradi bušotine metodom aerlifta.
Opitno crpljenje bušotine IEB-2 izvršeno je pumpom snage 5,5 KW koja je ugrađena na dubinu 40 m.

Crpna količina l/s		Statički NPV (m)	Dinamički NPV (m)	Sniženje NPV (m)	Specifična Izdašnost q=Q/s (l/s/m')
Q_1	3,00	0,00	8,35	8,35	0,35
Q_2	4,50	0,00	14,10	14,10	0,31
Q_3	6,20	0,00	19,50	19,50	0,31

Tabela broj 3- Opitno crpljenje bušotine IEB-2 (Hajdarević,M. et.all 2018.)

Slika 12 - Dijagram zavisnosti S = f(Q) (Hajdarević,M. et.all 2018.)



Na osnovu podataka opitnog crpljenja i konstruktivnih karakteristika bušotine, a naročito činjenice da je bušotina IEB-2 zahvatila arteški akvifer, eksploatacioni kapacitet bušotine, prema podacima izvođača radova, iznosi: Qekspl ≤ 13,50 1/s (Hajdarević,M. et.all 2018.)

Imajući u vidu da je dopušteno sniženje u arteškom akviferu pukotinsko-karstnog tipa do mjesta prvog priliva koji je na dubini od oko 100 m, specifičnog kapaciteta bušotine od q=0,3 l/s/m te mogućnosti ugradnje zaštitne kolone do 100 m dubine, to znači da bi se izvođenjem bunara odgovarajućom metodom

bušenja i tehničkih karakteristika moglo zahvatiti minimalno Q=30 l/s vode. Razvijanjem istražnog polja i dodatnim hidrogeološkim istraživanjima, postoji mogućnost na perspektivnom području izvesti minimalno 3 eksploataciona bunara i uspostaviti značajno izvorište podzemnih voda čija bi izdašnost iznosila 90-100 l/s uz uslov prevazilaženja problema zahvatanja podzemnih voda lošeg kvaliteta.

KVALITET VODE BUŠOTINE IEB-2

Hemijski sastav vode bušotine IEB-2 pokazuje povišen sadržaj sumporvodika, fluorida, željeza i amonijaka. Povišen sadržaj sumporvodika vjerovatno potiče od redukcije sulfata gipsa u kalcijev sulfid. Povišen sadržaj fluorida (7,55 mg/l) vjerovatno potiče iz stijena fluoritsko-apatitskog sastava, odnosno konglomerata oligomiocena. Povišen sadržaj amonijaka (2,17 mg/l) najvjerovatnije ima porijeklo od organske materije iz oligocenskih naslaga uglja unutar basenskih sedimenata, kao i željeza (0,26 mg/l). Mineralizacija vode je 1180 mg/l a u vodi dominiraju hidrokarbonati (780 mg/l) i natrij (292 mg/l). Ovako kompleksan hemijski sastav podzemnih voda u Gornjoj Misoči genetski može biti vezan samo sa klastičnim naslagama oligomiocena koje su u ovom dijelu sarajevsko-zeničkog basena uglavnom nastale erozijom stijena vareško-čevljanovićke metalogenetske oblasti, te ugljenim naslagama ovog basena.

7 UZROCI LOŠEG KVALITETA VODE I MJERE ZA PREVAZILAŽENJE STANJA

Uzroci zahvatanja podzemne vode lošeg kvaliteta nisu utvrđeni, a mogu biti dvojakog porijekla, odnosno primarnog ili sekundarnog karaktera, i to:

Primarni uzroci:

1) podzemna voda ima loš kvalitet u primarnom akviferu fliša gornje krede, i
2) podzemna voda ima loš kvalitet u sekundarnom akviferu naslaga oligomiocena.

Kada je riječ o mogućnosti da loš kvalitet vode potiče iz primarnog akvifera gornje krede, malo je vjerovatno da je ovaj uzrok u pitanju jer primarni akvifer ima karakter fliša izgrađen od karbonatnih stijena bez hemijski naročito loših elemenata i orudnjenja. U prilog tome je i kvalitet vode kraškog vrela Mahmutović rijeka koje se pojavljuje iz ovih naslaga.

Veća je vjerovatnoća da uzrok lošeg kvaliteta vode na bušotini IEB-2 može biti heterogeni sastav jezerskih sedimenata oligomiocena u čijem sastavu su crvene i žućkasto-smeđe (željezovite) breča sa rožnacima i silifikovanim zonama, te limonitisanim prevlakama, te laporoviti krečnjaci sa tragovima organske materije, lapori, gline i glinoviti pješčari.

Sekundarni uzroci

Sekundarni uzroci lošeg kvaliteta vode na bušotini IEB-2 mogu biti

1) tehničke karakteristike bušotine, i
2) način izvođenja istražno-opitne bušotine.

Tehničke karakteristike bušotine su određene u skladu sa geološkim profilom terena, rezultata geofizičkih ispitivanja, te raspoloživih finansijskih mogućnosti investitora, a imajući u vidu da je istražno-opitna bušotina IEB-2 prva ove dubine u širem području Ilijaša koja je imala za cilj zahvatiti podzemne vode u akviferu fliša gornje krede. Iz ovih razloga je previđena dubina bušotine od cca 225 m; te cementacija oligomiocenskih naslaga samo prvih 70 m kako bi se cementacijom izolovali sedimenti koji eventualno mogu narušiti kvalitet podzemne vode. Iz ovih razloga je moguće da je zbog nedovoljne izoliranosti oligomiocenskih naslaga došlo do zahvatanja dijela vode iz ovog sekundarnog akvifera, te dobivanja lošeg kvaliteta vode na bušotini.

Način izvođenja bušotine također može biti uzrok lošeg kvaliteta vode iz slijedećih razloga ukoliko:

- cementacija bušotine nije urađena kako je predviđeno projektom što je uzrokovalo prilive voda iz sekundarnog akvifera oligomiocena,
- bušenje bušotine izvršeno je korištenjem bentonitske isplake što usljed neadekvatne razrade bušotine zatvara primarni akvifer gornje krede i narušava kvalitet podzemne vode,
- razrada i osvajanje bušotine nije izvršeno na odgovarajući način kako je predviđeno projektom.

Prijedlog mjera za poboljšanje stanja

Za utvrđivanje uzroka lošeg kvaliteta vode na bušotini IEB-2, te nastavka hidrogeoloških istraživanja i zahvatanja potrebnih količina kvalitetne vode za piće potrebno je uraditi slijedeće:

- bušotinu IEB-2 snimiti kamerom sa ciljem utvrđvanja njenog stanja,
- izvršiti čišćenje bušotine aerliftom sektorski odozdo na gore uz uzimanje uzoraka vode za hemijska ispitivanja na određenim intervalima, i
- snimiti glavne prilive vode u bušotini.

- programirati izvođenje istražno-opitne bušotine IEB-1 koristeći se iskustvima izvođenja bušotine IEB-2
- izvesti probno-eksploatacioni bunar
- uspostaviti crpilište Gornja Misoča

Potencijalnost ležišta podzemnih voda u Gornjoj Misoči uz metodološki pristup hidrogeološkim istraživanjima u potpunosti opravdava nastavak istraživanja na ovoj perspektivnoj lokaciji.

ZAKLJUČAK

Nakon izvođenja hidrogeoloških istraživanja podzemnih voda na lokalitetu Gornja Misoča koja su obuhvatila izradu geološke i hidrogeološke karte terena, izvođenje geofizičkih ispitivanja, te izradu istražno-opitne bušotine IEB-2 može se zaključiti slijedeće:

- Hidrogeološkim istraživanjima provedenim na lokalitetu Gornja Misoča otkriveno je novo veliko ležište podzemnih voda koje može imati veliki privredni i društveno-ekonomski značaj.

- Izvedeni istražni radovi preliminarno ukazuju da bi se nastavkom hidrogeoloških istraživanja u ležištu Gornja Misoča mogle zahvatiti značajne količine podzemnih voda čime bi se u značajnoj mjeri poboljšalo vodosnabdijevanja grada Ilijaša.

- Hemijski sastav vode istražno-opitne bušotine IEB-2 pokazuje povišen sadržaj sumporvodika, fluorida i amonijaka. Povišen sadržaj sumporvodika vjerovatno potiče od redukcije sulfata gipsa u kalcijev sulfid. Povišen sadržaj fluorida vjerovatno potiče iz stijena fluoritsko-apatitskog sastava, odnosno konglomerata oligomiocena. Povišen sadržaj amonijaka najvjerovatnije ima porijeklo od organske materije iz oligocenskih naslaga uglja unutar basenskih sedimenata.

- Ležište podzemnih voda formirano u flišu gornje krede u Gornjoj Misoči ima odlične prirodne uslove zaštite, gdje su u njegovoj povlati debele pretežno nepropusne naslage oligomiocena.

- Preporučuje se nastaviti hidrogeološka istraživanja podzemnih voda u flišu gornje krede kako bi se definirale kvantitativno-kvalitativne karakteristike ležišta i stvorile pretpostavke za dugotrajnu eksploataciju vode.

LITERATURA

Arsenijević, S. et.all (2017.): Izvještaj geofizičkih reflektivno seizmičkih istraživanja za potrebe otkrivanja i zahvatanja podzemnih voda na lokalitetu Gornja Misoča u Općini Ilijaš. CTU IPKIN d.o.o. Bijeljina.

Jovanović,R. et all (1978.): Osnovna geološka karta 1 : 100.000, list Sarajevo i tumač. Savezni geološki zavod. Beograd.

Hajdarević, M., Rožnjaković,N. (2018.): Izvještaj o bušenju istražno-opitne bušotine IEB-2 na lokalitetu Gornja Misoča, Općina Ilijaš

Skopljak,F. (2006.): Odnosi podzemnih voda područja Ilidže kod Sarajeva, doktorska disertacija, Pos.izdanje Geol.glasnika knj.XXIX., Federalni zavod za geologiju, Sarajevo.

Skopljak, F.et.all. (2011.): Novi prilog hidrogeološkoj rejonizaciji Bosne i Hercegovine, Zbornik radova V. savjetovanja geologa BiH, Ilidža.

Skopljak, F., Ahmetspahić,S. (2016.): Izvještaj – geološka i hidrogeološka karta područja Gornja Misoča, Općina Ilijaš.

Skopljak, F., Ahmetspahić,S. (2016.): Projekat - Hidrogeološka istraživanja za potrebe otkrivanja i zahvatanja podzemnih voda na lokalitetu Gornja Misoča, Općina Ilijaš

Slišković,I., et.al.,(1983): Osnovna hidrogeološka karta lista Sarajevo 1:100 000, Izvještaj II faze, "Geoinženjering" OOUR Institut za hidrogeologiju, Sarajevo.

ODREĐIVANJE POLOŽAJNOG I VISINSKOG TRANSFORMACIONOG MODELA IZ ETRS89 REFERENTNOG OKVIRA U ZVANIČNE GEODETSKE DATUME BOSNE I HERCEGOVINE

DEVELOPMENT OF POSITIONAL AND HEIGHT TRANSFORMATION MODELS FROM ETRS89 REFERENCE FRAME TO OFFICIAL GEODETIC DATUMS IN BOSNIA AND HERZEGOVINA

Nikola Cvjetković, dipl. ing. geod.
Federalna uprava za geodetske i imovinsko-pravne poslove
nikola.cvjetkovic@fgu.com.ba

Muhamed Vajnaga, dipl. ing. geod.
Institut za hidrotehniku Sarajevo
muhamed.vajnaga@heis.ba

Sažetak: Cilj projekta Mape opasnosti i mape rizika od poplava u Bosni i Hercegovini je bio prikupljanje LIDAR / aerofotogrametrijskih podataka kao i TPS / GPS terestričkih podataka potrebnih za hidraulično modeliranje i analize. Kako bi se postigla potrebna vertikalna tačnost od ± 10 cm i položajna tačnost od ± 20 cm konačnih rezultata, korištena je BiH CORS mreža za osiguravanje potrebne uniformnosti i konzistentnosti tokom faze prikupljanja prostornih podataka. Budući da je CORS mreža realizirana u globalnom referentnom okviru ETRF2000, i budući da su službeni geodetski datumi u Bosni i Hercegovini naslijeđeni iz bivše Jugoslavije i imaju regionalni karakter, trebalo je razviti modele transformacije kako bi se konačni proizvodi prostornih podataka isporučili u službenom državnom horizontalnom i vertikalnom koordinatnom referentnom sistemu Bosne i Hercegovine. Modeli transformacije razvijeni su na temelju postojećih podataka GPS opažanja i postojećih podataka gravitacijskog modela Zemlje.

Ključne riječi: transformacioni modeli, BiH CORS mreža, uniformnost, konzistentnost, horizontalni koordinatni referentni sistem BiH, vertikalni koordinatni referentni sistem BiH

Abstract: Flood Hazard and Flood Risk maps of Bosnia and Herzegovina project objective was to acquire aerial LIDAR/Imagery and TPS/GPS terrestrial data required for hydraulic modelling and analysis. In order to ensure the required vertical accuracy of ± 10 cm and positional accuracy of ± 20 cm of final deliverables are achieved, the B&H CORS network has been used to provide necessary uniformity and consistency during the spatial data collection phase. But since CORS network is realized in global ETRF2000 reference frame, and since official geodetic datums in Bosnia and Herzegovina are inherited from former Yugoslavia and are of regional character, transformation models had to be developed in order to have the final spatial data products delivered in official state horizontal projected CRS and vertical CRS of Bosnia and Herzegovina. The transformation models have been developed on the basis of existing GPS observation data and existing Earth Gravitational Model data.

Key words: transformation models, BiH CORS network, uniformity, consistency, horizontal CRS, vertical CRS.

1 UVOD

Naslijeđeni koordinatni referentni sistemi u Bosni i Hercegovini, u kontekstu proizvodnje prostornih podataka de facto i dalje službeni, datiraju iz perioda prve i druge Jugoslavije, a njihov razvoj je započeo još u vremenu Austro-Ugarske Monarhije. Kao takvi (referentni sistemi lokalnog/regionalnog karaktera) nisu prikladni za korištenje savremenih metoda prikupljanja prostornih podataka koje su inherentno vezane uz određenu definiciju globalnog referentnog sistema.

U svrhu postizanja potrebne vertikalne tačnosti od ± 10 cm i položajne tačnosti od ± 20 cm konačnih rezultata, BiH CORS mreža je iskorištena kao referentni okvir za osiguravanje potrebne uniformnosti i konzistentnosti u početnoj fazi prikupljanja prostornih podataka. Na taj način prikupljene prostorne podatke, u ETRF2000 referentnom okviru BiH CORS mreže, bilo je potrebno transformirati u službene koordinatne referentne sustave BiH.

Naslijeđeni koordinatni referentni sistemi u svojoj definiciji podrazumijevaju i naslijeđene geodetske datume.

Geodetski datum predstavlja grupu parametara kojima je definisan koordinatni sistem, uključujući elipsoid, njegov položaj i orijentacija u odnosu na Zemlji i njenu osu rotacije.

Za potrebe izrade hidrauličkih modela vodotoka u sklopu projekta Mape opasnosti i mape rizika od poplava u Bosni i Hercegovini, bilo je potrebno izvršiti brzo i sveobuhvatno prikupljanje geometrijskih podataka vodotoka savremenim geodetskim metodama prikupljanja podataka (LiDAR i GPS) koji su u globalnom referentnom sistemu ETRS89, i iz njih proizašle rezultate transformirati u naslijeđene koordinatne referentne sisteme BiH, a sve u cilju korištenja istih sa već postojećim lokalnim izvorima podataka od interesa.

Ovaj pregledni rad prikazuje određivanje transformacionih modela za transformaciju podataka prikupljenih u globalnom referentnom okviru ETRF2000 u službeni horizontalni koordinatni referentni sistem BiH – Gauss-Kruger zona 6 i službeni vertikalni koordinatni referentni sistem BiH – NVT I.

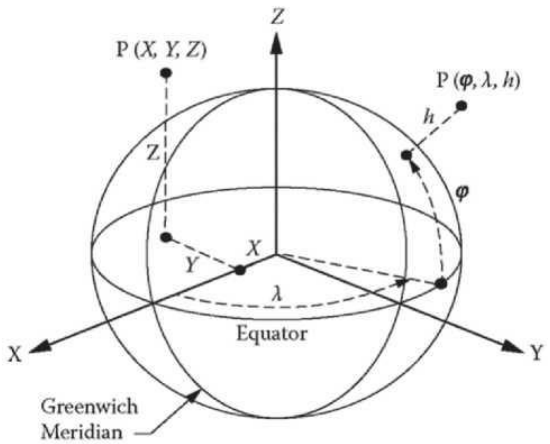
2 POSTOJEĆI KOORDINATNI REFERENTNI SISTEMI U BOSNI I HERCEGOVINI

Postojeći horizontalni referentni sistem BiH se zasniva na negeocentričnom Beselovom elipsoidu 1841 i Gauss-Krügerovoj projekciji meridijanskih zona.

Gauss-Krügerova projekcija je konformna cilindrična projekcija elipsoida na ravan jer u projekciji nema deformacije uglova. Mjerilo duž centralnog meridijana je m0=0,9999. Širina meridijanske zone iznosi 3º geografske dužine, dok prva zona ima centralni meridijan (Grinwich) 0º.

Za Bosnu i Hercegovinu su bitni meridijani 15º, 18º i 21º istočne geografske dužine (zone 5, 6 i 7).

Sistem je realizovan trigonometrijskom mrežom tačaka I, II, III, IV reda, itd. i definisan klasičnim geodetskim datumom u tački Hermannskogel kod Beča.



Slika 1: Geodetske koordinate u prostornom referentnom sistemu

Vertikalni datum se definiše kao referentna površ u odnosu na koju se odnosi usvojeni sistem visina. Tradicionalne geodetske metode koriste nivelman za mjerenje visina u odnosu na srednji nivo mora. Nivelman prati geoid, tako da su visine izražene u odnosu na geoid.

Važeci vertikalni referentni sistem je NVT1 koji je realizovan u vremenu 1946-1963 i on je praktično nastavak i dopuna nivelmanskih mreža razvijanih u vremenu Austro-Ugarske od 1873 i Kraljevine Jugoslavije sve do 1941 godine.Vertikalni datum je definisan reperom na molu Sartorio u Trstu čija se visina odnosi na srednji nivo Jadranskog mora u epohi 1875.0. Visinski sistem definisan u odnosu na nultu nivo plohu , odnosno geoid se naziva sistemom normalnih (ortometrijskih) visina.

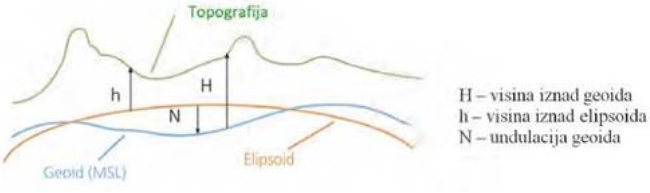
Visine NVT1 su sračunate iz podataka mjerenja u različitim epohama i bez podataka gravitacionog polja.



Slika 2: Normalni reper u Trstu

3 EUROPSKI TERESTRIČKI REFERENTNI SISTEM

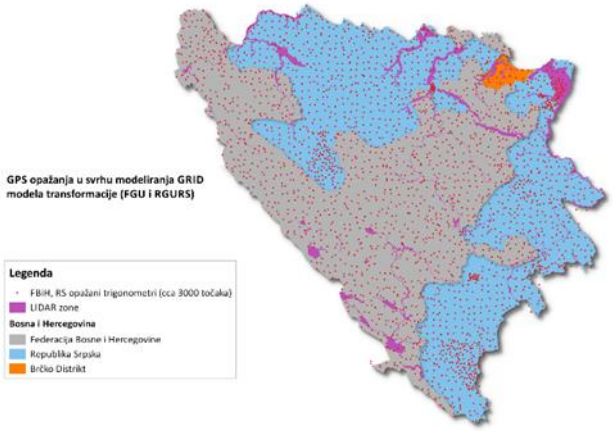
ETRS89 je usvojen Rezolucijom br. 1 EUREF simpozijumu održanom 1990 godine u Firenzi. Rezolucija je glasila: "IAG Sub-komisija za EUREF preporučuje da se sistem kojeg usvaja EUREF koincidira s ITRS u epohi 1989.0 i bude fiksiran za stabilni dio Euroazijske ploče, te bude nazvan Evropski terestrički referentni sistem 1989 (ETRS89). Kao posljedica ove definicije i u kojoj je određena i povezanost s ITRS-om, karakter realizacije ETRS –a jasno je određen transformacijskim formulama između dva sistema. Različite realizacije ETRS89 sistema označavaju se kao ETRF2000, ETRF2005, ili ETRF2008. Sve su ove realizacije povezane s njihovim odgovarajućim ITRF realizacijama, tj, ITRF2000, ITRF2005, ITRF2008, jer se tektonsko pomjeranje euroazijske ploče može odrediti u odnosu na ITRS.
Koordinate tačaka u ETRS se definišu prostornim pravouglim koordinatama X, Y i Z u geocentričnom koordinatnom sistemu ili geodetskom širinom φ i geodetskom dužinom λ te visinom h iznad geodetskog referentnog elipsoida (Geodetic Reference System 1980 - GRS80)
Nadmorsku visinu nije moguće dobiti direktno nego naknadnom obradom iz visine h iznad referentnog geodetskog elipsoida GRS80 i undulacije geoida u dotičnoj tački.



Slika 3: Undulacije geoida

4 IZRADA TRANSFORMACIJSKIH MODELA

Konverzija koordinata je promjena koordinata s obzirom na jedan na jedan vezu iz jednog u drugi koordinatni sistem koji imaju isti datum (transformacijski parametri su unaprijed definisani i poznati).
Transformacija koordinata je je promjena koordinata iz jednog referentnog koordinatnog sistema u drugi referentni koordinatni sistem zasnovanog na drugom datumu kroz jedan na jedan vezu (transformacijski parametri se empirijski određuju odnosno računaju).
Za izradu položajnog transformacijskog modela su korištene opažane tačke u oba referentna sistema.
Ukupan broj od 3030 (1717 tačaka za područje RS i 1313 tačaka za područje FBiH) raspoloživih tačaka u oba sistema je prikupljen u okviru GPS kampanje za potrebe modeliranja GRID modela transformacije na području FBiH i RS.
Na slici ispod je vidljiv raspored opažanih tačaka.



Slika 4: GPS opažanja u svrhu modeliranja GRID modela transformacije (FGU i RGURS)

4.1 Horizontalni transformacijski model

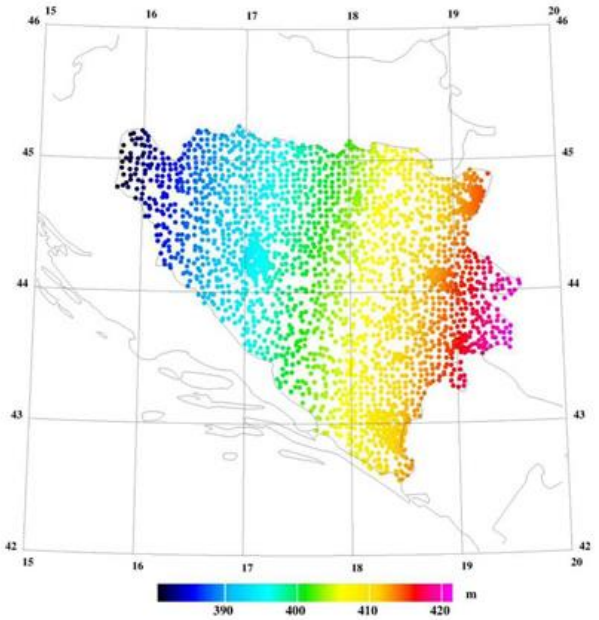
Zbog otklona vertikale u u početnoj tački definisanja datuma Bosnia MGI 1901 u mreži su se očekivali veliki pomaci i moguća rotacija. Dosita su ti pomaci reda od 20 m u smjeru sjevera i 400 m u smjeru istoka.

Model horizontalnog transformacijskog modela je nastao na osnovu 4-parametarske Helmertove trend surface analize i kolokacije po najmanjim kvadratima. Helmertova transformacija je i kao transformacija sličnosti u četiri parametra ili 2D linearna konsformna transformacija. Da bi se tačke transformisale iz jednog u drugi koordinatni sistem koristi se faktor mjerila S, ugao rotacije α, te translacije TX i TY. Osnovna jednačina (po jedna za svaku koordinatu) se može predstaviti kao:

$$X=Tx+xS\cos\alpha+yS\sin\alpha$$
$$Y=Ty-xS\sin\alpha+yS\cos\alpha$$

Gdje su :
X, Y – koordinate u sekundarnom koordinatnom sistemu
x, y - koordinate u primarnom koordinatnom sistemu
Tx, Ty – translacije u smjeru osi X i Y
S – Ffaktor mjerila
α – Ugao rotacije

Na slici ispod je prikazan pomak tačaka u smjeru osi Y u lokalnom datumu u odnosu na ETRF2000.



Slika 5: Primjer pomaka u smjeru istoka MGI datum (zona 6) u odnosu na ETRF2000

Kolokacija pomoću najmanjih kvadrata (LSC) je napredna tehnika izjednačenja (prilagođavanja, filtriranja i predviđanja) posebno razvijena za istraživanje Zemljinog gravitacionog polja.
Osnovna jednačina LSC je izražena kao:

Osmatranje=Trend+Poremećaj=Trend+Signal+Buka

Ovako formuliranim problemom nećemo filtrirati dio modela koji se odnosi na ″buku″ s posmatračke tačke, tj. I signal i šum se kombinuju u smetnji prethodno iskazani model daje kao:

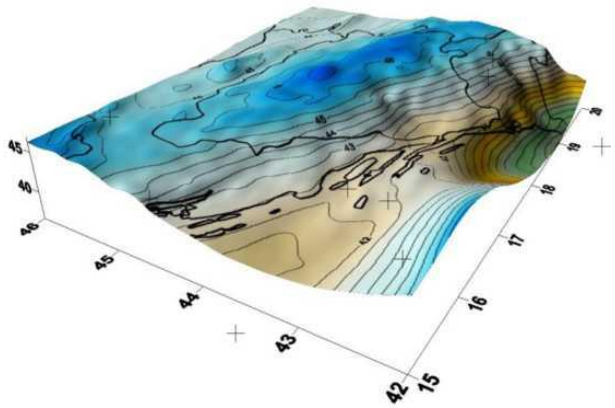
$$L = Ax + s + n = Ax + £$$

Gdje su:
L – Vektor opažanja
A – dizajn matrica
x – vektor parametara koji treba procijeniti
s, n, £ - vektori signala, ″buke″ i poremećaja

Realizacija ovog transformacijskog model je urađena u programskom okruženju GRAVSOFT Fortran. Također, moguća je obostrana transformacija bilo iz MGI u ETRF, ili ETRF u MGI, kao i u bilo koju zono projekcije (5, 6, 7).

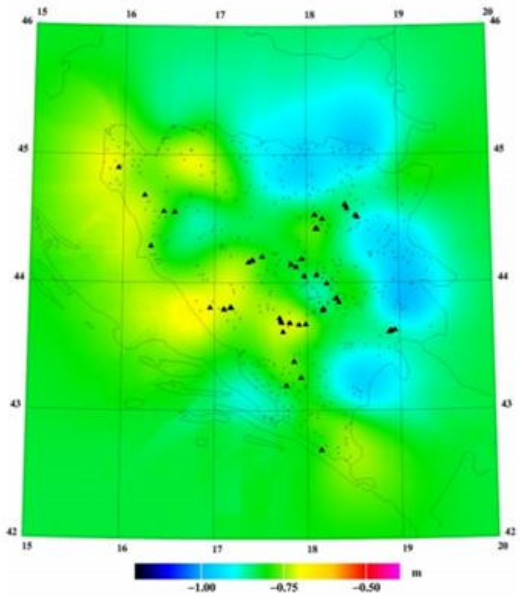
4.2 Visinski transformacijski model

Kao što je već pomenuto model visinske transformacije je nastao na osnovu Zemaljskog gravitacionog modela 2008 (EGM2008) koji je prilagođen lokalnom području Bosne i Hercegovine. Prilagođavanje geoida EGM2008 je izvršeno kolokacijom po najmanjim kvadratima (Kriging) koristeći Gauss-Markovu funkciju kovarijance drugog reda, korištenjem apriori greške od 0,05 m i korelacijske dužine od 60 km.



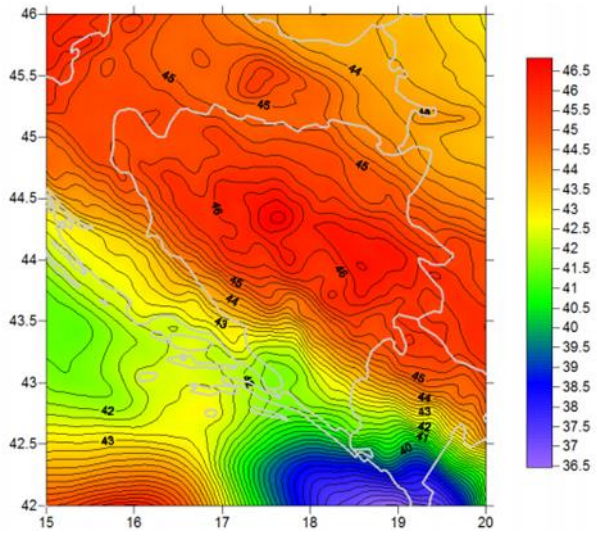
Slika 6: Prikaz BH geoida, ekvidistancije 50 cm

Kao osnov za izradu visinskog transformacionog modela je korišten EGM2008 model, koji je prilagođen lokalnom geodetskom datumu na osnovu diskretnih mjerenja na 53 tačke s poznatim elipsoidnim i ortometrijskim visinama.



Slika 7: Raspored tačaka korištenih za adaptaciju geoida

Provođenjem kontrole kvaliteta izrađenog modela geoida (a posteriori) utvrđeno je raspon srednje kvadratne greške odstupanja od 4 cm do 13 cm.
Uzimajući u obzir oblik površine prilagođavanja (u korelaciji s visokim planinama) i rasporeda kontrolnih tačaka, može se zaključiti da ja model goida sa srednjom kvadratnom greškom od 10 cm r.m.s postignut.
Konačan model geoida je prikazan na slici ispod i dostupan je u GRAVSOFT-u, kao i formatima grid (*.gri), Trimble format (*.ggf) ili Leica uzorku lat/lon (*.leica).



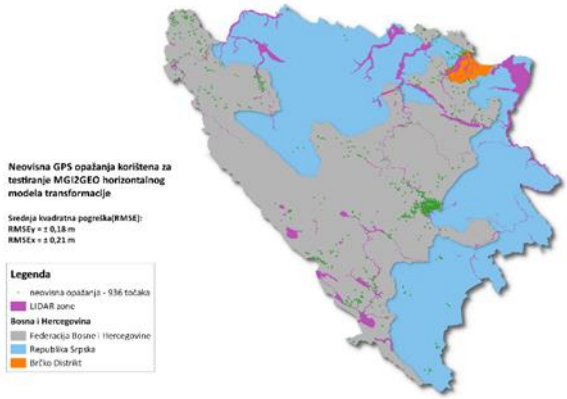
Slika 8: Prilagođeni model geoida zvaničnom visinskom datumu BiH

5 REZULTATI

Nakon što su izrađeni transformacijski modeli za potrebe horizontalne i visinske transformacije izvršeno je njihovo testiranje na osnovu neovisnih GPS opažanja, odnosno podataka koji nisu korišteni u procesu izrade transformacijskih modela.
Za potrebe testiranja horizontalnog transformacijskog modela su korištena 936 neovisna GPS opažanja, te je utvrđena srednja kvadratna greška (RMSE) od:

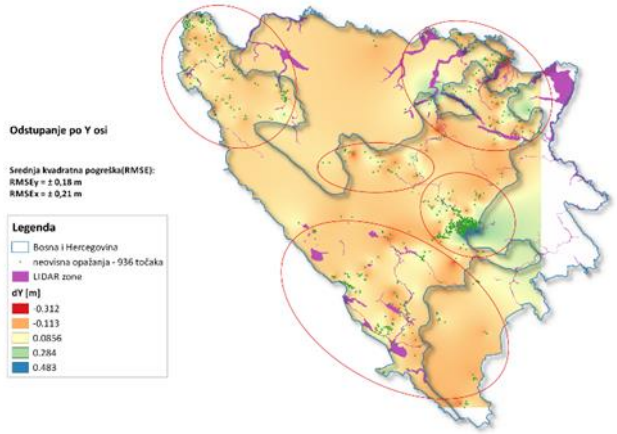
RMSEy = ± 0,18 m
RMSEx = ± 0,21 m

Raspored neovisnih opažanja je vidljiv sa slike ispod:



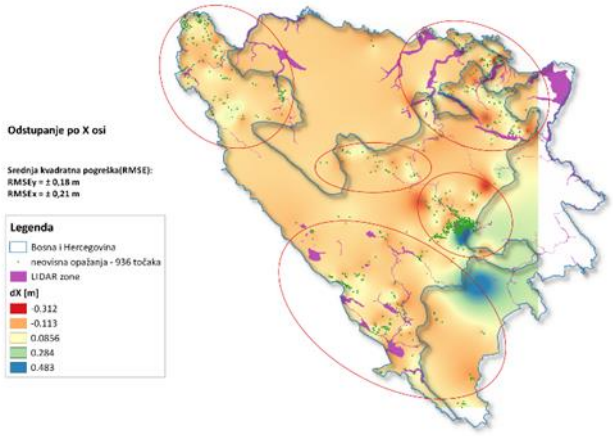
Slika 9: Prikaz prikaz lokacije 963 neovisna mjerenja

Prezentacija rezultata testiranja u smjeru osi Y i X su vidljiva na slikama 8 (u smjeru osi Y) i 9 (u smjeru osi X)



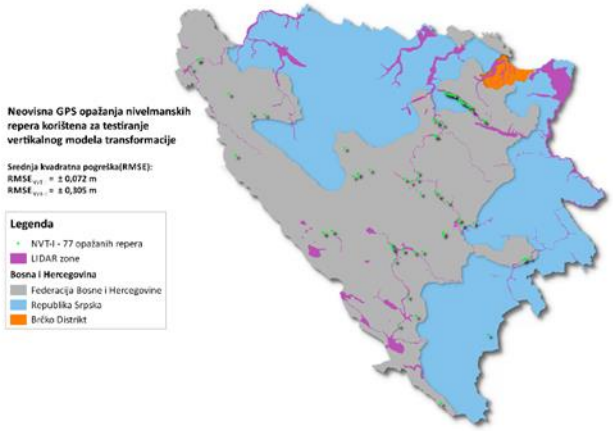
Slika 10: Odstupanje u smjeru osi Y

Vrijednosti srednje kvadratne greške u smjeru osi Y su sljedeće:
RMSEy = ± 0,18 m
RMSEx = ± 0,21 m

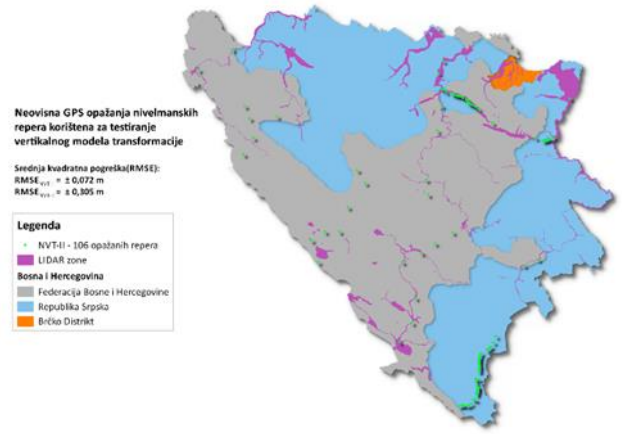


Slika 11: Odstupanje u smjeru osi X

Vrijednosti srednje kvadratne greške u smjeru osi X su sljedeće:
RMSEy = ± 0,18 m
RMSEx = ± 0,21 m
Dok su se za potrebe testiranja visinskog transformacionog modela koristila neovisna opažanja nivelmanskih repera I i II reda (NVT I i NVT II).
Ukupan broj izvršenih neovisnih opažanja je iznosio:
NVT-I – 77 opažanih repera
NVT-II – 106 opažanih repera
Sračunata srednja kvadratna greška modela visinske transformacije iznosi
RMSENVT-I = ± 0,072 m
RMSENVT-II = ± 0,305 m
Na slikama ispod je prikazan raspored opažanih tačaka.



Slika 12: Neovisna opažanja repera NVT-I



Slika 13: Neovisna opažanja repera NVT-II

6 ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Izradom ovih transformacijskih modela je postignuta uniformna tačnost za kompletno projektno područje, odnosno teritorij čitave Bosne i Hercegovine.
Iz prezentiranih rezultata testiranja transformacijskih modela može se zaključiti da je postignuta zahtijevana tačnost projektnim zadatkom (horizontalna tačnost ± 20 cm i visinska tačnost od ± 10 cm).

LITERATURA

(1) S.Z., E.Đ., UVOĐENJE NOVIH GEODETSKIH REFERENTNIH SISTEMA U BOSNI I HERCEGOVINI / „geodetski glasnik 57(48)“, novembar 2017 g.
(2) R.F., AN UPDATED 10 CM GEOID OF BOSNIA FROM GPS/LEVELING AND EGM2008 / ¨Tehnical university of Denmark¨, may 2018 g.
(3) R.F., A TRANSFORMATION PROGRAM FOR BOSNIAN MGI COORDINATES TO ETRF2000 / ¨Tehnical university of Denmark¨, may 2018 g
(4) M.L., P.B. LEAST SQUARES COLLOCATION ALTERNATIVE TO HELMERT'S TRANSFORMATION WITH HAUSBRANDT'S
POST - TRANSFORMATION CORRECTION / AGH University of Science and Tehnology, Krakow, Poland, juli 2014“
(5) N.V., I.S., Z.V. PROSTORNI REFERENTNI SISTEMI / Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor, maj 2012

HIDROGEOLOŠKE KARAKTERISTIKE TERENA TRGOVSKA GORAKAO POTENCIJALNE LOKACIJE ZA ODLAGANJE NUKLEARNOG OTPADA

HYDROGEOLOGICAL CHARACTERSTICS OF THE TERRITORY OF TRGOVSKA GORA AS A POTENTIAL SITE FOR NUCLEAR WASTE DISPOSAL

Dr. Vukašin Balta, dipl.ing.geol.
Institut za hidrotehniku d.d. Sarajevo
Stjepana Tomića 1
vukasin.balta@heis.ba

Prof. dr Tarik Kupusović, dipl.inž.građ.
Institut za hidrotehniku d.d. Sarajevo
Stjepana Tomića 1
tarik.kupusovic@heis.ba

Sažetak: Osnovna svrha interpretacije geoloških i hidrogeoloških karakteristika terena na prostoru Trgovska Gora (uže i šire okruženje lokaliteta Čerkezovac – potencijalne lokacije odlagališta nuklearnog otpada), jeste osvještenje stručne, ali i šire javnosti, u kakvom prirodnom okruženju su smještene lokalne zajednice dviju država (Bosna i Hercegovina i Republika Hrvatska), situirane na graničnom pojasu, kom pripadaju dvije veće urbane cjeline (Dvor na Uni – R. Hrvatska i Novi Grad – Bosna i Hercegovina).
Generalno, predmetni prostor definiran je pretežno brdskim reljefom, unutar kog se kao najmarkantnija vodna pojava označava rijeka Una. Također je zamjetna tektonska degradiranost ovog terena i litološka raznovrsnost stijenskih materijala, koji sukladno fizičkim i hemijskim karakteristikama u pripadajućem sklopu, imaju različite hidrogeološke karakteristike i funkcije (od vrlo vodopropusnih vodonosnika – akvifera, do vodonepropusne sredine (hidrogeološka barijera).

Ključne riječi: nuklearni otpad, deponija nuklearnog otpada, razlomna tektonika, tok podzemne i površinske vode, akvifer, morfologija, biljni i životinjski svijet, park prirode

Abstract: The main purpose of interpreting the geological and hydrogeological characteristics of the terrain in the Trgovska Gora area (narrower and wider surroundings of the Cherkezovac site – potential site for nuclear waste disposal) is to raise awareness of the professional, but also of the general public, in what natural environment are the local communities of the two countries (Bosnia and Herzegovina and the Republic of Croatia) situate on the border zone, to which two larger urban units belong (Dvor at Una - R. Croatia and Novi Grad - Bosnia and Herzegovina). Generally, the area in question is defined mainly by mountainous relief, within which the Una River is designated as the most significant water feature. Also noticeable is the tectonic degradation of this terrain and the lithological diversity of rock materials, which, according to their physical and chemical characteristics, have different hydrogeological characteristics and functions (from very water-permeable aquifers - aquifers to the watertight environment (hydrogeological barrier).

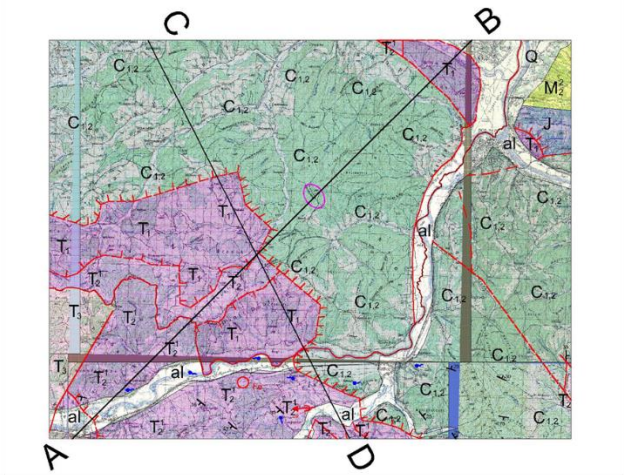
Key words: nuclear waste, nuclear waste landfill, fracture tectonics, ground and surface water flow, aquifer, morphology, wildlife, Nature Park

1 UVOD

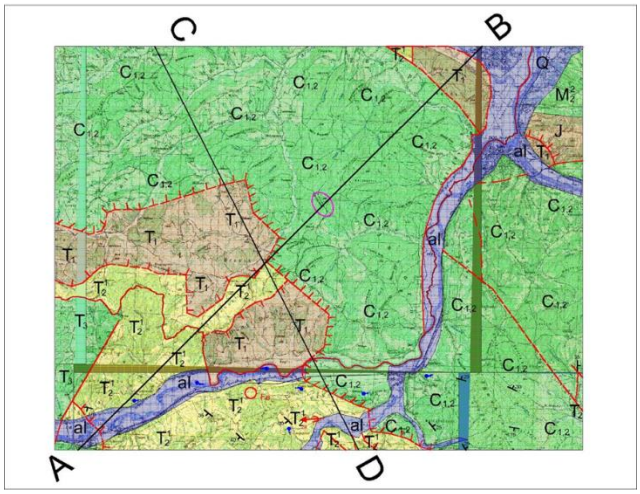
Prema dosadašnjim saznanjima autora ovog rada, list Bosanski Novi kao sastavni dio Osnovne geološke karte SFRJ 1:100000, iskartiran je 1985.god. od strane Instituta za geologiju - Sarajevo (Geoinžinjering), što podrazumjeva izradu geološke karte i izradu geološkog tumača. Također je važno naglasiti da se kao autor lista Bosanski Novi OGK SFRJ 1:100000, u potpuno ravnopravnom odnosu predstavlja i Institut za geološka istraživanja – Zagreb, koji je izradu karte i tumača okončao 1990. godine.
U tom smislu (prim. autora), treba naglasiti da Bosna i Hercegovina oficijelno nije u posjedu OGK SFRJ 1:100000, list Bosanski Novi (jedini nedostajući list osnovne geološke karte koji pokriva teritorij Bosne i Hercegovine).
Zbog ove činjenice Bosna i Hercegovina je na samom startu (kad je u pitanju problem iniciran inicijativom Vlade Republike Hrvatske), u inferiornom položaju kao pregovarač koji na bazi argumenata (stručno i naučno), može participirati kao ravnopravan partner u donošenju odluke o opravdanosti formiranja deponije nuklearnog otpada na prostoru regiona koji se nalazi u neposrednoj blizini državne zajednice. S tim u vezi, ovom prilikom za prostor Trgovska Gora (lokalitet Čerkezovac), mogu se naglasiti samo emotivni protesti lokalnog stanovništva s obje strane granice, kao i oglašavanja (negodovanje), pojedinih političara s prostora Republike Srpske, odnosno Bosne i Hercegovine, pri čemu nije istaknut niti jedan valjan stručan argument kojim se dokazuje opravdanost zahtjeva za izmještanje ove deponije nuklearnog otpada na neku drugu (sigurniju), lokaciju, koja bi kako za Bosnu i Hercegovinu, tako i Republiku Hrvatsku, bila prihvatljivija.
Da bi se stvari u stručnom i naučnom smislu pomjerile s “mrtve tačke”, prvi autor predmetnog rada se potrudio izvršiti geološku interpretaciju područja Trgovska Gora, odnosno šireg okruženja koje podrazumjeva međudržavni teritorij, te da sukladno dostignutim saznanjima o geološkom sastavu i hidrogeološkim karakteristikama obrađenog terena, podstakne sve zainteresirane koji mogu ponuditi kvalitetan doprinos, da participiraju u ishodovanju najpoželjnijeg rezultata za lokalne zajednica u obje države, što uključuje i eventualno izmještanje deponije nuklearnog otpada na drugu lokaciju, koja bi shodno prirodnim pretpostavkama bila više prihvatljiva).

2 GEOLOŠKE, TEKTONSKE I HIDROGEOLOŠKE KARAKTERISTIKE PROSTORATRGOVSKA GORA

Pozicija predviđene deponije nuklearnog otpada u Republici Hrvatskoj (lokalitet Čerkezovac), morfološki je definirana kotom terena k.295.
Stratigrafski ovo područje označava donji do Srednji Karbon (C1,2), koji je litološki izražen alevritnim i subgrauvaknim pješčarima, te krečnjacima i dolomitima.
Tektonski, ovaj prostor se može tumačiti kao alohton, odnosno navučen material preko mlađih trijaskih naslaga (tektonsko-dekolmanski odnos), koji je odraz moćnih endodinamičkih procesa, generiranih sa sjeveroistoka, što pokazuje položaj čela navlake na geološkoj karti. U tom smislu, važno je naglasiti da je disjunktivna tektonika izražena kako na teritoriju Bosne i Hercegovine, tako i u prostoru Republike Hrvatske, što ukazuje na vrlo izvjesnu povezanost podzemnih i površinskih voda ove dvije administrativno odvojene cjeline (državne zajednice). Najznačajniji vodotok predmetnog prostora je rijeka Una koja duž najbližeg poteza prema poziciji aproksimativno usvojene kote terena k.295 (deponiji nuklearnog otpada), protiče na udaljenosti cca 2,5 km.



Slika 1 Geološka katra terena okruženja Trgovske Gore (lokalitet Čerkezovac)



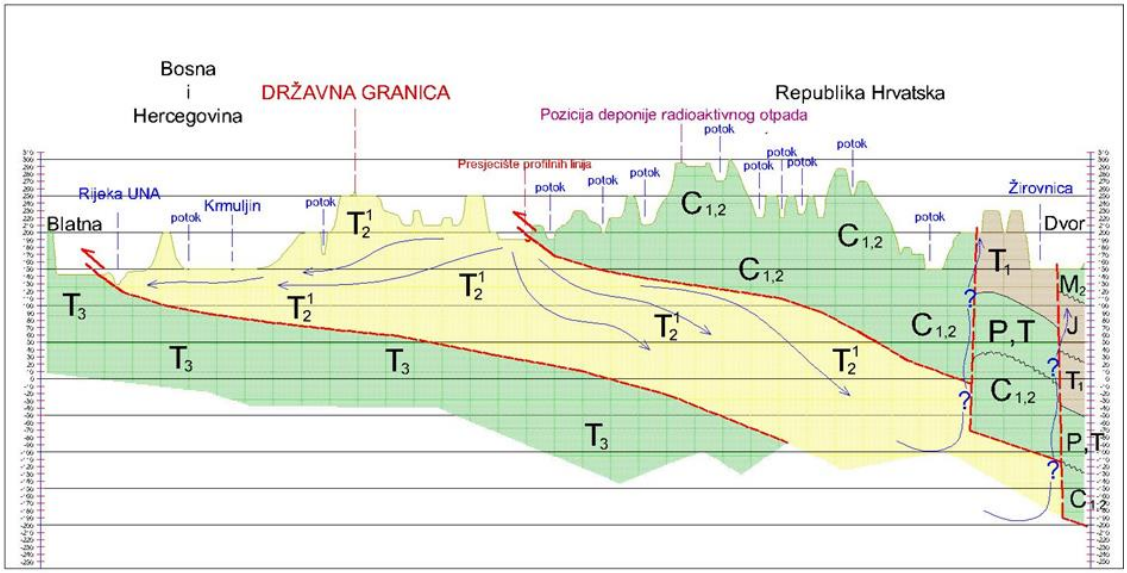
Slika 2 Hidrogeološka karta okruženja Trgovske Gore (lokalitet Čerkezovac)

Dakle, kota deponije Čerkezovac (usvojena k.295), zauzima znatno višu poziciju od toka rijeke Une, čiji se nivo registrira na koti cca 140 m u milonitiziranoj karbonatnoj sredini, kao posljedici navlačenja karbonskih tvorevina na mlađe trijaske naslage (Slike 2 i 3).
Prema profilu C -D (Slika 4), razlomna tektoniziranost prostora koji okružuje lokalitet Čerkezovac na Trgovskoj Gori, više je nego očigledna, uz konstataciju da se tok rijeke Une na ovoj poziciji nalazi na koti cca 125 m.

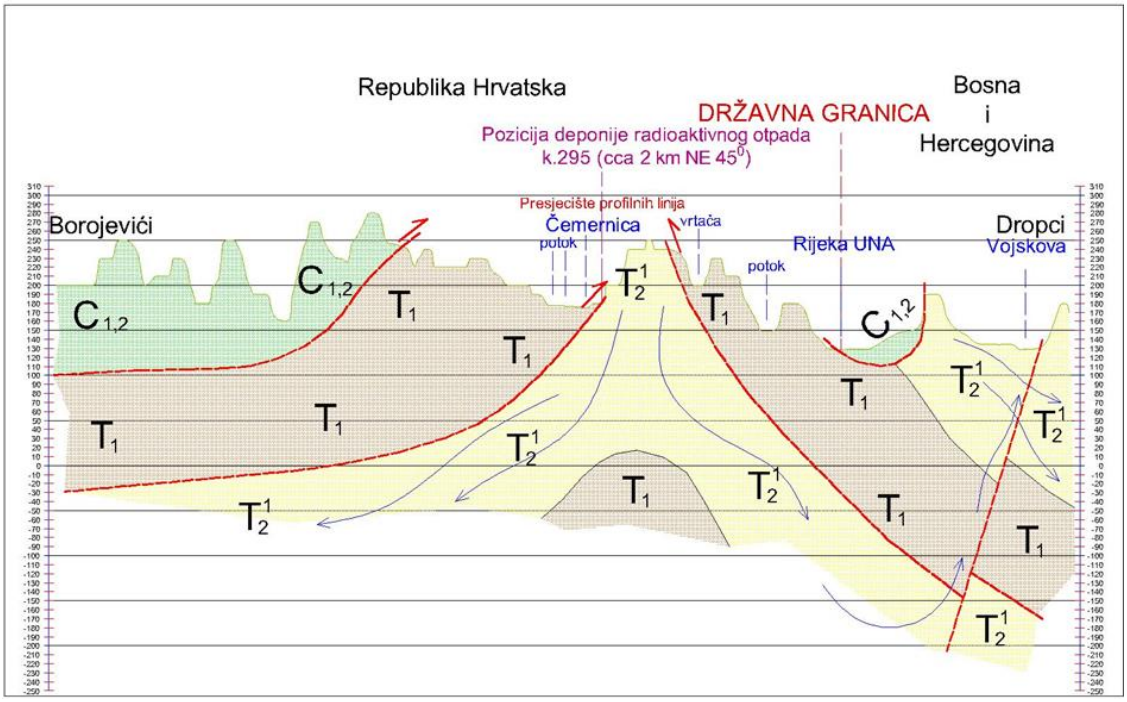
U hidrogeološkom smislu (prema hidrogeološkim karakteristikama i hidrogeološkoj funkciji stijenskih materijala), može se konstatirati da je prostor istraživanja koji podrazumjeva Trgovsku Goru, odnosno lokalitet Čerkezovac, označen slijedećim vrstama stijena:

- Stijene dobre vodopropusnosti intergranularne poroznosti s funkcijom akvifera (al)
- Stijene dobre vodopropusnosti karstno-pukotinske poroznosti s funkcijom akvifera (T21)
- Osrednje do slabo vodopropusne stijene pukotinske poroznosti (P,T; T3)
- Osrednje do slabo vodopropusne stijene, izražene kao hidrogeološki kompleks (C1,2; M22)
- Vrlo slabo vodopropusne do vodonepropusne stijene s funkcijom hidrogeološke barijere (T1; J).

Sukladno izvedenim konstatacijama o karakteristikama i funkciji stijenskih materijala iz užeg i šireg okruženja lokaliteta Čerkezovac na Trgovskoj Gori, predstavljena hidrogeološka karta s aproksimativno ucrtanom pozicijom predviđene deponije nuklearnog otpada i hidrogeološkim karakteristikama sredine, direktno ovisi o litologiji i tektonskom sklopu terena. U tom smislu, predočeni hidrogeološki profili također prikazuju hidrogeološke karakteristike zastupljenih stjenskih materijala unutar kojih su jasno naznačeni generalni pravci toka podzemne vode, koji kao podzemna vodna tijela ostvaruju hidrauličku vezu s površinskim vodotocima - primarno s rijekom Unom (hidrogeološka legenda kao sastavni dio hidrogeološke karte i hidrogeoloških profila predočenih u ovom radu, nudi potrebna pojašnjenja o stjenskim masama koje se pojavljuju kao bolje ili slabije vodopropusna sredina, odnosno akvifer, ili hidrogeološka barijera, zastupljeni unutar teritorija Bosne i Hercegovine, odnosno Republike Hrvatske.



Slika 3 Hidrogeološki profil A – B (potez: Kamenolom Blatna – Čerkezovac – Dvor)



Slika 4 Hidrogeološki profil C – D (potez: Borojevići – Lukački mlin – Dropci)

LEGENDA:

1. LEGENDA KARTIRANIH JEDINICA:

al	sedimenti rječnog korita (šljunak, pijesak, alevroliti, glina)
M_2^2	krečnjaci i vapnoviti lapori s interkalacijama tufova i uglja
J	magmatsko-sedimentni ofiolitski kompleks
T_3	dolomiti, rjeđe krečnjaci, rožnaci i glinci
T_2^1	uslojeni bijeli krečnjaci, dolomiti i breče
T_1	kvarc-liskunoviti pješčari i mjestimično krečnjaci
P,T	klastiti, krečnjaci, kvarciti i gips
$C_{1,2}$	alevritni i subgrauvakni pješčari, krečnjaci i dolomiti

2. LEGENDA STANDATDNIH OZNAKA:

24	geološka granica (utvrđena i aproksimativno određena)
	elementi pada sloja
	rasjed bez oznake karaktera
	čelo navlake
Fe	pojava metala (željezo)
	vrelo neutvrđene izdašnosti
	površinski vodotok (stalan)
	površinski vodotok (povremen)
	pretpostavljen privilegovan tok podzemne vode
	aproksimativno definirana pozicija
	deponije nuklearnog otpada

3. HIDROGEOLOŠKA KATEGORIZACIJA I FUNKCIJA STJENSKIH MASA:

	dobro vodopropusna sredina intergranularne poroznosti s pretežnom funkcijom akvifera
	dobro vodopropusna sredina kavernozno-pukotinske poroznosti s funkcijom akvifera
	osrednje vodopropusna sredina pukotinske poroznosti s funkcijom slabog do vrlo slabog akvifera
	vrlo slabo vodopropusna do vodonepropusna sredina s funkcijom potpune hidrogeološke barijere

Slika 5 Legenda hidrogeološke karte i hidrogeoloških profila u prostoru Trgovska Gora

U tom smislu posebno se sugerira obraćanje pažnje na stavku 3, hidrogeološke legende (3. HIDROGEOLOŠKA KATEGORIZACIJA I FUNKCIJA STJENSKIH MASA), s obzirom da taj dio legende eksplicitno pokazuje, koliko je za objekat (deponija nuklearnog otpada), na lokalitetu Trgovska Gora opravdano ili neopravdano, odabrana lokacija kad je u pitanju opasnost od ugrožavanja podzemnih i površinskih voda, te s tim u vezi, koliko je naglašena potencijalna opasnost od ugrožavanja biljnog i životinjskog svijeta, odnosno okoliša koji podrazumjeva njegovo uže i šire okruženje.

Kao finale ovog izlaganja, prvi autor ne insistira na konačnosti predmetnog dokumenta, nego naprotiv, naglašava potrebu za argumentovanim korigovanjem i kvalitativnim poboljšanjem, pri čemu se ovom prilikom mole svi koji mogu dati odgovarajući doprinos (kako institucije, tako i pojedinci), da participiraju u nivou koji može zadovoljiti stručno-naučni segment rješavanja problematike vezane za deponiju nuklearnog otpada Trgovska Gora u Republici Hrvatskoj.

U tom smislu, mnogo bi pomogla i nedostajuća dokumentacija (OGK SFRJ 1:100000, list Bosanski Novi), ukoliko je taj dokument moguće naći, kako bi se putem adekvatnih analiza i relevantnih istraživanja, dobio potpuniji uvid u stvarno stanje litostratigrafije i tektonike, a s tim u vezi i hidrogeološke slike prostora Trgovska Gora, te na taj način predočio valjan dokaz kojim bi se mogućnost građenja deponije nuklearnog otpada u neposrednoj blizini granice s Bosnom i Hercegovinom (gdje je smješten “Park prirode Una”), mogla usvojiti, ili odbaciti.

3 ZAKLJUČAK

Autori su slobodni predložiti i neizostavnu potrebu za sljedećim istraživanjima, čije bi se težište odnosilo na:

- Precizno definiranje pozicije mikrolokacije deponije nuklearnog otpada Trgov.Gora
- Precizno definiranje dubine deponije nuklearnog otpada Trgovska Gora
- Potvrditi ili negirati već definirani litostratigrafski sastav materijala u kom se planira izgradnja deponije nuklearnog otpada Trgovska Gora
- Potvrditi ili negirati hidrogeološke karakteristike sredine u kojoj se planira izgradnja deponije nuklearnog otpada (hidrogeološke karakteristike i hidrogeološka funkcija litostratigrafskih cjelina na kontaktu s Karbonom)
- Ustanoviti hidrološke karakteristike sliva rijeke Une koji u cijelosti zahvata prostor deponije nuklearnog otpada Trgovska Gora
- Ustanoviti pedološke karakteristike sredine na koju deponija nuklearnog otpada Trgovska Gora može ostvariti uticaj, te utvrditi da li postoji uzgoj poljoprivrednih kultura i kakva je zastupljenost stočnog fonda
- Sagledati šumske karakteristike prostora i eventualni uticaj deponije
- Prostor proglašen Parkom Prirode neophodno je valorizirati u smislu definiranja biodiverziteta, te s tim u vezi definirati moguću zastupljenost kulturno-historijskog nasljeđa za koje je Bosna i Hercegovina zainteresirana u smislu njegovog očuvanja.

LITERATURA

1. OGK SFRJ 1:100000, list Bosanska Krupa (Savezni geološki zavod Beograd, 1977.)
2. OGK SFRJ 1:100000, list Slunj (Savezni geološki zavod Beograd, 1979.)
3. OGK SFRJ 1:100000, list Kostajnica (Savezni geološki zavod Beograd, 1986.)
4. OGK RH 1:100000, list Bosanski Novi (Hrvatski geološki institut Zagreb, ….)

VAŽNOST HIDROMORFOLOŠKIH ELEMENTATA U OCJENI STANJA VODNIH TIJELA TEKUĆICA NA PRIMJERU VODNOG PODRUČJA JADRANSKOG MORA U FEDERACIJI BIH

THE IMPORTANE OF HYDROMORFOLOPGICAL ELEMENTS IN THE ASSESSMENT OF THE RIVER WATER BODIES STATUS ON THE EXAMPLE OF THE ADRIATIC SEA BASIN IN FEDERATION OF BIH

Ivan Vučković
Elektroprojekt, Građevinsko-arhitektosnki biro, Odjel zaštite voda, prirode i okoliša, Alexandera von Humboldta 4, 10 000 Zagreb, ivan.vuckovic @elektroprojekt.hr

Mladen Plantak
Elektroprojekt, Građevinsko-arhitektosnki biro, Odjel zaštite voda, prirode i okoliša, Alexandera von Humboldta 4, 10 000 Zagreb, ivan.vuckovic @elektroprojekt.hr

Iva Vidaković
Elektroprojekt, Građevinsko-arhitektosnki biro, Odjel zaštite voda, prirode i okoliša, Alexandera von Humboldta 4, 10 000 Zagreb, ivan.vuckovic @elektroprojekt.hr

Marta Srebočan
Elektroprojekt, Građevinsko-arhitektosnki biro, Odjel zaštite voda, prirode i okoliša, Alexandera von Humboldta 4, 10 000 Zagreb, ivan.vuckovic @elektroprojekt.hr

Koni Čargonja-Reicher
Elektroprojekt, Građevinsko-arhitektosnki biro, Odjel zaštite voda, prirode i okoliša, Alexandera von Humboldta 4, 10 000 Zagreb, ivan.vuckovic @elektroprojekt.hr

Stjepan Mišetić
Elektroprojekt, Građevinsko-arhitektosnki biro, Odjel zaštite voda, prirode i okoliša, Alexandera von Humboldta 4, 10 000 Zagreb, ivan.vuckovic @elektroprojekt.hr

Damir Mrđen
Agencija za vodno područje Jadranskog mora Mostar, Ulica dr. Ante Starčevića b.b. 88 000 Mostar, Bosna i Hercegovina

Ana Sudar
Agencija za vodno područje Jadranskog mora Mostar, Ulica dr. Ante Starčevića b.b. 88 000 Mostar, Bosna i Hercegovina

Emil Bakula
Agencija za vodno područje Jadranskog mora Mostar, Ulica dr. Ante Starčevića b.b. 88 000 Mostar, Bosna i Hercegovina

Sažetak: Postizanje i očuvanje dobrog stanja vodnih tijela zakonska je obveza koju je Bosna i Hercegovina usvojila kao zemlja kandidat za pristupanje Europskoj uniji, sukladno njenoj Okvirnoj direktivi o vodama (ODV). Dobro stanje površinskih voda uključuje dobro ekološko i kemijsko stanje, a ekološko stanje određuju biološki i fizikalno-kemijski parametri, specifične onečišćujuće tvari i hidromorfološki uvjeti. U radu će biti prikazani elementi koji su sastavni dio ocjene hdromorfološkog stanja vodnih tijela na vodnom području Jadranskog mora u Federaciji BiH kroz 16 hidromorfoloških pokazatelja, koji uključuju morfologiju korita, hidrološki režim i uzdužnu povezanost na pojedinom vodnom tijelu.

Ključne riječi: površinske vode - tekućice, hidromorfologija, vodna tijela

Abstract: Achieving and maintaining good water body status is a legal obligation that Bosnia and Herzegovina has adopted as a candidate country for accession to the European Union, in accordance with its Water Framework Directive (WFD). Good surface water status includes good ecological and chemical status, and the ecological status is determined by biological and physico-chemical parameters, specific pollutants and hydromorphological conditions. The paper will present the elements that are an integral part of the assessment of the hydromorphological status of water bodies on the Adriatic Sea basin in the Federation of Bosnia and Herzegovina through 16 hydromorphological indicators, which include river bed morphology, hydrological regime and longitudinal connectivity at each water body.

Key words: surface water - rivers, hydromorphology, water bodies

1 UVOD

Hidromorfološke značajke su jedan od preduvjeta razvoja i opstanka životnih zajednica u površinskim vodama. Tekućice su specifični dinamični okoliši koji se neprestano mijenjaju zbog promjena u protoku i pronosu sedimenta. Promjene izazvane dinamikom hidromorfoloških obilježja značajno će utjecati na riječne ekosustave, odnosno biološke zajednice pa samim tim i na ekološko stanje voda.

Usvajanjem Okvirne direktive o vodama (ODV/WFD 2000/60/EC) europske su se zemlje, uključujući Bosnu i Hercegovinu kao zemlju kandidata za proširenje Europske unije, obavezale upravljati vodnim resursima na način koji će osigurati postizanje najmanje dobrog ekološkog stanja za prirodna vodna tijela i najmanje dobrog ekološkog potencijala voda za znatno promijenjena i umjetna vodna tijela.

Prije donošenja ODV-a procjena ekološkog stanja prvenstveno se temeljila na analizi i ocjeni fizikalno-kemijskih i bioloških pokazatelja, no ODV-om se kao bitan element određivanja ekološkog stanja voda uvodi i hidromorfologija koja se bavi strukturom i morfološkom dinamikom vodnih tijela odnosno obuhvaća hidrološke i morfološke elemente (uključujući vegetaciju) i procese koji se događaju unutar vodnih tijela. Vodna tijela se tijekom vremena mijenjaju zahvaljujući nizu utjecaja koji mogu biti prirodnog i antropogenog karaktera (npr. promjena korištenja zemljišta, izgradnja hidrotehničkih objekata, klimatske promjene i sl.), a nastale promjene mogu značajno utjecati na stanje voda. Shodno tome, u okviru primjene Okvirne direktive o vodama, hidromorfološki elementi su nezaobilazni za:

- opis tip-specifičnih referentnih uvjeta vodnih tijela (Aneks II, 1.3 ODV),
- definiranje ciljeva kakvoće za procjenu ekološkog stanja gdje se ocjenjuju antropogene promjene i definira ekološki potencijal,
- karakterizaciju tipova vodnih tijela (prirodna, značajno promijenjena, umjetna) (Aneks II, 1.1. ODV), te
- identifikaciju tipova i veličine antropogenih opterećenja na vodna tijela kao 1 u procjeni osjetljivosti stanja vodnih tijela na ta opterećenja (Aneks II, 1.4 i 1.5 ODV).

Hidromorfološki elementi kakvoće definirani su ODV-om, gdje je Aneksom V propisano da od hidromorfoloških elemente u tekućicama treba pratiti:

1. Hidrološki režim
   Količina i dinamika vodnog toka
   Veza s podzemnim vodama
2. Kontinuitet rijeke
3. Morfološki uvjeti
   Varijacije širine i dubine rijeke
   Struktura i sediment dna rijeke
   Struktura obalnog pojasa

Monitoringom hidromorfoloških elemenata zadanih Okvirnom direktivom te njihovom usporedbom s neporemećenim stanjem procjenjuju se hidromorfološke promjene i njihov utjecaj na stanje vodnih tijela. Za razliku od opisa hidromorfoloških elemenata kakvoće, Okvirna direktiva je u pogledu definiranja metodologije monitoringa tih elemenata vrlo ograničena. Naime, zbog izrazite heterogenosti različitih europskih regija, nije moguće definirati metodološki pristup koji bi precizno reflektirao specifičnosti područja na kojima se primjenjuje te je odgovornost za definiranje metodologije provođenja hidromorfološkog monitoringa prepuštena zemljama članicama.

Općeniti metodološki pristup hidromorfološkom monitoringu rijeka definiran je europskim standardom EN 14614:2004 *(Water quality – Guidance standard for assessing the hydromorphological features of rivers)* koji služi kao vodič u definiranju metodologije hidromorfološkog monitoringa rijeka.

Način monitoringa, bodovanje te ocjena ekološkog stanja na temelju hidromorfoloških elemenata kakvoće propisuje se metodologijom koja se temelji na europskom standardu EN 15843:2010 *(Water quality - Guidance standard on determining the degree of modification of river hydromorphology),* navedeni standard usvojen je kao i BIH standard BAS/EN 15843 (2011).

Okvirna direktiva o vodama predviđa evaluaciju postojećeg ekološkog stanja voda, definiranje referentnih uvjeta kao i mjera potrebnih za postizanje najmanje dobro ekološkog stanja i potencijala za znatno promijenjena i umjetna vodna tijela.

Ocjena podataka iz I. ciklusa planova upravljanja vodnim područjima zemalja članica Europske unije pokazuje da je 40% europskih rijeka pod utjecajem hidromorfoloških opterećenja prouzrokovanih izgradnjom brana i akumulacija, riječnom plovidbom, navodnjavanjem, zaštitom od poplava i urbanim razvojem, što je rezultiralo promjenom prirodnih procesa (hidroloških, geomorfoloških i ostalih relevantnih) te degradacijom prirodnih staništa.

Definiranje referentnih hidromorfoloških uvjeta je veoma složeno jer je najčešće nemoguće povratiti hidromorfološke promjene u referentno stanje. Morfološki procesi često dovode do sporih promjena staništa, a degradaciju je teško otkriti bez poznavanja fluvijalne geomorfologije. Ove spore promjene se lakše određuju praćenjem hidromorfoloških nego bioloških elemenata. S tim u skladu treba razvijati metodologiju provođenja hidromorfološkog monitoringa koja će omogućiti njihovu hidromorfološku karakterizaciju i ocjenu, a time i ocjenu ekološkog stanja voda te pridonijeti definiranju mjera potrebnih za postizanje dobrog ekološkog stanja voda odnosno dobrog ekološkog potencijala za znatno promijenjena i umjetna vodna tijela.

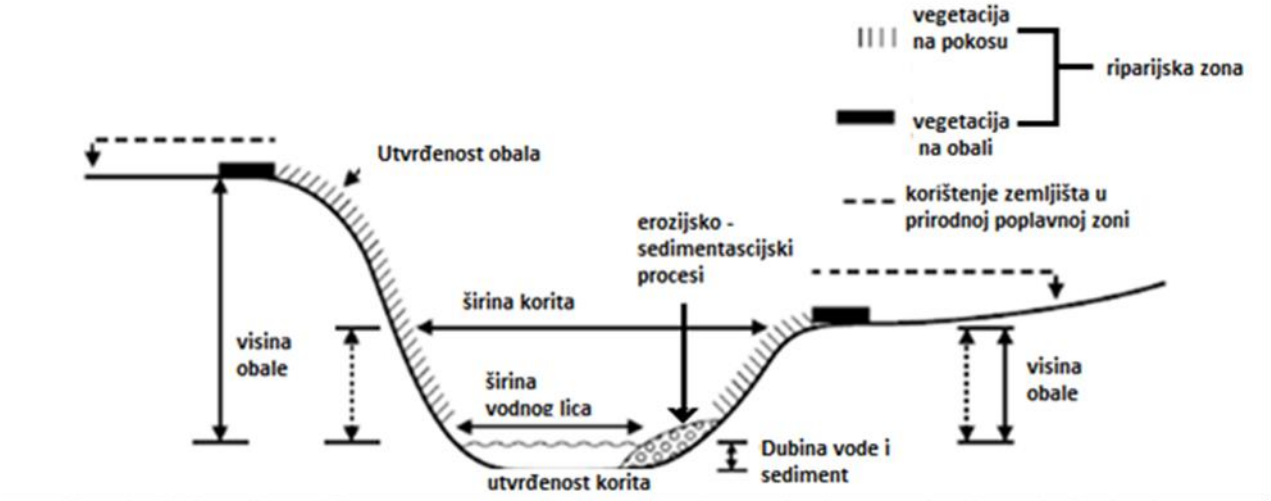
2 PROVODBA HIDROMORFOLOŠKOG MONITORINGA VODNIH TIJELA POVRŠINSKIH VODA NA VODNOM PODRUČJU JADRANSKOG MORA U FEDERACIJI BIH

Procjena općeg hidromorfološkog stanja temeljila se na dostupnim podacima za niz hidromorfoloških elemenata vezanih uz kakvoću voda prema usvojenoj europskoj normi BAS/EN 15843 (2011) koji su prikupljeni tijekom terenskog obilaska vodotoka (tablica 1).

Kategorija	Glavno	Dopunsko
1.Geometrija korita	✓	
1a. Tlocrt dionice vodotoka	✓	
1b. Presjek korita (uzdužni i poprečni presjek)		
2.Podloga		
2a. Količina umjetnih tvrdih materijala	✓	
2b. Mješavina „prirodnih“ podloga		✓
3.Vegetacija i organski ostaci u koritu		
3a. Uklanjanje vodene vegetacije		✓
3b. Količina detritus od drveća/ako je ima		✓
4. Erozija		✓
5. Protok		
5a. Utjecaj umjetnih građevina u koritu unutar dosega	✓	
5b. Učinci promjena širom sliva na karakter prirodnog toka	✓	
5c. Učinci promjene u dnevnom protoku (npr. vršno ispuštanje iz HE)	✓	
6. Uzdužna povezanost pod utjecajem umjetnih građevina	✓	
7. Struktura obale i promjene na obali	✓	
8. Vrsta/struktura vegetacije na obalama i na okolnom zemljištu	✓	
9. Korištenje okolnog zemljišta i s time povezana obilježja		
10. Interakcija između korita i poplavnog područja		
10a. Stupanj lateralne povezanosti rijeke i poplavnog područja	✓	
10b. Stupanj bočnog kretanja riječnog korita	✓	

Tablica 1: Kategorije glavnih i dopunskih obilježja za određivanje hidromorfoloških promjena prema normi BAS EN 15843 (2011)

Elementi korišteni za utvrđivanje promjena hidromorfološkog stanja prema normi EN 15843:2010 (Water quality - Guidance standard on determining the degree of modification of river hydromorphology) prikazani su u tablici 1, a prikaz pojedinih dijelova tekućica i zaobalja koji ulaze u ocjenu hidromorfološkog stanja na slici 1.



Slika 2: Prikaz pojedinih dijelova tekućice i zaobalja koji ulaze u ocjenu hidromorfološkog stanja Izvor: River Habitat Survey Manual, 2003

2.1. PODRUČJE I VRIJEME PROVEDBE MONITORINGA

Temeljna prostorna jedinica na kojoj se provodi hidromorfološki monitoringa je odsječak vodotoka. Morfološke pojave i obilježja načelno se mijenjaju što je tekućica šira pa se stoga i duljina istraživanog odsječka razmjerno prilagođava širini tekućica. Granice između kategorija širina tekućica utvrđene su na temelju ocjene dostupnih podataka o širini riječnog korita (topografske karte u mjerilu 1:25 000) i terenskih istraživanja. Odabrani istraživani odsječak trebao bi biti reprezentativan za to vodno tijelo u pogledu morfoloških obilježja. Ovisno o širini vodotoka dionica koja se istražuje je promjenjiva i iznosi 200 m, 500 m i 1000 m. (Tablica 2).

Veličina (širina) tekućice	Širina korita	Duljina odsječka
Mala	< 10 m	200 m
Srednje velika	10 – 30 m	500 m
Velika	> 30 m	1000 m

Tablica 2: Duljina istraživanih odsječaka u hidromorfološkom monitoringu

Prije odlaska na teren prikupljeni su sljedeći podaci i podloge:

- digitalne ortofoto snimke
- GIS slojevi te karte koje prikazuju razgraničenje vodnih tijela unutar slijevova
- karte
  - topografske karte u mjerilu 1:25.000 za definiranje trenutnog tlocrtnog oblika,
  - geološke i geomorfološke karte (1:100.000),
- slojevi iz GIS baza podataka ili karte za analizu korištenja zemljišta na poplavnom području i slijevu,
- hidrološki vremenski nizovi (protoci, vodostaji itd.) za vodna tijela za koja postoje povijesni podaci,
- katastar hidrotehničkih objekata i ostali materijali o zahvaćanju vode, upravljanju akumulacijama i sl.

Sukladno propisanoj normi terenska istraživanja se provode u vegetacijskom (od 01.04 do 30.09.) razdoblju kada se biljne vrste ili struktura vegetacije u koritu, na obali i obalnom pojasu mogu točno evidentirati. Tijekom tog razdoblja na većini mjernih postaja zabilježen je mali protok.

2.2. OPIS TERENSKOG ISTRAŽIVANJA I UREDSKOG RADA U OCJENI HIDROMORFOLOŠKOG STANJA

Prije terenskog istraživanja, osim što je detaljno proučena metoda istraživanja, istraživači su upoznati i s obilježjima koje treba evidentirati na terenu.
Hidromorfološkim monitoringom utvrđeno je prisustvo pojedinih prirodnih, izmijenjenih ili umjetnih hidromorfoloških obilježja i svojstava. Ispunjeni protokoli terenskog istraživanja dopunjeni su fotografijama lokacija s pažljivo zabilježenim podacima o mikrolokaciji koji su važni za ocjenu hidromorfoloških promjena i specifičnosti koje su se odnosile na pojedinu dionicu. Navedene fotografije korisne su i za buduće usporedbe stanja i promjena. Točne mikrolokacije (npr. uzvodna i nizvodna granica, položaj, fotografija) određivane su pomoću GPS prijemnika. Tijekom istraživanja snimane su i fotografije pojedinih hidromorfoloških obilježja, tako da se preko terenskih fotografija mogu pratiti promjene u tekućicama, vezano za pojedine dijelove kako je pojednostavljeno prikazano na slici 1.
Protokoli terenskih istraživanja ispunjavani su na terenu, a prethodno evidentirani pokazatelji i ocjene

koje su dane u uredu na osnovi karata podvrgavane su terenskoj provjeri na svakoj lokaciji.
Obrade hidroloških podataka obavljene su kabinetski na temelju hidroloških nizova podataka dobivenih od naručitelja. Analizirane su one stanice i nizovi podataka za koje je utvrđeno da bi mogle opisivati promjene relevantne za ocjenu odsječka ili vodnog tijela.
Terenski rad obavljan je prehodom i bilježenjem obilježja obje strane tekućice, a na velikom broju lokacija, gdje je to bilo moguće ulazilo se i u korito i hodalo dnom vodnog tijela kako bi se evidentirala morfološka svojstva koja su vezana za korito.
Za ocjenjivanje promjena poprečnog i uzdužnog profila korištene su dostupne povijesne topografske karte. Te karte predstavljaju ključni izvor informacija za postavljanje referentnih uvjeta za neke hidromorfološke elemente.
Vrijednosti pojedinih elementa hidromorfološkog stanja mogu se razlikovati između različitih tipova vodotoka iako se radi o referentnom stanju. Posljedica je to prirodnih varijacija u vrijednosti pojedinog elementa u prirodnim ekosustavima tekućica različitog hidromorfološkog tipa.
Kod tekućica koje su bile preduboke za gaženje obilježja korita su registrirana i bilježena promatranjem s obale. U svim drugim slučajevima ulazak u korito je bio obvezan radi provjere sastava i strukture riječne podloge.
Za ocjenu longitudinalne povezanosti vodotoka korišteni su online kartografski preglednici (DOF, Arkod), GE i registar građevina (dobiven od Naručitelja). U slučaju postojanja prepreka u vodotoku (pregrade, brane) na terenu je mjerena visina prepreka.
Količina umjetnih materijala u koritu ocijenjena je terenskim istraživanjem.
Pri ocjeni prirodnosti sedimenta u obzir su uzimani i podatci elemenata metodologije Učinci umjetnih građevina u koritu unutar vodnog tijela i Uzdužna povezanost vodnog tijela pod utjecajem umjetnih građevina s aspekta migracije biote i pronosa sedimenta. Uz gore navedene elemente za ocjenu ovog pokazatelja korišteni su i podaci terenskog zapažanja koji su evidentirani preko georeferenciranih fotografija.
Struktura sedimenta i promjene na pokosu obale ocjenjivani su temeljem GE, DOF, mjerenjem dužinskog udjela promijenjenog pokrova obale, te podataka prikupljenih iz terenskih zapažanja.
Kategorije o održavanju vodene vegetacije, količini drvenastih ostataka u koritu, te obilježjima erozije i taloženja ocjenjivane su temeljem GE, DOF i podataka terenskih zapažanja.
Vrsta i struktura priobalne (riparijske) vegetacije je ocjenjena u zoni širine 10 m od linije obale uz obje strane tekućice korištenjem ortofoto snimaka (DOF) i podataka terenskih zapažanja.
Ocjena o korištenju zemljišta u prirodnoj poplavnoj zoni dana je nakon GIS zoniranja, a korištene su karte zemljišnog pokrova Corine Land Cover 2012. i podatci terenskih zapažanja.
Za ocjenu lateralne povezanosti rijeke i poplavnog područja korišteni su DOF, i podatci s terena preko gereferenciranih fotografija.

2.3. BODOVANJE HIDROMORFOLOŠKIH POKAZATELJA

Ocjena ekološkog stanja temeljem hidromorfoloških elemenata kakvoće izračunata je iz srednje vrijednosti svih elemenata ocjene na pojedinom odsječku, odnosno vodnom tijelu (tablica 2.3).

Ocjena	Klasa	Opis	Boja na karti
1 do < 1,5	1	Prirodno	Plava
1,5 do < 2,5	2	Neznatno izmijenjeno	Zelena
2,5 do < 3,5	3	Umjereno izmijenjeno	Žuta
3,5 do < 4,5	4	Značajno izmijenjeno	Narančasta
4,5 do 5,0	5	Jako izmijenjeno	Crvena

Tablica 3: Kategorizacija hidromorfološkog stanja kod 5 klasa

Kada se raspolagalo s dovoljnom količinom podataka ocjenjivalo se preko kvantitativnog bodovanja i ocjena je dana sukladno Tablici 3.

U slučajevima kada nije bilo moguće izvršiti kvantitativno bodovanje pokazatelja (nije bilo povijesnih karta, dovoljno dugih hidroloških nizova i dr.) takvi pokazatelji su bodovani kvalitativno, a ekološko stanje temeljem hidromorfoloških elemenata kakvoće je ocjenjeno prema Tablici 4. Peterostupanjske ljestvice (bodovna ljestvica A) i trostupanjske ljestvice (bodovna ljestvica B) su međusobno zamjenjive sukladno tablici 5.

Ocjena	Klasa	Opis	Boja na karti
1 do < 2,5	1	Prirodno do neznatno izmijenjeno	Plava
2,5 do < 3,5	3	Neznatno izmijenjeno do umjereno izmijenjeno	Žuta
3,5 do 5,0	5	Umjereno izmijenjeno do jako izmijenjeno	Crvena

Tablica 4. Kategorizacija hidromorfološkog stanja kod 3 klase

Peterostupanjska ljestvica (bodovna ljestvica A)	Trostupanjska ljestvica (bodovna ljestvica B)
1	1
2	1
3	3
4	5
5	5

Tablica 5: Način zamjene peterostupanjske i trostupanjske ljestvice

2.4. REZULTATI HIDROMORFOLOŠKOG MONITORINGA TEKUĆICA NA VODNOM PODRUČJU JADRANSKOG MORA U FEDERACIJI BIH

Planom upravljanja vodama za vodno područje Jadranskog mora u Federaciji BiH definirano je 211 vodnih tijela tekućica, 4 vodna tijela stajaćica i jedno (1) vodno tijelo priobalnih voda.

Na temelju terenskih obilazak i prikupljenih hidromorfoloških pokazatelja za 211 vodnih tijela tekućica (slika 3) donosi se sljedeći zaključak:

- 111 vodnih tijela je u vrlo dobrom hidromorfološkom stanju (prirodno)
- 41 vodnih tijela je u dobrom stanju (neznatno izmijenjeno)
- 19 vodnih tijela je u umjereno dobrom stanju (umjereno izmijenjeno),
- 32 vodnih tijela je u lošem stanju, (značajno izmijenjeno), te
- vodna tijela u vrlo lošem hidromorfološkom stanju (jako izmijenjeno)
- 4 umjetna vodna tijela, nisu ocjenjuju, odnosno na njima se nije proveo hidromorfološki monitoring, jer su to vodna tijela nastala djelovanjem ljudske aktivnosti.



Slika 3: Hidromorfološko stanje površinskih voda na vodnom području Jadranskog mora u Federaciji BiH

3 ZAKLJUČAK

Na vodnom području Jadranskog mora u Federaciji BiH od ukupno 211 vodnih tijela njih 73% odnosno 152 vodna tijela zadovoljava kriterije vrlo dobrog i dobrog hidromorfološkog stanja što je cilj ODV-a, dok 27% odnosno 55 vodnih tijela nije u najmanje dobrom stanju te ne zadovoljava kriterije odnosno ciljeve ODV-a. Na tim vodnim tijelima potrebno je provoditi mjere za poboljšanja stanja voda, odnosno mjere za postizanje najmanje dobrog ekološkog potencijala ako se radi o vodnim tijelima koja su u kategoriji jako izmijenjenih vodnih tijela.

Hidromorfologija uključuje dvije kategorije elemenata: hidrološke i morfološke. Hidrološki obuhvaćaju pokazatelje režima, prvenstveno količine i dinamike protoka, dok se morfološki elementi odnose na geomorfološke oblike vodnih tijela definirane morfometrijskim odnosima poput širine, dubine, nagiba i promjene pada tekućice te sastavom i strukturom korita, obala i obalnih zona (zaobalja). Karakterizacija vodnih tijela u skladu sa zahtjevima ODV-a (prije razvoja hidromorfoloških metoda u EU) ukazala je na činjenicu da je veliki broj površinskih vodnih tijela pod rizikom nemogućnosti postizanja „dobrog stanja“, što je posljedica hidromorfoloških pritisaka i činjenice da je značajan postotak površinskih vodnih tijela privremeno identificiran kao *znatno promijenjena vodna tijela*. Termini *znatno promijenjeno vodno tijelo i umjetno vodno tijelo* odnose se na dionice na kojima su fizičke karakteristike značajno promijenjene uslijed antropogenih utjecaja, što sprječava postizanje dobrog ekološkog stanja. Osnovni uzroci tih promjena su: korištenje voda (hidroenergija, vodoopskrba, plovidba, odvodnja, navodnjavanje, obrana od poplava i dr.).

Tipovi hidromorfoloških pritisaka na površinska vodna tijela trebaju biti razmatrani pojedinačno i u kombinaciji, a što uključuje: brane, ustave, pregrade, taložnice, obaloutvrde, uklanjanje nanosa iz rijeka (pijeska i šljunka), uklanjanje priobalne vegetacije, komercijalni ribolov, izmjena staništa, korištenje priobalnog zemljišta, i dr.

Osnovni razlog za ispitivanje hidromorfološkog stanja je proširivanje znanja o hidromorfološkim pritiscima i utjecajima kao posljedicama ljudske aktivnosti. Hidromorfološko stanje je od vrlo važnog značenja za formiranje staništa u tekućicama. Okvirna direktiva o vodama zahtjeva provođenje aktivnosti za ocjenu hidromorfoloških obilježja radi povezivanja s biološkim i kemijskim podatcima za ocjenu ekološkog stanja voda. Preciznije, određivanje ekološkog stanja površinskih vodnih tijela se bazira na biološkim elementima, dok hidromorfološki, kemijski i fizikalno-kemijski pokazatelji trenutno predstavljaju dopunske elemente, koji uvjetuju definiranje tip-specifičnih bioloških zajednica u površinskim vodama (tekućice, stajaćice te priobalne vode).

LITERATURA

1. Agencija za vodno područje Jadranskog mora Mostar (2016): Plan upravljanja vodnim područjem Jadranskom mora u Federaciji Bosne i Hercegovine za razdoblje 2016-20121. (Radni materijal predložen za usvajanje).
2. Bačić, M., Mladenović, D., Ninković D. (2009): Hidromorfloške promene i upravljanje vodama, Vodoprivreda, 41, (240-242), 137-144.
3. BAS/EN 15843: 2011: Kvalitet vode – Standardno uputstvo za određivanje stepena modifikacije riječne hidromorfologije.
4. Belletti, B., Rinaldi, M., Buijse, A. D., Gurnell, A. M., Mosselman, E. (2015): A review of assessment methods for river hydromorphology, Environmental Earth Sciences 73: 2079-2100.
5. British Environment Agency (2003). River Habitat Survey in Britain and Ireland. Field Survey Guidance Manual: 2003. Bristol.
6. Elektroprojekt i Prirodoslovno-matematički fakultet, Geografski odsjek Sveučilišta u Zagrebu (2018): Sustavno ispitivanje hidromorfoloških elementa kakvoće u rijekama u 2016. i 2017. godini, Zagreb, 474 str.
7. Elektroprojekt i Prirodoslovno-matematički fakultet, Geografski odsjek Sveučilišta u Zagrebu (2019): Sustavno ispitivanje hidromorfoloških elementa kakvoće u rijekama u 2018. godini, Zagreb, 695 str.
8. Elektroprojekt Zagreb, i Zavod za vodoprivredu Bijeljina (2014): Plan upravljanja riječnim slivom Nereteve i Trebišnjice u Federaciji Bosne i Hercegovine.
9. Elektroprojekt, Zavod za vodoprivredu Sarajevo, Zavod za vodoprivredu Bjeljinja, 2013: Studija određivanja ekološki prihvatljivog protoka na sedam (7) profila na rijekama Neretvi Trebišnjici. PROJEKT UPRAVLJANJA NERETVOM I TREBIŠNJICOM Bosna i Hercegovina – Darovnica br: GEF TF091969.
10. EN 14614:2004: Water quality - Guidance standard for assessing the hydromorphological features of rivers
11. EN 15843:2010: Water quality - Guidance standard on determining the degree of modification of river hydromorphology.

12. Odluka o karakterizaciji površinskih i podzemnih voda, referentnim uslovima i parametrima za ocjenu stanja voda i monitoringu voda (Službene novine FBiH broj 1/14).
13. Okvirna direktiva o vodama, izdanje JUVP Novi Sad, 2005.
14. Podrška vodnoj politici za BiH, Pod-strategija o načinu sudjelovanja javnosti u procesu implementacije eu okvirne direktive o vodama u BiH, EC IPA 2007 Program za Bosni i Hercegovinu.
15. Strategija upravljanja vodama Federacije BiH, Zavod za vodoprivredu d.d. Sarajevo i Zavod za vodoprivredu d.o.o. Mostar, Sarajevo, 2012.
16. Vodiči za primjenu ODV-a:
    - CIS, Vodič br. 7 „Monitoring prema Okvirnoj direktivi o vodama
17. Zakon o vodama Federacije BiH, Sl. novine Federacije BiH br.70/2006

ZBORNIK RADOVA

PROCEEDINGS



DRUGI BiH KONGRES O VODAMA

THE SECOND B&H WATER CONGRESS

REKLAME
ADVERTISEMENTS



Profesionalno projektovanje

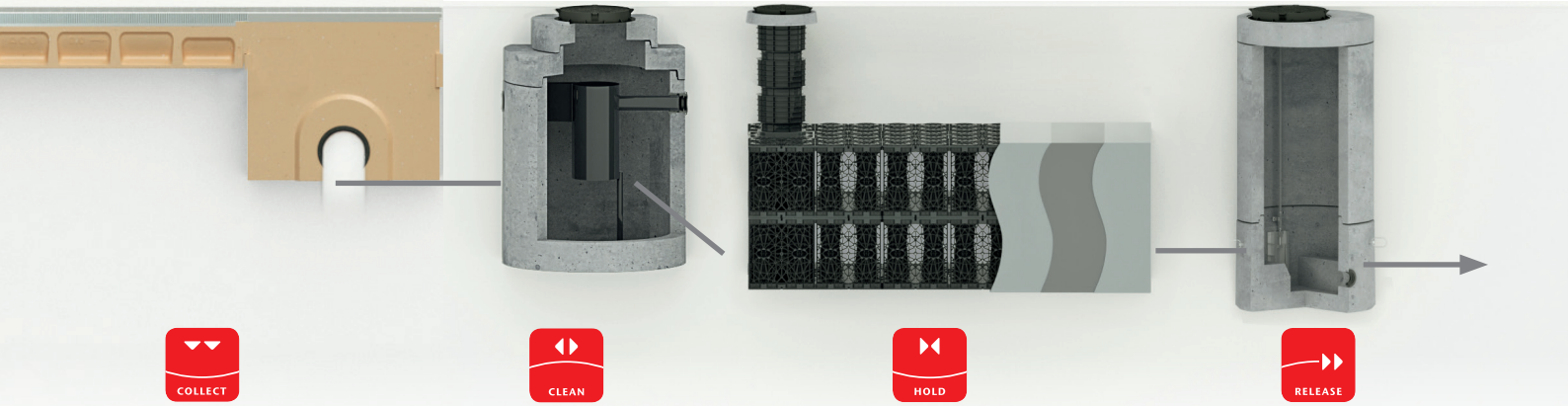
Upravljanje oborinskim vodama i zaštita voda

ACO nudi rješenja za upravljanje oborinskim vodama i zaštitu voda. Ova rješenja igraju veliku ulogu u planiranju i projektovanju urbane, infrastrukturne i industrijske odvodnje. Kako za investitore, inženjerske biroe, arhitekte i izvođače tako i za održavanje objekata, ACO nudi inovativne proizvode za građevinarstvo, cestogradnju i pejzažnu arhitekturu. Sa opsežnim alatima za planiranje i uslugama, ACO također pomaže u projektovanju, izgradnji i održivom upravljanju savremenim sistemima odvodnje.
Nudimo rješenja nove generacije za upravljanje oborinskim vodama, koja kontrolišu tok vode od njenog prihvatanja i odvodnje, do prečišćavanja, zadržavanja i kontrolisanog ispuštanja u prirodnu sredinu, kako bi se ponovo uspostavio prirodni ciklus kruženja vode.

Područja primjene

- Parkirališta
- Javne saobraćajnice
- Autoputevi
- Tuneli
- Mostovi
- Industrijske površine
- Logističke površine
- Tretman oborinske vode
- Odvodnja površinske vode





Prikupljanje i odvodnja

Predtretman i prečišćavanje

Retencija ili infiltracija

Prepumpavanje i kontrolisano ispuštanje

ACO. creating the future of drainage

ACO d.o.o. Sarajevo | Ismeta Alajbegovića Šerbe 12 | 71210 Ilidža - Sarajevo | www.aco.ba

Kompanija “Regeneracija d.o.o.” Velika Kladuša osnovana je 2005 godine. Osnovna djelatnost je proizvodnja i instaliranje uređaja za pročišćavanje otpadnih i oborinskih voda i izradu vodovodnih sistema. Do danas je kompanija proširila svoju djelatnost na odvodnju puteva i mostova.

Zapošljavamo preko 80 radnika koji predstavljaju jedan mlad i poletan tim koji u svom tehnološkom procesu primjenjuju sve inovacije iz ove oblasti, postižući respektabilnu produktivnost i kvalitet svojih proizvoda i usluga.

Svi radni procesi do finalne izvedbe su popraćeni sistemom upravljanja kvalitetom EN ISO 9001 koji je uveden 2008. a recertificiran 2012.

Zaštita i unapređenje okoliša i prirodnih resursa se provodi primjenom normi EN ISO 14 001 koji je uveden kao integrisani sistem upravljanja kvalitetom i zaštitom okoliša 2012.

Svi proizvodi prilikom isporuke i ugradnje posjeduju predviđene ateste, upustva za rukovanje i održavanje.

Za više informacija posjetite :

www.regeneracija.ba



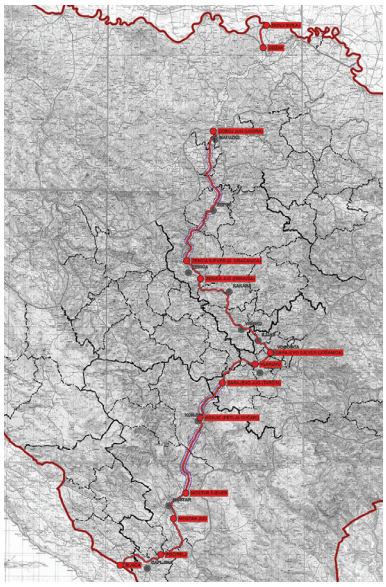
TZI - Inženjering d.o.o.
Dolina 2, II sprat, 71000 Sarajevo, BiH
tel: +387 (0)33 922 200, +387 (0)33 590 437 _ fax: +387 (0)33 590 438
web: www.tzi.ba _ email: tzi@tzi.ba

IPSA
INSTITUT

High quality consulting and engeneering since 1958

ITES | TRAN | HYDRO | ENICOM | PPA | ING | CETEOR






LET'S BUILD TOGETHER

Put života bb, Sarajevo +387 33 27 63 20 www.ipsa-institut.com

DRUGI BiH KONGRES O VODAMA

THE SECOND B&H WATER CONGRESS

Sarajevo, Bosna i Hercegovina
07 - 08 novembar 2019.

DRUGI BiH KONGRES O VODAMA
THE SECOND BH WATER CONGRESS

Sarajevo, BiH
07 - 08 novembar 2019.



PLATINASTI SPONZORI /
PLATINISED SPONSORS

ACO

SREBRNI SPONZORI /
SILVER SPONSORS

Regeneracija
PRIJATELJ OKOLIŠA

tzi

IPSA
INSTITUT

HEIS

Pokrovitelj:

Ministarstvo vanjske trgovine i ekonomskih odnosa BiH