



ODREĐIVANJE EKOLOŠKI PRIHVATLJIVOG PROTOKA NA MJERNOM PROFILU NERETVA-ŽITOMISLICI I

Doc. dr. sc. **Gordan Prskalo**, dipl. ing. građ.

Danijel Bevanda, mag. građ.

Građevinski fakultet Sveučilišta u Mostaru

Sažetak Tema ovoga rada je određivanje ekološki prihvatljivog protoka na mjernom profilu Neretva-Žitomislici na temelju podataka mjerenja protoka od 1926. do 1954. godine. U prvom dijelu rada daju se osnovne značajke sliva rijeke Neretve i mjernog profila Neretva-Žitomislici, te Pravilnika o načinu određivanja ekološki prihvatljivog protoka. U drugom je dijelu urađena proračuna ekološki prihvatljivog protoka prema navedenom Pravilniku i to za I nivo procjene kao i proračun prema Zakonu o vodama. Na kraju u zaključku dana je usporedba ova dva proračuna.

Ključne riječi:

Ekološki prihvatljiv protok, rijeka Neretva, mjerni profil Neretva-Žitomislici, Pravilnik o načinu određivanja ekološki prihvatljivog protoka, Zakon o vodama

DETERMINING ECOLOGICALLY ACCEPTABLE FLOW ON THE MEASUREMENT PROFILE NERETVA-ZITOMISLICI

Abstract: The subject of this paper is to determine ecologically acceptable flow on the measurement profile Neretva - Zitomislci on the basis of flow measurement data from 1926 to 1954. The first part of the paper presents basic characteristics of the Neretva river basin and Rulebook on the method of determining ecologically acceptable flow. In the second part, ecologically acceptable flow was calculated according to the specified rulebook, specifically for the level I of evaluation, as well as according to the Water Act. The conclusion at the end presents a comparison of these two calculations.

Key words: ecologically acceptable flow, Neretva River, measurement profile Neretva-Zitomislci, Rulebook on the method of determining ecologically acceptable flow, Water Act



1. UVOD

Sliv predstavlja dio zemljine površine s koje se voda sliva u rijeke ili sustav ili određenu rijeku [1]. Dakle, sliv je površina u prirodi ili nekoj urbanoj sredini koju drenira sustav međusobno povezanih tokova, tako da se otjecanje sa te površine javlja na jednom izlaznom profilu. Druga definicija sliva je da je to područje koje površinsko otjecanje ima odljev vode [9]. U širem smislu sliv predstavlja sve one kopnene površine s kojih vodne mase ulaze u oceane, mora ili jezera, a u užem smislu, sliv je površina s koje se voda slijeva prema glavnom recipijentu - vodotoku.

Postoji tzv. topografska (orografska) i hidrološka (hidrogeološka) vododijelnica, a budući da se sliv Neretve nalazi na kršu mora se uzeti u obzir hidrološka vododijelnica. Hidrološka vododijelnica obično mijenja svoj položaj ovisno o razinama podzemnih vodostaja. Za takve slučajeve se razmatra utjecajni sliv koji se odnosi na podzemno i površinsko otjecanje, a u kršu treba razlikovati izravni (neposredni) i ukupni utjecajni sliv. Ove se dvije vododijelnice nikada u potpunosti ne poklapaju, ali u nekim područjima (kakav je sliv Neretve), te razlike mogu biti značajne. Topografska se vododijelnica određuje prema topografskoj karti na temelju položaja slojnica, za što se koriste vrlo pregledne orohidrografske karte u mjerilu 1:50000 i 1:25000. Ako je sliv veći od 400 km² pogodne su karte u mjerilu 1:100 000, a za slivove manje od toga mjerilo može biti 1:50000 ili manje. Hidrološke vododijelnice je nemoguće definirati bez hidrogeološkog rekognosciranja terena, te niza istražnih radova, kojima se može pratiti podzemna cirkulacija vode. Međutim, u praksi vododijelnice najčešće definiramo topografski, budući da se time znatno pojednostavljuju daljnje analize.

Na otjecanje iz sliva utječu zemljopisni čimbenici (veličina i oblik sliva, pad i reljef terena te gustoća rijeke i mreže), zatim geološki (sastav zemljišta s gledišta propusnosti i sadržaja vode u podzemlju), biološki (vrste raslinja, a posebice zastupljenost šumskih kultura na slivu), klimatski (oborine, temperatura, vlažnost zraka, vjetar, isparavanje i evapotranspiracija), te antropološki čimbenici (dugotrajni utjecaj na promjene vodnog režima) [9].

Može se dogoditi da slivovi s većim koeficijentom koncentriranosti mogu imati veću površinu nego izduženi slivovi, a da svejedno budu tretirani kao mali slivovi [9]. Da li neki sliv malen ili velik određuje se na osnovu faktora bitnih za otjecanje u svakom stvarnom slučaju posebno. Raspoređivanje kiše po slivnoj površini ovisi o velikom broju lokalnih klimatskih i topografskih faktora. Geometrijske osobine rijeke njihovih slivova obično se karakteriziraju morfološkim karakteristikama [1].

2. SLIV RIJEKE NERETVE

Neretva je najveća rijeka na području Federacije BiH. Također, gledajući i vlastite vode Federacije BiH, odnosno vode koje se formiraju i otječu sa njene površine, Neretva je i po tom pokazatelju najveća rijeka.

Glavne značajke ove rijeke su velika slivna površina, izrazito heterogen sliv, veliki broj pritoka, snažan utjecaj krša na litavom slivu (sa svim specifičnostima krških područja) što uzrokuje značajnu razliku orografske i hidrogeološke slivne površine te izražene determinističke utjecaje na te enije uzrokovane brojnim hidroelektranama. Svojim najvećim dijelom Neretva teče područjem Federacije BiH, a veličina hidrogeološke slivne površine u Federaciji BiH iznosi 5.745 km² [5]. Opis slivnog područja je, po osnovu geografskih i hidrografskih različitosti, podijeljen na tri dijela.

Gornji se tok rijeke Neretva formira od nekoliko snažnih vrela u Republici Srpskoj, (koja su locirana istočno od Mostara), a nedaleko nizvodno od naselja Ulog Neretva ulazi na područje Federacije BiH. Glavne pritoke Neretve do Konjica su rijeke: Ljuta, Rakitnica, Šištica (izvire iz

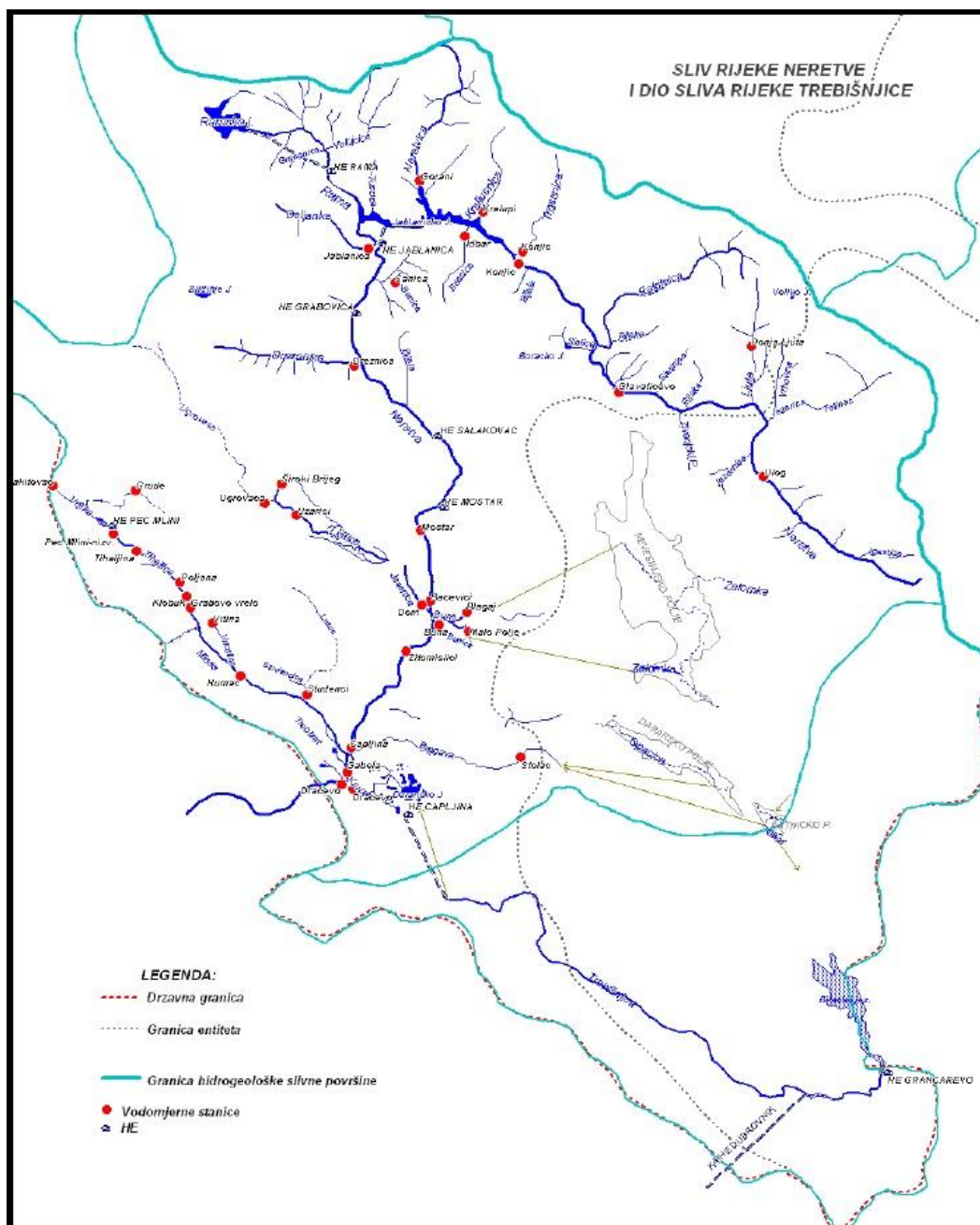


Bora kog jezera), Bijela i rijeka Trešanica poslije koje se formira Jablani ko jezero. U svom gornjem toku, sve do Konjica, te enje rijeke Neretve je u potpunosti stohasti ki proces, što se mijenja neposredno nizvodno od Konjica.

U srednjem dijelu toka, te enje rijeke Neretve je stohasti ko-deterministi ki proces, što je uzrokovano brojnim hidroelektranama: HE Jablanica, HE Rama, HE Grabovica, HE Salakovac i HE Mostar. Režim malih voda uvjetovan je režimom rada hidroelektrana, dok se, što se ti e velikih voda, od hidroelektrana "o ekuje" da smanje njihov štetni utjecaj. Op enito se može konstatirati da hidroelektrane poboljšavaju režim te enja rijeke Neretve, što se ti e ekstremnih protoka. Naime, male vode su ve e nego pri prirodnom režimu te enja (što je bitno za sušno razdoblje godine), a valovi velikih voda su znatno smanjeni utjecajem umjetnih akumulacija, odnosno pravilnim korištenjem akumulacijskog prostora. Pritoke Neretve su na ovom dijelu su vodotoci: Kraljušnica, Baštica, Neretvica, Rama, Doljanka, Bijela, Drežanjka, a od jezera Jablani ko i Ramsko (vješta ka) i Blidinje jezero, kao prirodno.

Iako je cijeli sliv rijeke Neretve pod utjecajem krša, donji tok, od Mostara do ulaza u Republiku Hrvatsku (Doljani) je pod još izraženim utjecajem. Karakteristika ovog dijela sliva su zna ajan broj snažnih krških vrela (na pritokama i u samom koritu rijeke Neretve), dotok vode na vrela sa kraških polja podzemnim te enjem, dodatni deterministi ki utjecaji od HE apljina (Krupa), HE Pe -Mlini (Trebižat) te brojni kanali za navodnjavanje. Prakti no sve pritoke rijeke Neretve na ovom dijelu sliva dotje u iz krških polja s lijeve i desne strane toka rijeke Neretve. To su: pritoka Jasenica (vode rijeke Lištice i vode manjih vodotoka koji završavaju u Mostarskom blatu), pritoka Buna (vode iz Nevesinjskog polja); pritoka Bregava (vode iz Dabarskog i dijela Fatni kog polja); pritoka Trebižat (nastaje u Imotskom polju). Tako er, duž samih pritoka postoje snažna kraška vrela: Klokun, Vrioštica, Grudsko vrelo, vrelo Lištice, vrelo Bune i Bunice [5].

Karakteristi na je i lijeva pritoka Krupa koja dotje e iz Deranskog jezera odnosno Hutova blata, a prihva a i vode sa HE apljina. Me utim, na ovom dijelu su deterministi ki utjecaji jako izraženi. Naime, rijeka Trebišnjica iz pravca Trebinja, kanalom kroz Popovo polje dotje e do gornjeg kompenzacijskog bazena HE apljina (podru je Federacije BiH). Rijeka Trebišnjica dijelom ponire i oboga uje vode Deranskog jezera, a dijelom završava na turbinama HE apljina. Do 1992 godine srednji godišnji protok za HE apljina je iznosio 28 m³/s. Danas je to znatno manje i u potpunosti deterministi ki definirano obzirom da se protoci rijeke Trebišnjice preusmjeravaju za HE Dubrovnik u Republici Hrvatskoj. Utjecaj rijeke Trebišnjice na bilancu voda Deranskog jezera i rijeke Krupe danas je manji nego kako je to bilo u sustavu do 1992 godine i teško ga je kvantitativno definirati.



Slika 1. Sliv rijeke Neretve

3. ODREĐIVANJE EKOLOŠKI PRIHVATLJIVOG PROTOKA

3.1. Pravilnik o načinu određivanja ekološki prihvatljivog protoka

Pravilnik je donesen 9. siječnja 2014. godine (NN: 05-1-25/4-64-5/12). Ovim je pravilnikom propisan način određivanja ekološki prihvatljivog protoka, metodologija, potrebna istraživanja i procedure. Uzimaju u obzir specifičnosti lokalnog ekosustava i sezonske varijacije protoka, monitoring i način izvještavanja o ekološki prihvatljivom protoku. Pravilnik



se primjenjuje na sva vodna tijela površinskih voda na teritoriji Federacije Bosne i Hercegovine. Ekološki prihvatljiv protok se određuje u cilju osiguranja o uvanja vodnih i za vodu vezanih ekosustava, bez obzira radi li se o vodotocima stalnog ili povremenog karaktera. Ekološki se prihvatljiv protok određuje radi održanja ili vraćanja strukture i funkcije vodenih uz vodu vezanih ekosustava, doprinose i sprječavanju degradacije stanja voda i ostvarenju ciljeva zaštite okoliša kroz održivo korištenje vode. Uvijek treba voditi računa da ekološki prihvatljiv protok mora biti određen u skladu s uvjetima koji su potrebni da se zadovolje odgovaraju i ciljevi zaštite okoliša iz članka 30. Zakona o vodama. Ti uvjeti uključuju:

- sprječavanje pogoršanja stanja vodnih tijela površinskih i podzemnih voda i postizanje njihovog najmanje dobrog stanja;
- postizanje dobrog ekološkog potencijala i dobrog kemijskog stanja umjetnih ili jako izmijenjenih vodnih tijela;
- zaštitu, unaprjeđenje i obnovu vodnih tijela površinskih voda i vodnih tijela podzemnih voda;
- održavanje ili poboljšanje stanja voda u zaštićenim područjima, koja su namijenjena zaštiti staništa biljnih i životinjskih vrsta ili akvatilnih vrsta, te u kojima je održavanje ili poboljšanje stanja voda bitan uvjet za opstanak i reprodukciju;
- održavanje najvišeg nivoa zaštite područja rezervi kopnenih voda, za koja se uspostavlja zaštićeno područje utvrđujući ograničenja i zabrane opterećenja prostora i aktivnosti koje mogu ugroziti njihovo kvalitativno ili kvantitativno stanje [4].

3.2. Metodologija za određivanje ekološki prihvatljivog protoka

Izbor metode za određivanje ekološki prihvatljivog protoka (EPP) provodi se u skladu s procedurom, a u odnosu na ekološki značaj vodnih tijela, njihove različite potrebe i ciljeve zaštite voda, te u odnosu na korisnike vode. Procedura sadrži dvije razine procjene EPP i to:

- 1) I. RAZINA PROCJENE – opća procjena EPP za sva vodna tijela primjenom hidrološke metode
- 2) II. RAZINA PROCJENE – posebna procjena EPP za vodna tijela u zaštićenim područjima proglašena u skladu s člankom 65. Zakona o vodama i druga zaštićena područja iz registra zaštićenih područja iz članka 29. točka 4. Zakona o vodama, kao i za područja koja nisu proglašena zaštićenim, a koja imaju izuzetne vrijednosti za o uvanje (prisutnost ugroženih staništa ili vrsta, povijesno-kulturološke i ambijentalne vrijednosti i sl.), u kojim slučajevima se EPP utvrđuje korištenjem bioloških i ekoloških kriterija (uključujući i holističke i hidrauličke studije, a posebice modele staništa itd).

Opća procjena EPP provodi se primjenom hidrološke metode, a ovisno o potencijalnom utjecaju aktivnosti na prirodni hidrološki režim vodnog tijela, potrebno je odrediti hidrološke komponente EPP koje su posebice pogođene, kao što su minimalni protok, sezonske varijacije protoka i fleš protok.

Za utvrđivanje ekološki prihvatljivog protoka koriste se hidrološki vremenski nizovi koji predstavljaju prirodni hidrološki režim, ali moraju biti bez grešaka i potpuni, trajanje im mora biti najmanje 10 godina (najbolje redom), odnosno trajanja 30 godina u kontinuitetu. Ti vremenski nizovi isto moraju biti na bazi srednjih dnevničkih protoka, kad god je to moguće i moraju biti zastupljeni različiti hidrološki uvjeti, uz uravnoteženost između kišnih i sušnih godina.



Određivanje ekološki prihvatljivog protoka opom procjenom EPP

Proračun vrijednosti EPP (Q_{EPP}) vrši se na temelju vrijednosti parametara Q_{min} , Q_{sr} i $Q_{\text{DEK}(j)}$ vodnog tijela u profilu za koji se određuje EPP. Vrijednosti navedenih parametara računaju se na osnovi hidroloških podataka. Q_{EPP} se proračunati na osnovi sljedeće jednadžbe:

$$Q_{\text{EPP}} = \begin{cases} 1,0 \times Q_{\text{min}} & \text{za } Q_{\text{DEK}(j)} < Q_{\text{sr}} \\ 1,5 \times Q_{\text{min}} & \text{za } Q_{\text{DEK}(j)} \geq Q_{\text{sr}} \end{cases}$$

U slučaju, kada je $Q_{\text{min}}=0$, ili $Q_{\text{min}}:Q_{\text{sr}} < 1:25$, Q_{EPP} se proračunati na osnovi sljedeće jednadžbe:

$$Q_{\text{EPP}} = \begin{cases} 0,1 \times Q_{\text{sr}} & \text{za } Q_{\text{DEK}(j)} < Q_{\text{sr}} \\ 0,15 \times Q_{\text{sr}} & \text{za } Q_{\text{DEK}(j)} \geq Q_{\text{sr}} \end{cases}$$

U slučaju kada se ne raspolože dekadnim vrijednostima protoka Q_{EPP} se proračunati na osnovi sljedeće jednadžbe:

$$Q_{\text{EPP}} = \begin{cases} 0,1 \times Q_{\text{sr}} & \text{za razdoblje svibanj-listopad} \\ 0,15 \times Q_{\text{sr}} & \text{za razdoblje studeni-travanj} \end{cases}$$

U slučaju da se EPP računa za vodno tijelo nizvodno od hidroakumulacije potrebno je odrediti i maksimalni dozvoljeni protok (ispuštanje iz akumulacije) za sušna razdoblja tijekom godine u visini od dvostrukog $Q_{\text{DEK}(j)}$ za predmetnu dekadu. Fleš protok je potreban za održavanje fizičkih i kemijskih uvjeta korita rijeke, poboljšanje povezanosti s poplavnim pojasom i pokretanje transporta nanosa nizvodno od profila za koji se utvrđuje fleš protok. Fleš protok se određuje za dionice rijeke nizvodno od hidroakumulacije čiji kapacitet prelazi 10% od volumena prosječnog godišnjeg protoka u zadanom profilu. Fleš protok se ispušta u razdobljima kad se u prirodnim uvjetima tečenja javljaju najviši vodostaji [4].

Izveštaj o proračunu EPP – opom procjena obavezno sadrži:

1. Opom zemljopisne podatke (zemljopisni položaj, klima, regionalne značajke područja)
2. Hidrogeološke i geološke značajke sliva, pripadnost vodnom tijelu, geološke značajke na području vodozahvata
3. Podatke o potencijalnom mjestu i načinu korištenja voda (lokacija planiranog vodozahvata s koordinatama, nadmorska visina, količina i dinamika zahvaćanja, osnovne značajke tehničkog rješenja vodozahvata)
4. Dodijeljene koncesije i izdate vodne akte na uzvodnoj i nizvodnoj dionici vodotoka (lokacije vodozahvata s koordinatama, nadmorska visina, količina i dinamika zahvaćanja)
5. Hidrološki proračun EPP za odabrani profil vodnog tijela koji sadrži:



- procjenu raspoloživosti hidroloških podataka za profil s obrazloženjem izbora reperne stanice: lokacija s koordinatama, površina sliva, period rada, kvaliteta podataka
 - pregled hidrološke obrade za repernu stanicu s izra unatim vrijednostima srednjeg minimalnog, srednjeg i srednjeg dekadnog protoka u promatranom razdoblju
 - rezultate ura enih simultanih hidrometrijskih mjerenja protoka koji moraju uključivati podatke o upotrebnoj opremi, metodi i vremenu kad su mjerenja izvedena
 - rezultate prorauna parametara srednjeg minimalnog, srednjeg i srednjeg dekadnog protoka i površine sliva u profilu vodnog tijela za koji se određuje EPP
 - proraun EPP po dekadama tijekom godine
 - obrazloženje postojanja osnova/obaveze primjene članka 12. pravilnika, koji se odnosi na određivanje fleš protoka
6. Stručno mišljenje biologa o potrebi posebne procjene EPP na temelju ispitivanja statusa zaštitenosti područja u kojem se vodno tijelo nalazi i prisutnosti ugroženih vrsta
7. Popis korištene literature [4]

Kroz ovaj se pravilnik obrađene i posebne procjene EPP, posebne procjene EPP u zaštitenim područjima, posebna procjena EPP za područja sa izuzetnim vrijednostima za određivanje, te posebna procjena EPP za jezera i močvare, nakon kojih slijedi izvještaj o posebnim procjenama EPP.

Izvještaj o procjeni EPP treba sadržavati, pored ostalih, sljedeća poglavlja [4]:

1. UVOD (Općenite informacije o predloženom projektu, uključujući i lokaciju, vrijeme i količinu zahvaćene vode, ciljevi procjene EPP, evaluacija EPP procijenjenog hidrološkom metodom, obrazloženje zašto ciljevi za rijeku i obalski ekosustava rijeke na kojoj je vodozahvat ne mogu biti postignuti EPP određenim hidrološkom metodom)
2. ZNAJKE ISTRAŽNOG PODRUČJA (Općeniti zemljopisni podaci: položaj, klima, regionalne značajke područja, hidrogeološke i geološke značajke sliva, pripadnost vodnom tijelu, geološke značajke na području vodozahvata, hidrologija i morfologija rijeke, ekološke značajke, uključujući i kemijsko i ekološko stanje vodnog tijela, zagađivanje rijeke, korištenje rijeke, upravljanje rijekom)
3. METODOLOGIJA (Prikupljanje podataka, prikupljanje uzoraka, hidrologija i geomorfologija, akvati na flora i fauna, fizičko-kemijski parametri)
4. REZULTATI (Riječna hidrologija i morfologija, riječna ekologija, fizičko-kemijski parametri, identifikacija ekoloških i ostalih vrijednosti rijeke, definicija kritičnih elemenata za dostizanje ciljeva za rijeku, detaljno objašnjenje elemenata i njihova mjerenja, koje je prevladavalo u odluci za procjenu vrijednosti EPP, procjena EPP)

Svi koraci u procjeni EPP trebaju se detaljno objasniti i podržati argumentima u izvještaju stručnjaka. U procesu procjene EPP potrebno je izabrati najranjivije i najosjetljivije biološke/ekološke elemente, na koje vodozahvat ima najveći i utjecaj. EPP treba odrediti tako



da se održe strukture i funkcije rijeke i obalskog ekosistema, a također i najosjetljiviji elementi rijeke i obalskih ekosustava, slijede i ciljeve koji trebaju biti postignuti. Uzorkovanje se mora obaviti u vrijeme najmanjih protoka, kada je utjecaj zahvaćanja vode na ekosustav najveći. Svi koraci u procjeni EPP trebaju biti detaljno objašnjeni i podržani argumentima u izvještaju eksperata.

EPP utvrđen na in koji propisuje ovaj pravilnik, primjenjuje se tijekom cijele godine, uključujući i situacije kada je prirodni protok na mjestu zahvata manji od proračunatog EPP. U toj situaciji se za EPP uzima vrijednost prirodnog protoka na mjestu vodozahvata, te u toj situaciji nositelj prava iz vodnog akta ne smije zahvaćati vodu [4].

Monitoring i izvještavanje

Vlasnik, koji je ujedno i korisnik, vodnog objekta mora osigurati kontinuirani monitoring EPP, tako da može nesumnjivo dokazati da su u svakom trenutku bili ispunjeni zahtjevi u pogledu EPP, te da u vrijeme trajanja protoka u vodotoku manjeg od utvrđenog EPP, nije bilo zahvaćanja vode, odnosno nije bilo korištenja vode (osim zahvaćanja, odnosno korištenja vode iz hidroakumulacija). Monitoring se vrši:

- 1) na profilu vodotoka neposredno uzvodno od vodozahvatnog objekta ili sustava objekata vodozahvata,
- 2) na profilu vodotoka neposredno nizvodno od vodozahvatnog objekta ili sustava objekata vodozahvata,
- 3) na profilu vodotoka neposredno uzvodno od linije dopiranja maksimalnog uspora hidroakumulacije,
- 4) na profilu vodotoka neposredno nizvodno od brane hidroakumulacije [4].

Za osiguranje relevantnih i pouzdanih podataka sa profila potrebno je da su pri postavljanju i radu vodomjernih stanica ispunjeni sljedeći uvjeti [4]:

- Izbor mjesta – opći uvjeti i dobre pozicioniranosti mjerne stanice u prirodnom koritu:

- (1) Vodotok je generalno u pravcu na dovoljnoj dužini da se eliminiraju lokalni utjecaji, uzvodno i nizvodno od stanice;
- (2) Ukupni protok je skoncentriran u jedan proticajni profil pri svim nivoima (ne u više rukavaca);
- (3) Korito nije sklono eroziji ili zatrpavanju i slobodno je od vodene vegetacije;
- (4) Obale su stabilne, dovoljno visoke i slobodne od žbunja;
- (5) Prisutni su prirodni uvjeti stabilnosti u obliku kamenitog korita pri malim vodama, većeg poduznog pada ili kaskade koja prouzrokuje nepotopljeno tečenje, što omogućava sigurnu i stalnu jednoznačnu vezu nivoa vode i protoka. Ako nema prirodnih uvjeta stabilnosti, potrebna je umjetna kontrola;
- (6) Stanica se nalazi izvan zone utjecaja nekog drugog vodotoka i sl.;
- (7) Omogućen pristup za održavanje i mjerenje pri svim vodostajima.

- Kontrola razina-protok:

Mjerno mjesto mora biti tako da osigurava jednoznačnu vezu razina–protok. Razlikujemo prirodne profile riječnog korita na kojima se postavljaju vodomjerne stanice i umjetne hidrotehničke objekte za mjerenje protoka. Umjetni hidrotehnički objekti (skraćeno: mjerni



objekti) predstavljaju uređena mjesta gdje je osigurana jednoznačna veza razina-protok, kao što su: suženje kanala, preljev ili kaskada.

- Mjerni objekti:

Mjernim objektom se treba osigurati stabilnost veze protoka i nivoa, ali i osjetljivost, tj. male promjene protoka trebaju uzrokovati značajnu promjenu nivoa. Mjerni objekti se u pravilu koriste za mjerenje manjih protoka koji se teško mogu mjeriti u prirodnom profilu vodotoka. Svi mjerni objekti moraju zadovoljavati ekološke uvjete: nesmetanu migraciju riba i postavljene kritične parametre.

Podatke o satnim vrijednostima rezultata monitoringa EPP nositelj prava iz vodne dozvole mora voditi u dnevniku i uvati ih najmanje pet godina. Dnevnik se mora dati na uvid po zahtjevu vodnog inspektora [4].

4. VODOMJERNI PROFIL NERETVA-ŽITOMISLI I

4.1. Opis vodomjernog profila

Mjerni profil Neretva-Žitomisli I smješten je u naselju Žitomisli I, na udaljenosti od 20 km od Mostara, na putu Mostar-Ploče. Na tom lokalitetu na desnoj strani korita dominantan je sediment šljunak i pijesak, a visina obale je 40 cm. Mjestimično su prisutna stabla jablana, a dominiraju ugostiteljski objekti. S lijeve pak strane, visina obale je 150 cm s dobro razvijenom drvenom vegetacijom. Prozirnost je 100% a voda je bez mirisa i plavozelene boje. Dubina vode je od 15 do 40 cm, a širina korita oko 45 m [6].



Slika 2. Lokalitet VS Žitomisli I



Slika 3. Mjerni profil Neretva-Žitomisli i (pogled uzvodno)



Slika 4. Pogled na VS sa lijeve obale

Tijekom terenskog obilaska popunjeni su protokoli za hrapavost podloge, hidromorfološke promjene te protokol koji sadrži opće biološke podatke.

4.2. Hidrološki podaci vodomjernog profila Neretva-Žitomisli i

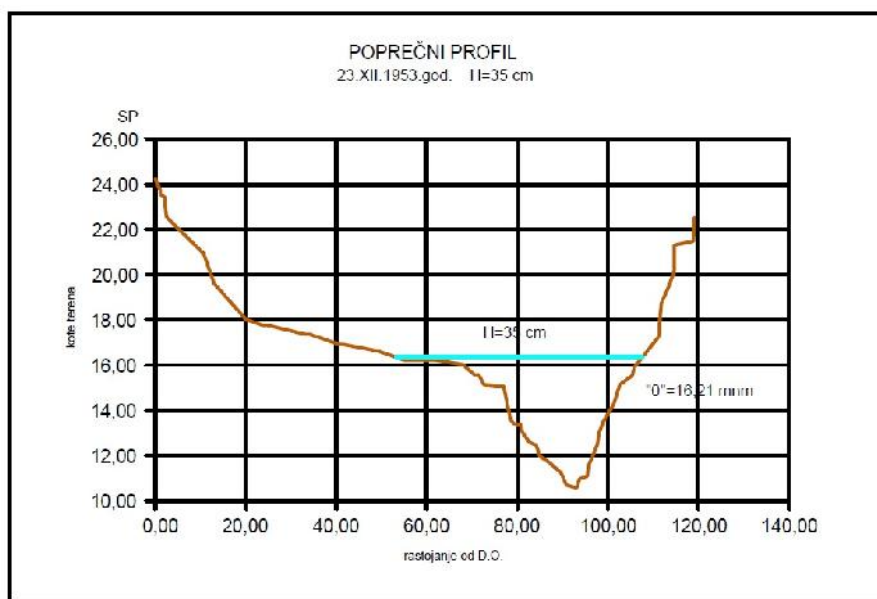
Vodomjerni je profil Neretva-Žitomisli i osnovan 1909. godine i nalazi se oko 6,5 km nizvodno od ušća rijeke Bune, lijeve pritoke Neretve, na $43^{\circ}12'07''$ sjeverne geografske širine i $17^{\circ}47'12''$ istočne geografske dužine. Od kad je osnovana njezin se lokalitet nije mijenjao, a nije ni kota nule vodomjera. Međutim, iako je vodomjerna stanica Žitomisli osnovana 1909. godine sistematska hidrološka promatranja vodostaja i mjerenja protoka se vrše tek od 1926. godine [6].



VS ŽITOMISLI I

Vodotok: Neretva
 Godina osnivanja: 1909.
 Kota nule vodomjera: 16,21 mn.m
 Udaljenost od ušća: 46,85 km
 Površina sliva: 4180 km²

Slika 5. VP Žitomisli I



Slika 6. Poprečni profil VS Žitomisli I 1953.god.

Slika 6. je ilustrativan prikaz poprečnog profila korita iz 1953. godine, dok je za hidrološki proračun korišten profil VP Žitomisli I iz 1990. godine.

5. ODREĐIVANJE EKOLOŠKI PRIHVATLJIVOG PROTOKA

Prema Pravilniku o načinu određivanja ekološki prihvatljivog protoka srednji protok (Q_{sr}) označava aritmetičku sredinu srednjih godišnjih vrijednosti protoka u profilu vodotoka u razmatranom razdoblju.



$$Q_{sr} = \sum_{i=1}^{i=N} Q_{sr,i} / N$$

gdje je $Q_{sr,i}$, srednji godišnji protok u i-toj kalendarskoj godini, a N broj godina u promatranom razdoblju, te se srednji protok izražava u m^3/s [4].

Dakle, nakon što se izra una srednji protok za svaku posebnu godinu, a što se dobije iz aritmetičke sredine svih srednjih dnevnih protoka u godini, iz aritmetičke sredine svih srednjih godišnjih protoka dobije se srednji protok u razdoblju od 29 godina, te se na osnovi toga formira hidrogram srednjih godišnjih protoka. Ispod je tablica prikaz izračunavanja srednjeg mjesečnog protoka na osnovi kojih možemo izračunati konačni srednji godišnji protok, te proračun srednjeg minimalnog protoka u razdoblju od 1926. do 1954.

Aritmetičkom sredinom iz srednjih mjesečnih protoka za svaku posebnu godinu se dobije i unutargodišnji hod srednjih mjesečnih protoka za razdoblje od 1926. do 1954. godine.

Tablica 1. Tablica prikaz izračunavanja srednjeg mjesečnog protoka

TABELARNI PRIKAZ IZRAČUNAVANJA SREDNJEG MJESEČNOG PROTOKA												
GODINA	SIJEČNJ	VELJAČA	OŽUJAK	TRAVANJ	SVIBANJ	LIPANJ	SRPANJ	KOLOVOZ	RUJAN	LISTOPAD	STUDENI	PROSINAC
1926	308,4	231,5	150,5	295,0	240,8	245,4	175,4	80,2	48,8	129,4	412,8	298,8
1927	443,9	178,8	379,1	334,6	234,0	122,0	54,3	39,8	62,1	150,4	332,5	374,8
1928	192,6	109,6	195,1	294,3	424,7	156,0	62,5	43,4	86,2	173,8	299,7	332,8
1929	318,1	128,4	166,4	358,4	407,0	176,2	95,9	54,9	53,8	148,5	455,2	201,9
1930	165,6	359,6	309,2	443,4	358,3	172,7	107,0	59,4	46,4	87,1	226,0	189,6
1931	349,4	222,1	525,0	306,9	291,7	139,0	59,2	44,0	105,7	261,1	422,9	187,7
1932	228,3	90,7	323,6	434,5	318,0	143,4	79,6	52,1	39,6	197,1	281,8	376,4
1933	140,0	165,3	327,0	259,4	276,6	227,0	98,8	53,3	49,5	125,6	468,4	405,6
1934	263,6	117,8	385,0	310,3	212,3	122,9	77,0	72,5	85,6	111,9	587,5	384,7
1935	157,4	238,0	349,5	329,8	300,2	154,5	64,8	56,4	42,8	162,5	301,7	497,6
1936	400,7	398,1	422,1	362,3	249,3	167,5	84,5	48,7	49,4	347,2	342,1	243,0
1937	210,0	322,3	587,9	456,8	401,4	194,6	113,6	65,4	280,5	346,8	537,9	651,7
1938	281,4	206,2	216,7	195,8	365,1	188,7	77,9	68,5	119,3	203,4	262,1	277,4
1939	257,6	194,9	198,4	338,8	354,0	246,6	96,9	57,2	111,9	348,0	313,6	314,6
1940	222,6	384,4	273,8	285,5	386,3	165,9	99,9	70,5	90,5	405,2	674,8	266,1
1941	447,1	565,0	397,6	504,5	585,4	336,1	158,6	70,4	74,4	250,0	413,2	160,6
1942	220,8	442,9	436,1	468,8	499,1	188,5	78,4	47,3	57,6	40,3	97,2	171,4
1943	219,8	165,8	118,5	216,3	219,8	165,6	71,8	43,6	39,4	75,0	407,5	509,2
1944	225,4	156,9	247,8	393,9	221,0	123,0	81,1	51,6	95,9	615,4	664,3	468,7
1945	295,5	128,6	225,4	403,2	402,3	107,6	55,3	42,3	49,9	61,7	189,8	318,9
1946	216,6	157,3	239,1	210,9	178,7	83,8	54,5	45,5	39,6	95,7	540,2	273,3
1947	131,8	558,6	459,0	284,7	153,9	87,7	59,4	44,8	40,1	44,9	98,0	373,3
1948	560,1	306,7	167,0	335,9	254,0	175,3	91,9	63,3	50,3	104,0	154,0	63,6
1949	207,1	75,4	105,6	181,6	192,3	178,4	110,9	55,9	50,5	45,7	446,6	428,2
1950	184,5	239,1	238,6	353,0	193,1	77,6	48,5	38,1	37,8	130,5	454,1	766,2
1951	343,6	445,8	581,4	473,5	434,1	286,9	102,9	68,8	61,8	111,4	403,2	261,1
1952	333,3	315,1	185,6	316,5	159,6	82,7	53,4	42,1	118,1	402,5	533,3	850,4
1953	532,0	268,4	181,1	337,0	335,0	334,8	128,0	81,3	79,4	68,5	73,4	51,4
1954	63,3	108,3	576,5	333,3	542,7	212,2	88,8	51,9	53,0	113,5	176,3	310,6
Σ	7920,2	7281,5	8968,5	9818,7	9191,0	5062,6	2530,7	1613,4	2119,9	5357,2	10570,1	10009,8
BROJ GODINA	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29
Q_{sr}	273,1	251,1	309,3	338,6	316,9	174,6	87,3	55,6	73,1	184,7	364,5	345,2

Kada, prema Pravilniku, za svaku godinu izdvojimo minimalni dnevni protok koji se u toj godini pojavi, te u periodu od 29 godina koje promatramo napravimo aritmetičko usrednjavanje, za rezultat dobijemo srQ_{min} .



Tablica 2. Određivanje srednjeg minimalnog protoka u razdoblju od 1926. do 1954.

Određivanje srednjeg minimalnog protoka u razdoblju od 1926.-1954.	
GODINA	MINIMALNI PROTOK Q_{\min}
1926	39,6
1927	35,3
1928	35,3
1929	41,2
1930	41,2
1931	38,1
1932	35,3
1933	41,2
1934	51,5
1935	38,1
1936	35,3
1937	51,5
1938	57,3
1939	47,8
1940	49,6
1941	53,4
1942	38,1
1943	32,7
1944	42,8
1945	36,7
1946	36,7
1947	31,5
1948	41,2
1949	39,6
1950	32,7
1951	51,5
1952	39,6
1953	47,8
1954	30,3
Σ	1192,9
BROJ GODINA	29
Q_{\min} sr	41,1

Suma osnovnih ulaznih podataka za izračunavanje ekološki prihvatljivih protoka nalazi se u sljedećoj tablici:



Tablica 3. Vrijednosti srednjeg i minimalnog protoka

VODOMJER	VODOTOK	RAZDOBLJE OBRADE	Q_{SR} (m^3/s)	SRQ_{MIN} (m^3/s)
ŽITOMISLI I	NERETVA	1926.-1954.g.	231	41,1

Vrijednost ekološki prihvatljivog protoka prema Pravilniku o načinu određivanja ekološki prihvatljivog protoka - I nivo procjene

Budući da $srQ_{min} > 0$, te nije ispunjen uvjet da je $srQ_{min} : srQ < 1 : 25$, ekološki prihvatljiv protok Q_{EPP} se proračunava na osnovi slijedeće jednadžbe [4]:

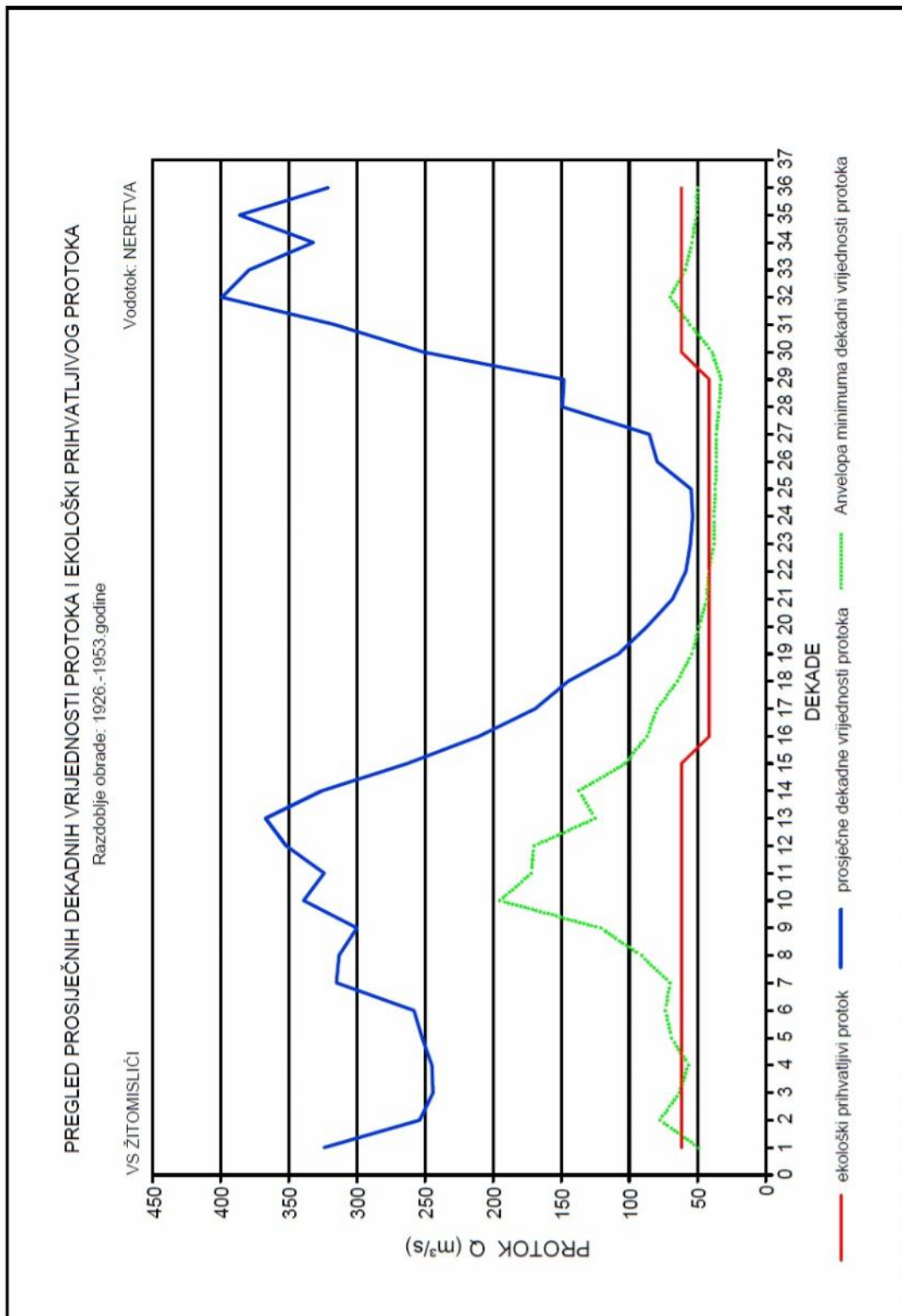
$$Q_{EPP} = \begin{cases} 0.1 \times Q_{SR} & \text{za } srQ_{DEK(j)} < Q_{SR} \\ 0.15 \times Q_{SR} & \text{za } srQ_{DEK(j)} \geq Q_{SR} \end{cases}$$

Dakle, osim Q_{SR} i srQ_{min} za proračun ekološki prihvatljivog protoka su potrebne i vrijednosti $srQ_{DEK(j)}$ koje se također izražavaju aritmetičkim usrednjavanjem.

Konačno proračun ekološki prihvatljivih protoka prema Pravilniku izgleda:

Tablica 4. Tablični pregled vrijednosti EPP-a

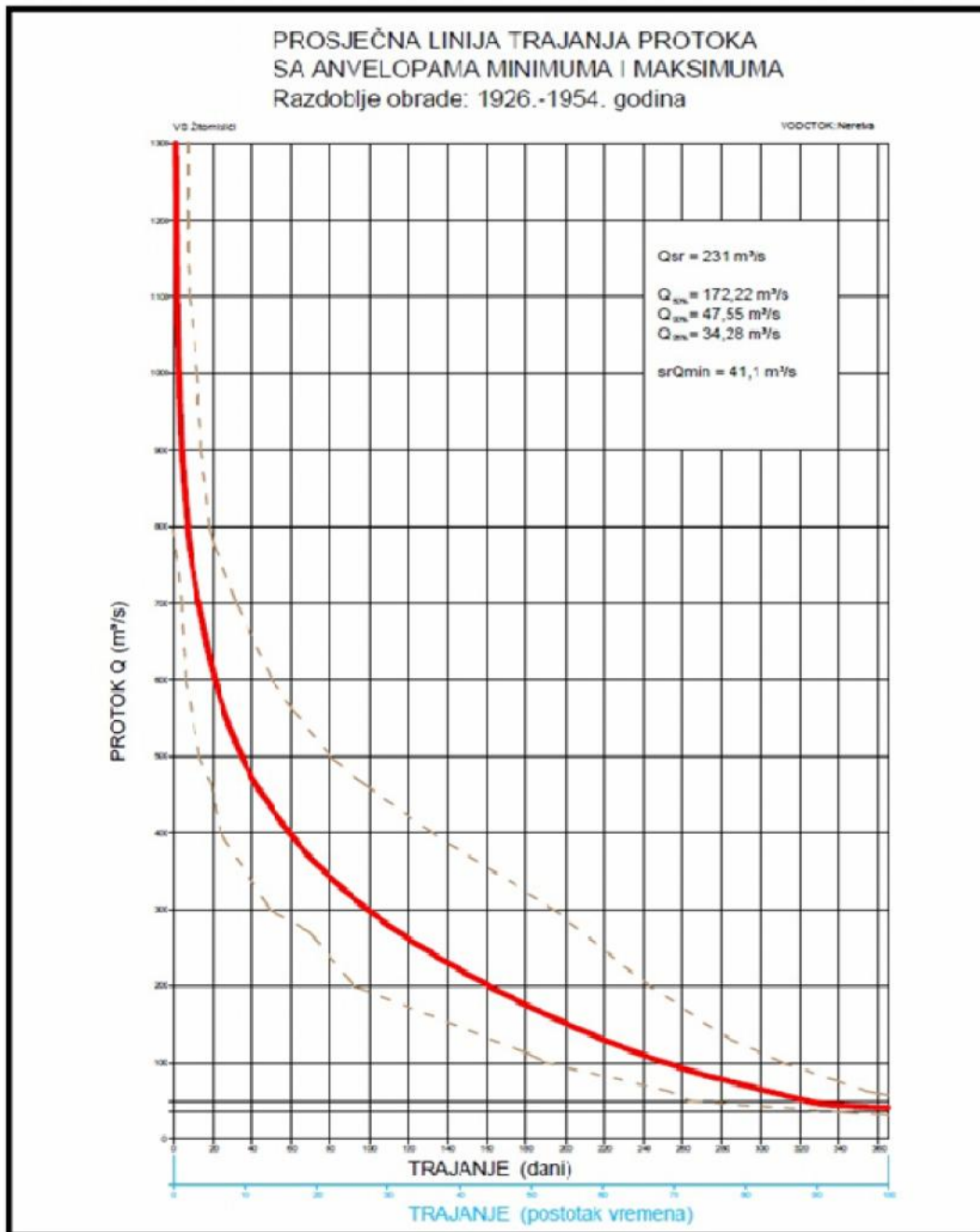
TABELARNI PREGLED VRIJEDNOSTI EKOLOŠKI PRIHVATLJIVOG PROTOKA				
REDNI BROJ DEKADE	MJESEC	DEKADA	PROSJEČNI GODIŠNJI PROTOK $Q_{SR,DEK}$ (m^3/s)	EKOLOŠKI PRIHVATLJIV PROTOK Q_{EPP} (m^3/s)
1	SJEČANJ	I	324	61,7
2		II	254	61,7
3		III	244	61,7
4	VELJAČA	I	245	61,7
5		II	252	61,7
6		III	258	61,7
7	OŽUJAK	I	315	61,7
8		II	313	61,7
9		III	300	61,7
10	TRAVANJ	I	339	61,7
11		II	324	61,7
12		III	352	61,7
13	SVIBANJ	I	367	61,7
14		II	326	61,7
15		III	263	61,7
16	LIPANJ	I	210	41,1
17		II	169	41,1
18		III	145	41,1
19	SRPANJ	I	108	41,1
20		II	86,9	41,1
21		III	68,4	41,1
22	KOLOVOZ	I	58,4	41,1
23		II	55,1	41,1
24		III	53,6	41,1
25	RUJAN	I	54,5	41,1
26		II	79,4	41,1
27		III	85,4	41,1
28	LISTOPAD	I	149	41,1
29		II	148	41,1
30		III	251	61,7
31	STUDENI	I	316	61,7
32		II	399	61,7
33		III	379	61,7
34	PROSINAC	I	332	61,7
35		II	386	61,7
36		III	321	61,7



Slika 7. Pregled prosječnih dekadnih vrijednosti protoka i EPP



Prema Zakonu o vodama („Službene novine FBiH“, broj 70/06), ekološki prihvatljiv protok se utvrđuje na temelju hidroloških osobina vodnog tijela za karakteristične sezone kao minimalni srednji mjesečni protok 95% od vjerojatnosti pojave, te tako utvrđeni vrijedio je do stupnja na snagu Pravilnika o načinu određivanja ekološki efikasnog protoka [8].



Slika 8. Linija trajanja prosječnog protoka s anvelopama minimuma i maksimuma



6. ZAKLJUČAK

Ekološki prihvatljiv protok određuje se zbog održavanja ili vraćanja strukture i funkcije vodenih i uz vodu vezanih ekosustava, doprinose i sprječavaju degradaciju stanja voda i ostvarenju ciljeva zaštite okoliša kroz održivo korištenje vode kao imperativa dobrog gospodarenja resursima. Do donošenja Pravilnika o načinu određivanja ekološki prihvatljivog protoka na snazi je bilo određivanje prema Zakonu o vodama. Prema članku 62. ovog zakona, ekološki prihvatljiv protok utvrđuje se na osnovu hidroloških osobina vodnog tijela za karakteristične sezone kao minimalni srednji mjesečni protok 95% od vjerojatnosti pojave. Nakon provedene analize srednjih dnevnih, mjesečnih i godišnjih protoka, te napravljenog dijagrama linije trajanja s anvelopama minimuma i maksimuma vrijednost ekološki prihvatljivog protoka je po Zakonu o vodama 34,28 m³/s. Prema Pravilniku o načinu određivanja ekološki prihvatljivog protoka koji vrijedi od siječnja 2014. godine proračun vrijednosti EPP za I Nivo procjene vrši se na osnovu vrijednosti parametara srQ_{min} , srQ , i $srQ_{DEK(j)}$ vodnog tijela u profilu za koji se određuje prihvatljiv protok, a vrijednosti tih parametara se određuju iz hidroloških podataka. Budući da je na vodomjernoj postaji Neretva-Žitomisli i srednji protok u periodu od 1926.-1954. različit od nule, te isto tako uvjet odnosa srednjeg i minimalnog protoka nije ispunjen, nakon proračuna se vidi da je ekološki prihvatljiv protok za dekadne periode kad je srednji dekadski protok manji od srednjeg protoka jednak 41,1 m³/s, a kada je veći od srednjeg protoka tada je ekološki prihvatljiv protok 61,7 m³/s. Zaključak nakon provedenih proračuna jeste da je ekološki prihvatljiv protok izračunat prema Pravilniku puno bolje rješenje i precizniji podatak od ekološki prihvatljivog protoka određeno prema Zakonu o vodama.

LITERATURA

- [1] Hrelja, H., *Inženjerska hidrologija*, Univerzitet u Sarajevu, Građevinski fakultet, Sarajevo, 2007.
- [2] Ljubenković, I., Vranješ, M., *Numerički model uslojenog tla - primjer zaslanjivanja rijeke Neretve*, hr.ak.srce.hr, Građevinar 2/2012, 2004.
- [3] Pavlić, K., Žugaj, R., Andrejić, Ž., Fuštar, L., *Krivulja trajanja protoka*; GRAĐEVINAR 63 (2011) 12, 1061-1068; 2011.
- [4] Pravilnik o načinu određivanja ekološki prihvatljivog projekta FBiH, Sarajevo 2014.
- [5] Strategija upravljanja vodama Federacije Bosne i Hercegovine, Agencija za vodno područje Jadranskog mora, Sarajevo, srpanj 2009.
- [6] *Studija određivanja EPP na 7 profila na rijekama Neretvi i Trebišnjici*; Agencija za vodno područje Jadranskog mora, Zagreb, Sarajevo, Bijeljina, veljača 2014.
- [7] Šegota, T., Filipović, A., Köppenova podjela klima i hrvatsko nazivlje, PMF Zagreb, Geografski odsjek, Zadar, 2003.
- [8] Zakon o vodama FBiH, Službene novine FBiH, broj 70/06, Sarajevo, 2006.
- [9] Žugaj, R., *Hidrologija*, Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološki-naftni fakultet, Zagreb, 2000.
- [10] www.google.earth.com
- [11] www.geografija.hr, N. Božić, Zaravni u Krašu - veliki geomorfološki problem, 2009.
- [12] www.hr.ak.srce.hr