

Obrada hidroloških podataka Omble

Lučić, Nikolina

Master's thesis / Diplomski rad

2015

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:169:241263>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-30**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering Repository, University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET

Diplomski studij geološkog inženjerstva

OBRADA HIDROLOŠKIH PODATAKA OMBLE

Diplomski rad

Nikolina Lučić

GI - 179

Zagreb, 2015.

Zahvaljujem svojoj mentorici, docentici dr.sc. Jeleni Parlov, na pomoći tijekom izrade diplomskog rada.

Velika zahvala vanjskom suradniku, profesoru dr.sc. Ranku Žugaju na strpljenju i korisnim savjetima, koje ću primjenjivati u budućem radu.

Posebno bih se zahvalila kolegama Igoru i Vanji na nesebičnoj pomoći, te mojoj obitelji i dečku Marinu, bez kojih ne bih uspjela.

OBRADA HIDROLOŠKIH PODATAKA OMBLE

NIKOLINA LUČIĆ

Diplomski rad izrađen: Sveučilište u Zagrebu
Rudarsko-geološko-naftni fakultet
Zavod za geologiju i geološko inženjerstvo
Pierottijeva 6, 10000 Zagreb

Sažetak

Izvor rijeke Omble nalazi se na samom jugu Republike Hrvatske, u Dubrovačko-neretvanskoj županiji. Izvorište Ombla je tipično krško izvorište nastalo na kontaktu karbonatnih naslaga navučenih na debeli kompleks eocenskih flišnih naslaga. Zadatak ovog diplomskog rada bio je obraditi 6-godišnji niz protoka podataka iz razdoblja od 2008. do 2013. godine, te dobivene rezultate usporediti s ranijima. Usporedba se provela na nizu srednjih godišnjih protoka i na osnovi krivulja trajanja srednjih dnevnih protoka, te za velike i male vode na osnovi raspodjele ekstremnih godišnjih protoka. Zaključeno je da se veličine maksimalnih i minimalnih protoka Omble u novijem razdoblju nisu značajno promijenile u odnosu na ranije razdoblje. Bez obzira na promjene osnovnih uvjeta otjecanja na slivu i značajnog smanjivanja prirodnih dotoka vode, prema pokazateljima veličina srednjih protoka i trendova razmatranih nizova srednjih godišnjih protoka, vodnost Omble se u novijem razdoblju (2008.-2013.) poboljšala u odnosu na ranije stanje (1993.-2007.).

Ključne riječi: protok, trend, krivulja trajanja protoka, sliv Omble.

Diplomski rad sadrži: 32 stranice, 4 tablice, 21 sliku, 3 priloga i 13 referenci

Jezik izvornika: Hrvatski

Diplomski rad pohranjen : Knjižnica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta, Pierottijeva 6, Zagreb

Mentor: Doc.dr.sc. Jelena Parlov, RGNF

Povjerenstvo: Doc.dr.sc. Jelena Parlov, RGNF

Prof.dr.sc. Andrea Bačani, RGNF

Doc.dr.sc. Željko Duić, RGNF

Vanjski suradnik: Prof.dr.sc. Ranko Žugaj

Datum obrane: 17. srpanj 2015.god, Rudarsko-geološko-naftni-fakultet

HYDROLOGICAL DATA INTERPRETATION OF OMBLA RIVER

NIKOLINA LUČIĆ

Thesis completed in: University of Zagreb
Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering
Department of Geology and Geological Engineering
Pierottijeva 6, 10000 Zagreb

Abstract

Source of the Ombla river is located in the very south of Croatia, in the Dubrovnik-Neretva County. Water source Ombla is typical karst wellspring that appears in the area of carbonate sediment above thick complexes of the Eocene flysch layers. The aim of this paper was to process data of 6 years flow discharge in the period between 2008- 2013, and to compare obtained results with earlier given data. The comparison was conducted between mean annual discharge, based on the flow-duration curve of mean daily discharge for high water and low water based on extreme annual discharge. Compared to the earlier given data the Ombla's maximum and minimum discharges were not significantly changed in the observed period. Regardless of changes in basic conditions of catchment area and notable reduction of natural inflow, based on mean discharge and trends in observed series of mean annual discharge, the Ombla's mean annual discharge elevated in regard to previous years.

Keywords: flow discharge, trend, flow-duration curve, catchment area of the Ombla river

Thesis contains: 32 pages, 4 tables, 21 figures, 3 enclosures and 13 references

Original in: Croatian

Thesis deposited at: Library of Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering,
Pierottijeva 6, Zagreb

Supervisor: Assistant Professor, Jelena Parlov, PhD

Reviewers: Assistant Professor, Jelena Parlov, PhD

Professor, Andrea Bačani, PhD

Assistant Professor, Željko Duić, PhD

Subcontractor: Ranko Žugaj, Professor, PhD

Date of defense: 17th of July, 2015, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering

Sadržaj

1. Uvod.....	1
2. Područje istraživanja	2
2.1. Općenito o slivu	3
2.2. Geološke značajke sliva.....	6
2.3. Hidrogeološke značajke sliva	9
2.3.1. Razvitak okršavanja prostora sliva Omble.....	10
2.3.2. Hidrogeološki uvjeti istjecanja Omble.....	12
3. Obrada hidroloških podataka istraživnog područja.....	16
3.1. Srednji godišnji protoci.....	16
3.2. Krivulje trajanja protoka Omble u profilu Komolac.....	20
3.3. Usporedba krivulja trajanja iz najnovije obrade s krivuljama trajanja iz ranijih obrada.....	23
3.4. Maksimalni i minimalni godišnji protoci.....	26
4. Zaključak.....	31
5. Literatura	32

Popis tablica

Tablica 3-1. Srednji mjesečni i godišnji protoci Omble u profilu Komolac (m^3/s) u razdoblju (1993.-2013.), po veličini i njihove vjerojatnosti pojavljivanja	18
Tablica 3-2. Srednji mjesečni i godišnji protoci Omble u profilu Komolac različitih povratnih razdoblja (m^3/s) prema raspodjeli Pearson III.....	18
Tablica 3-3. Maksimalni godišnji protoci Omble u profilu Komolac različitih povratnih razdoblja	27
Tablica 3-4. Minimalni godišnji protoci Omble u profilu Komolac različitih povratnih razdoblja	29

Popis slika

Slika 2–1. Geografski položaj izvora Omble	2
Slika 2–2. Tokovi podzemne vode u istočnoj Hercegovini.....	3
Slika 2–3. Betonirano korito Trebišnjice.....	4
Slika 2–4. Hidrogeološka karta šireg područja s prikazom neposrednog sliva izvorišta Omble	5
Slika 2–5. Geološka karta područja s ucrtanom granicom neposrednog sliva	7
Slika 2–6. Izvor Omble	12
Slika 2–7. Glavni i sporedni kanalski sustavi u zaleđu izvorišta Ombla.....	13
Slika 2–8. Tri koncentrirane zone istjecanja Omble: Glavni izvor, Baba i Crkvice	14
Slika 2–9. Brana na izvoru rijeke Omble	15
Slika 3–1. Srednji godišnji protoci Omble u profilu Komolac različitih povratnih razdoblja; razdoblje obrade (1993.-2013.)	19
Slika 3–2. Srednji godišnji protoci Omble u profilu Komolac u razdobljima (1951.-1990) i (1993.-2013.).....	20
Slika 3–3. Krivulja trajanja protoka Omble u profilu Komolac u razdoblju (2008.-2013.).....	21
Slika 3–4. Krivulja trajanja protoka Omble u profilu Komolac za vlažnu 2010. godinu iz razdoblja (2008.-2013.)	21
Slika 3–5. Krivulja trajanja protoka Omble u profilu Komolac za približno srednju 2009. godinu iz razdoblja (2008.-2013.)	22
Slika 3–6. Krivulja trajanja protoka Omble u profilu Komolac za sušnu 2011. godinu iz razdoblja (2008.-2013.)	23
Slika 3–7. Krivulje trajanja protoka Omble u profilu Komolac iz različitih razdoblja obrade .	24
Slika 3–8. Krivulje trajanja protoka Omble u profilu Komolac za vlažne godine u različitim razdobljima obrade.....	25
Slika 3–9. Krivulje trajanja protoka Omble u profilu Komolac za približno srednje godine u različitim razdobljima obrade.....	25
Slika 3–10. Krivulje trajanja protoka Omble u profilu Komolac za sušne godine u različitim razdobljima obrade.....	26
Slika 3–11. Maksimalni godišnji protoci Omble u profilu Komolac različitih povratnih razdoblja	28
Slika 3–12. Minimalni godišnji protoci Omble u profilu Komolac različitih povratnih razdoblja	29

Popis priloga

Prilog 1: Ombla, Komolac: srednji mjesečni i godišnji protoci (m^3/s) za razdoblje 1993.-2013.

Prilog 2: Ombla, Komolac: maksimalni mjesečni i godišnji protoci (m^3/s) za razdoblje 1993.-2013.

Prilog 3: Ombla, Komolac: minimalni mjesečni i godišnji protoci (m^3/s) za razdoblje 1993.-2013

Popis korištenih oznaka i jedinica

Q (m ³ /s)	Protok
H (m)	Visina vodostaja
P (%)	Vjerojatnost pojavljivanja
c_v	Koeficijent varijacije
c_s	Koeficijent asimetrije

1. Uvod

Izvor rijeke Omble nalazi se u Dubrovačko-neretvanskoj županiji, 5 km od grada Dubrovnika, u mjestu Komolac. Sliv rijeke Omble nalazi se većinom u području jugoistočnog dijela istočne Hercegovine.

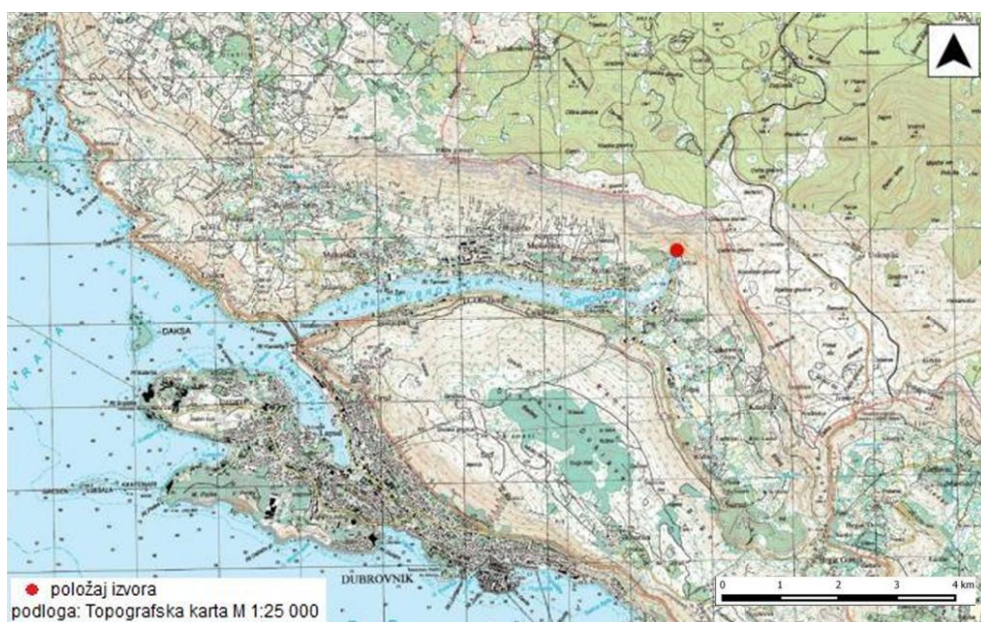
Ombla izvire na navlačnom kontaktu karbonatnih i klastičnih flišnih naslaga, na kraju glavnog drenažnog područja sliva razvijenog duž zone rasjeda Hum-Ombla. Sliv Omble određen je na temelju hidrogeoloških podataka šireg područja, na temelju utvrđenih podzemnih veza zona koncentrirane infiltracije površinskih voda sa značajnim izvorima područja.

Ombla je glavni snabdjevač Dubrovnika pitkom vodom. Srednja godišnja vrijednost istjecanja na izvoru Omble iznosi oko $30 \text{ m}^3/\text{s}$, a za vodoopskrbu Dubrovnika koristi se oko 500 l/s , što je višestruko manje od minimalne izdašnosti izvora.

Nakon prekida hidroloških mjerenja Omble, u profilu Komolac, u Domovinskom ratu, postojeći niz protoka (1993.-2007.) obrađen je na Rudarsko-geološko naftnom fakultetu. Zadatak ovog diplomskog rada je opisati geološke i hidrogeološke značajke sliva, te obraditi 6-godišnji niz protoka podataka iz najnovijeg razdoblja (2008.-2013.) i usporediti najnovije podatke s ranijima. Podaci najnovijih protoka dobiveni su od Državnog hidrometeorološkog zavoda (DHMZ-a). Usporedba će se provesti na nizu srednjih godišnjih protoka i na osnovi krivulja trajanja srednjih dnevnih protoka, te za ekstremne protoke na osnovi ranije definiranih krivulja raspodjela.

2. Područje istraživanja

Područje istraživanja ovog diplomskog rada obuhvaća sliv rijeke Omble koji se nalazi uglavnom u području jugoistočnog dijela istočne Hercegovine, te dijelu zaleđa dalmatinske obale oko Dubrovnika. Izvor rijeke Omble udaljen je oko 5 km u smjeru sjever-sjeveroistok od Dubrovnika, neposredno uz Jadransku magistralu, u mjestu Komolac, ispod stijene poznatije kao Golubov kamen (Slika 2-1). Izvorište Omble čine tri koncentrirane zone istjecanja: Glavni izvor, Baba i Crkvica.



Slika 2–1. Geografski položaj izvora Omble

U sliv ulazi dio Popovog polja, Trebinjsko polje i dio Mokrog polja. Na području sliva nalazi se i gradska zona Trebinja. Prema sjeveru sliv zahvaća šire područje polja Ljubomir (550 m n.m.), a u pravcu sjeverozapada dopiyeva skoro do Ljubinjškog polja. Na sjevernom perifernom području sliva nalazi se masiv Leotar (1229 m n.m.), Žabica s vrhom Ilija (1338 m n.m.) i Sitnica s vrhom Kobilja Glava (1419 m n.m.) (Buljan, 1999).

Sliv Omble prema zapadu graniči sa slivom izvora Palata u Malom Zatonu. Današnje spoznaje o hidrogeološkim odnosima područja ukazuju na povezanost slivova Omble i Palate samo kod velikih voda. Sliv Omble prema istoku graniči sa slivom izvora Zavrelje u Mlinima. Ranija istraživanja pokazala su da se kod visokih podzemnih voda dio vode koji

za vrijeme srednjih i nižih voda izvire na Ombli, prelijeva u susjedni sliv i istječe na Zavrelju (Sever, 1999).

2.1. Općenito o slivu

Ombla izvire na navlačnom kontaktu karbonatnih i klastičnih flišnih naslaga, na kraju glavnog drenažnog područja sliva razvijenog duž zone rasjeda Hum-Ombla. Sliv Omble određen je na temelju hidrogeoloških odnosa u širem području i što je posebno važno, na temelju utvrđenih podzemnih veza zona koncentrirane infiltracije površinskih voda sa značajnim izvorima područja (Slika 2-2).



Slika 2–2. Tokovi podzemne vode u istočnoj Hercegovini (Diktas, 2011)

(Prijevod engleskih pojmova: **town** – grad, **ponor** – ponor, **spring** – izvor, **dam** – brana, **power plant** – elektrana, **intermittent river** – povremena rijeka, **river** – rijeka, **tunnel** – tunel, **underground connection** – podzemna veza)

U širem području razmatranja nužno je razlikovati prirodne uvjete istjecanja na Ombli (prije izgradnje hidrosustava Trebišnjice) i aktualno stanje od 1979. godine kada je završeno betoniranje dijela korita Trebišnjice (Slika 2-3).



Slika 2-3. Betonirano korito Trebišnjice

Razlog betoniranja je spriječavanje gubitka vode kroz prirodno korito u krško podzemlje, te iskorištavanje vode u pumpnoj hidroelektrani Čapljina (PHE). U prirodnim uvjetima sliv Omble (danas podijeljen na posredni i neposredni) obuhvaća područje od razvodnice Jadranskog i Crnomorskog sliva, preko kaskadno smještenih krških polja do priobalnog pojasa ukupne površine 22 000 km² (Milanović, 1977; preuzeto iz Buljan 1999).

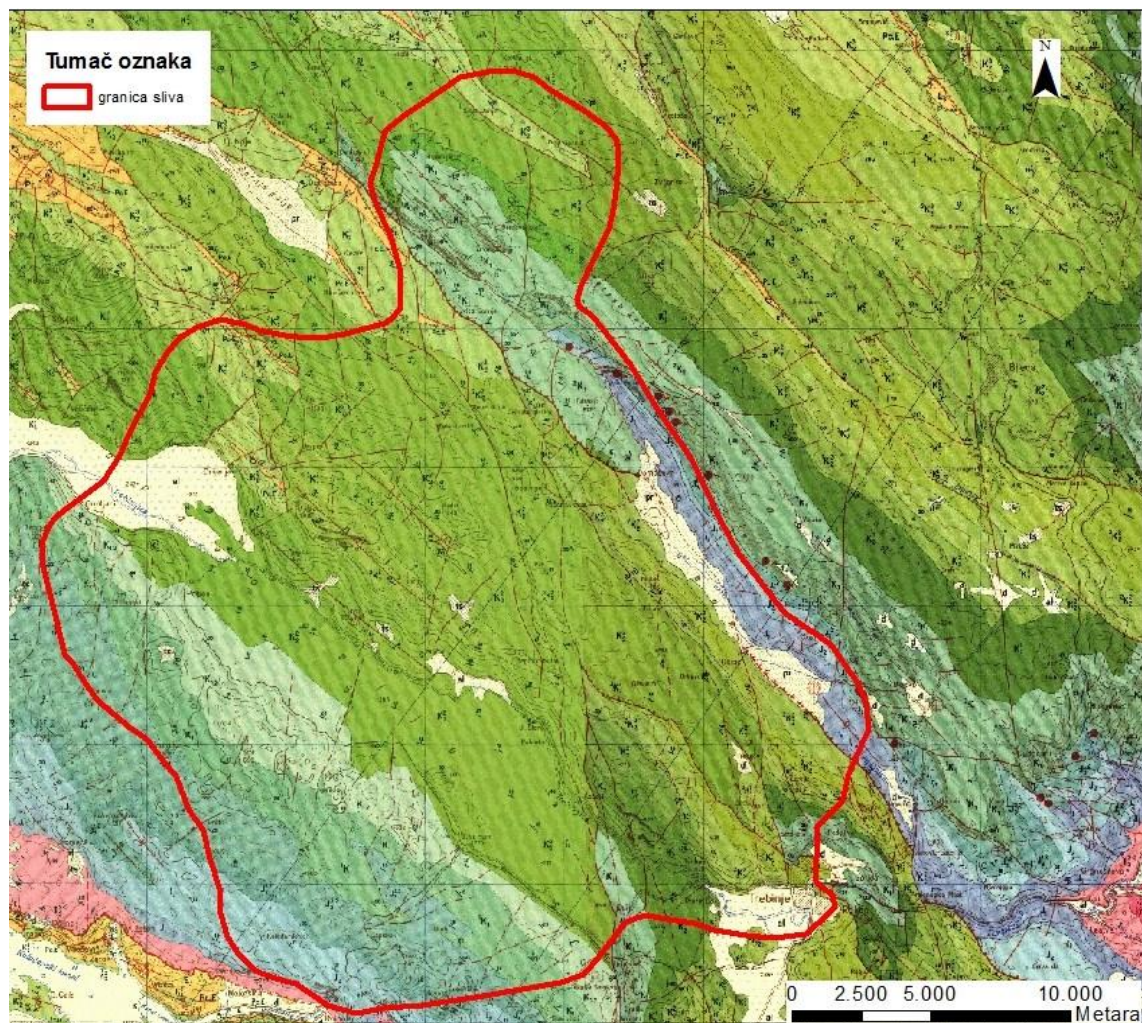
Vode ovog sliva su zbog hidrogeološke barijere koju čine dolomiti trijasko, jurske i donjokredne starosti, istjecale na površinu na izvoru Trebišnjice, koritom Trebišnjice dotjecale u zonu danas neposrednog dijela sliva Omble, odakle je u zonama koncentrirane infiltracije dio vode ponirao i podzemno otjecao do izvora Omble. Izgradnjom brane Gorica (kompenzacijski bazen za HE Dubrovnik na Platu) i betoniranjem korita Trebišnjice nizvodno od Trebinja (voda za PHE Čapljina) površina sliva Omble je smanjena na tzv. neposredni sliv (Milanović 1984; preuzeto iz Buljan, 1999).

2.2. Geološke značajke sliva

Rijeka Ombla izvire iz vapnenačko-dolomitnog kompleksa trijaskih i jurskih naslaga koje naliježu na paleogenski fliš tvoreći geološku strukturu „Dinarik“ koja se proteže na većem dijelu obalnog pojasa od Neretve do Boke Kotorske. Zaleđe ovog pojasa izgrađeno je od dobro raspucalih i okršenih vapnenačko-dolomitnih naslaga kredne i jurske starosti koje predstavljaju kolektore za podzemne vode (Sever, 1999).

Flišne naslage predstavljaju potpunu barijeru za kretanje podzemne vode, tako da se prelijevanje, odnosno izviranje iz spomenutog karbonatnog kompleksa odvija samo na onim mjestima gdje su erozijskim procesima flišne naslage odnesene, a razvijeni krški kanali omogućuju protjecanje vode i njeno izlivanje na površinu. Flišna barijera u području Omble je erodirana površinskim vodama, odnosno vodama koje su se izljevale iz Viline Pećine (nekadašnji izvor Omble). Kako je u bližoj geološkoj prošlosti razina mora bila oko 100 m niža od današnje, jaka erozija je odnosila mekane flišne naslage i tako formirala današnji reljef. Spiranjem flišnog materijala nestala je barijera podzemnim tokovima, a podzemna voda je svojim erozijskim djelovanjem proširivala postojeći pukotinski sustav tvoreći kanale i kaverne tako da se sada sve vode iz zaleđa mogu drenirati na nižim, današnjim, kotama (Brlobuš, 1992).

Neposredni sliv rijeke Omble prema Natević i Petrović (1963) i Natević (1970) izgrađuju naslage trijasa, jure, krede, paleogena i kvartara (Slika 2-5).



Slika 2–5. Geološka karta područja s ucrtanom granicom neposrednog sliva– OGK list Trebinje (Natević i Petrović, 1963)

(Tumač oznaka: **d** - deluvij, **al** - aluvij, **pr** - proluvij, **ts** - crvenica, **E₃** - fliš: pješčenjaci, lapori i vapnenci, **Pc,E** - miliolidni, kozinski, alveolinski i numulitski vapnenci, **K₂³** - vapnenci sa rudistima i keramosferinama, **³K₂²** - vapnenci sa rudistima, rjeđe hondrodontama, **²K₂²** - vapnenci i dolomiti sa hondrodontama, **¹K₂²** - vapnenci i dolomiti sa rudistima i neiteama, **K₂²** - neraščlanjeni vapnenci i dolomiti sa rudistima, hondrodontama i dr., **K₂¹** - vapnenci i dolomiti sa miliolidama, nerineama, pahiodontama i dr., **K_{1,2}** - vapnenci sa Salpingoporella dinarica, koprolitima i dr., **²K₁** - vapnenci sa Salpingoporella dinarica i dr., **¹K₁** - dolomit, vapnenci sa tintininama i nerineama, **J₃²⁺³** - vapnenci i dolomiti sa Clypeina jurassica, **J₃^{1,2}** – vapnenci sa Cladocoropsis mirabilis i vapnenci sa kurnubiamama, **J₂** - oolitični vapnenci, **J₁** - dolomiti sa pentakrinusima, vapnenci sa litiotisima, dolomiti i vapnenci sa megalodusima, **T₃²⁺³** - dolomiti i vapnenci, **T₃¹** - vapnenci i lapori sa ugljem)

Najstariji litostratigrafski član predstavljen je karbonatnim sedimentima gornjeg trijasa (**T₃²⁻³**). Analiza pokazuje da osnovnu stijensku masu čine srednjevni dolomiti. Dolomiti su tanko do debelo-slojeviti, a mjestimično masivni. Posebnu značajku

predstavlja brečast izgled dolomitne mase. U prijelaznoj zoni dolomita, prema jurskom vapnenačkom kompleksu, smanjen je udio dolomita na račun vapnenca. Debljina gornjotrijaskih sedimenata varira u širokim granicama (Natević, 1970). Najmanja debljina od svega nekoliko desetaka metara je u užem području izvorišta, a prema jugoistoku i sjeverozapadu od izvora Omble debljina se povećava i do 250 m. Najveću debljinu od preko 350 m gornjotrijaski dolomiti imaju u području Ivanice (Natević i Petrović, 1963).

Donja jura (J_1) se odlikuje istim litološkim sastavom kao trijas, s tim da u donjoj polovini ovog člana dominiraju vapnenački dolomiti i dolomiti, dok su biomikriti i biotranspariti nešto manje zastupljeni. Često su i oni zahvaćeni dolomitizacijom. Općenito, debljina lijaskog karbonatnog kompleksa naslaga unutar sliva Omble je od 150 do 450 m. Jasna litološka granica gornjeg trijasa i donje jure je tamo gdje na gornjotrijaske dolomite dolaze vapnenci donjeg lijasa. U slučaju dolomita postoji postepeni prijelaz iz gornjeg trijasa u juru. Prijelaz iz donje jure u gornju juru (J_2) je postupan, karakteriziran pojavom oolitičnih vapnenaca svijetlosmeđe do bijele boje s rijetkim proslojcima dolomita. Zajednička odlika vapnenaca ovog slijeda slojeva je vrlo visok postotak CaCO_3 , i do 90% (Natević, 1970). Jurske dolomitne naslage najvjerojatnije predstavljaju razvodnicu između sliva Omble i dijela sliva Palate u Malom Zatonu.

Karbonatni kompleks naslaga kredne starosti gradi najveći dio sliva Omble. Kredne naslage ovog područja zastupljene su slojevitim do masivnim vapnencima s proslojcima dolomita. Ukupna debljina krednih naslaga procjenjuje se između 1300 i 2000 m. Dolomiti su sitnozrnasti svijetlosive boje, a vapnenci bijeli mikrokristalne strukture, mjestimično u uskim zonama debljine 2 - 5 m, često ispresijecani brojnim kalcitnim žilicama. Unutar donjokredne (K_1) serije sedimenata izdvojena su dva slijeda slojeva, starosti valendinbarem (1K_1) i apt-alb (2K_1), te se pojavljuju na zaravni iznad izvora Omble u rubnom području Popovog polja. Vapnenci i dolomiti gornje krede (K_2) dominantno se pojavljuju na površini sliva Omble. Cenomanske naslage (K_2^1) izdvojene su u uskom pojasu južno od Trebinjskog polja. Vapnenci i dolomiti turonske starosti (K_2^2) predstavljaju najveći dio gornjokrednih naslaga. Sedimenti senona (K_2^3) izdvojeni su u krajnjem sjevernom dijelu sliva Omble, a ukupna im je debljina od 200 do 350 m (Natević, 1970).

U sklopu paleogenskih sedimenata unutar sliva Omble nalaze se paleocenski vapnenci, eocenski foraminiferski vapnenci i gornjoeocenske flišne naslage.

Paleocenski vapnenci i eocenski foraminiferski vapnenci (Pc, E_{1,2}) su slabo zastupljeni i male su debljine. Paleogenski vapnenci izdvojeni su pretežito u uskim zonama u sjevernom i sjeverozapadnom dijelu sliva Omble, te na lijevoj obali Rijeke Dubrovačke.

Eocen (E₃) je zastupljen flišnim facijesom u kojem dominiraju lapori i glinoviti lapori. Nešto zapadnije oko naselja Mokošice utvrđeno je prisustvo eocenskih vapnenaca s miliolidama, alveolinama i numulitima. Vapnenačke breče i laporoviti vapnenci najčešće su kompaktni, debljine od 10 cm do 1 m i u njima nisu prisutni tragovi okršavanja. Udio CaCO₃ u laporovitim vapnencima je od 66 do 70 %, a proslojci vapnenaca sadrže i 98 % CaCO₃ (Natević, 1970). Debljina flišnog kompleksa naslaga je veća od 700 m.

Kvartarne naslage najčešće se nalaze u krškim poljima, većim ponikvama, riječnim dolinama, te kao pokrov flišnih naslaga. Najmlađe kvartarne naslage mogu se podijeliti na sedimente aluvijalnog, deluvijalnog, proluvijalnog ili siparišnog porijekla.

Aluvijalne naslage (Al) različite debljine prisutne su na desnoj obali Omble, ali samo u blizini izvora. Zastupljene su prašinstim sedimentima, mjestimično s odlomcima vapnenca i pješčenjaka. U Popovom polju aluvijalne naslage zastupljene su krupnozrnastim i sitnozrnastim šljunkom, krupnozrnastim pijeskom i pjeskovitom glinom (Natević, 1970).

Deluvijalne naslage (d) na većem prostoru pokrivaju flišni kompleks naslaga u priobalnom pojasu. Nastale su od rastrošenog površinskog dijela podinskih naslaga. Uglavnom su male debljine najčešće do 0,5 m, pa mjestimice iz njih vire izdanci primarne stijene (Natević, 1970). Danas su ove naslage većim dijelom obrađene.

Proluvijalne naslage (Pr) izdvojene su u Ljubinjском polju i Ljubomir polju. Čine ih slabo zaobljeni fragmenti vapnenaca i dolomita pomiješani s dolomitičnim pijeskom i crvenicom (Natević, 1970). Debljina iznosi do 2 m.

2.3. Hidrogeološke značajke sliva

Lokalne hidrogeološke značajke terena rezultat su regionalnih hidrogeoloških odnosa.

Naslage ovog područja mogu se svrstati u tri osnovne kategorije: dobro vodopropusne, slabo vodopropusne i vodonepropusne naslage.

Dobro vodopropusne karbonatne naslage predstavljaju okršeni vapnenci jurske i kredne starosti, interstratificirani dolomitima, u kojima su uslijed pukotinsko-disolucijske poroznosti (tercijarne poroznosti svojstvene kršu kada se uslijed erozije i korozije, pore i pukotine proširuju i spajaju u veće) formirani privilegirani smjerovi podzemne cirkulacije vode (koncentrirani kanalski tokovi) (Sever, 1999). Tip poroznosti uvjetuje dobru permeabilnost koja uz izrazitu okršenost, rezultira znatnim kolektorskim mogućnostima karbonatnih naslaga zaleđa Omble (Buljan, 1999).

Slabo vodopropusne karbonatne naslage predstavljaju proslojci, zone i leće tektonikom kataklaziranog dolomita trijasko, jurske i donjokredne starosti unutar karbonatnog kompleksa Dinarika (Buljan, 1999). Trijaski dolomit je u ovoj strukturi nešto slabije vodopropusna stijena u odnosu na vapnence. Mjestimično dolomiti mogu biti zahvaćeni procesom okršavanja i do dubine od par desetaka metara, te taj dio stijenske mase ima međuzrnsku poroznost i značajne retardacijske sposobnosti. Kroz veći broj malih izvora uz čelo navlake cijedi se voda iz trijaskog dolomita (Sever, 1999).

Vodonepropusne klastične naslage obuhvaćenog područja su eocenske flišne naslage sastavljene pretežito od lapora i zaglinjenog lapora, a tek mjestimice tankih proslojaka vapnenaca, vapnenačkih breča, pješčenjaka i silta. Eocenski fliš predstavlja hidrogeološku barijeru (Buljan, 1999). Debljina fliša prema geofizičkim istraživanjima iznosi oko 700 m što je dovoljno da onemogući poprečnu filtraciju (Sever, 1999). Značajan je podatak da nikad, pa ni u dugotrajnim sušnim razdobljima, nije dolazilo do zaslanjenja izvora Omble. Da postoji bilo kakva mogućnost filtracije kroz fliš, zaslanjenje Omble bi bilo neizbježno (Buljan, 1999).

2.3.1. Razvitak okršavanja prostora sliva Omble

Postanak i razvitak sliva Omble je izravna posljedica intenzivnog procesa okršavanja zastupljenih karbonatnih naslaga, omogućenog postojećim strukturno-tektonskim odnosima, izdizanjem ovog dijela Dinarika i erozijom kompleksa klastičnih flišnih naslaga (Buljan, 1999). Velike količine vode koje su iz okolnih planina dotjecale u sliv Trebišnjice nastojale su, od pleistocena do danas, najkraćim putem dospjeti do zone istjecanja u Jadransko more (Lučić, 2003).

Prava dinamika formiranja današnjeg reljefa vezana je za pleistocen, za izmjene glacijalnih i interglacijalnih doba. Dok su ledenjačka doba donosila ograničene količine vode, obilježje međulednjačkih doba su velike količine vode i posljedično pojačana erozija. Uslijed podložnosti karbonatnih stijena procesu okršavanja, dio vode je osim tokom Trebišnjice počeo otjecati i podzemno do mora. S vremenom omjer infiltracije vode u podzemlje postaje daleko veći od onoga koji otječe površinski. Na taj način se gotovo sve oborine u kratkom vremenu infiltriraju kroz krški reljef kroz spletove pukotina i kanala u podzemlje. Tako se umjesto površinske formira bogata i razgranata podzemna hidrografska mreža kojom vode teku do zone istjecanja na razini mora (Buljan, 1999).

Na području razmatranja flišna barijera s južne strane, a dominantna hidrogeološka barijera sa sjeverne strane, uvjetovale su dubinu do koje karbonatne naslage imaju izraženu efektivnu poroznost (Buljan, 1999).

Lokacija izvorišta Omble je strukturno uvjetovana. Nastala je unutar tektonikom zdrobljene zone čije je obilježje „snop“ rasjeda pružanja SI-JZ u okviru zone Hum-Ombla. Spomenuti rasjedi u najvećoj su mjeri odredili privilegirane smjerove cirkulacije podzemnih voda iz zaleđa. Rasjedna zona Hum-Ombla predstavlja glavni drenažni prostor cijelog hidrogeološkog sustava. Nakon formiranja zone istjecanja u pleistocenu, voda je dalje na lokaciji izvorišta, zajedno s tektonikom, pospješila erodiranje naslaga fliša što je izazvalo dodatno sniženje zone istjecanja Omble sve do zone istjecanja na razini mora. Izdizanje karbonatnih naslaga u zoni čela navlake Dinarika, erozija flišne barijere i spuštanje zone istjecanja na razinu mora utjecali su da su zone paleoistjecanja Omble danas izdignute (Brlobuš, 1992).

Uslijed izdizanja terena i zbog toga, uslijed djelovanja vode, sve dubljeg okršavanja, drenažni tokovi lokalnih zona istjecanja spustili su se ispod lokalnih baza okršavanja i s vremenom spojili u jedinstvenu zonu drenažne mreže neposrednog sliva Omble. Zbog toga se u razdoblju malih voda protok prema Ombli odvija ispod razine Popovog polja, ispod korita Trebišnjice. Dio karbonatnih naslaga u zaleđu izvorišta Omble zbog tektonske razlomljenosti, razine podzemne vode i velikog protoka u glavnim drenažnim kanalima, također je izvrnut intenzivnom procesu okršavanja iako je prostorno smješten ispod zone istjecanja na razini mora. To dovodi do sporog, ali stalnog spuštavanja glavnih koncentriranih tokova unutar sliva, a na taj način se produbljuje i aktivna hidrografska mreža u čitavom slivu Omble (Buljan, 1999).

2.3.2. Hidrogeološki uvjeti istjecanja Omble

Izvorište Ombla je tipično krško izvorište nastalo na kontaktu karbonatnih naslaga navučenih na debeli kompleks eocenskih flišnih naslaga (Slika 2-6). Na osnovi hidrogeoloških značajki, područje sliva Omble može se podijeliti u dvije karakteristične cjeline: sjeverno i južno od dolomitske barijere.



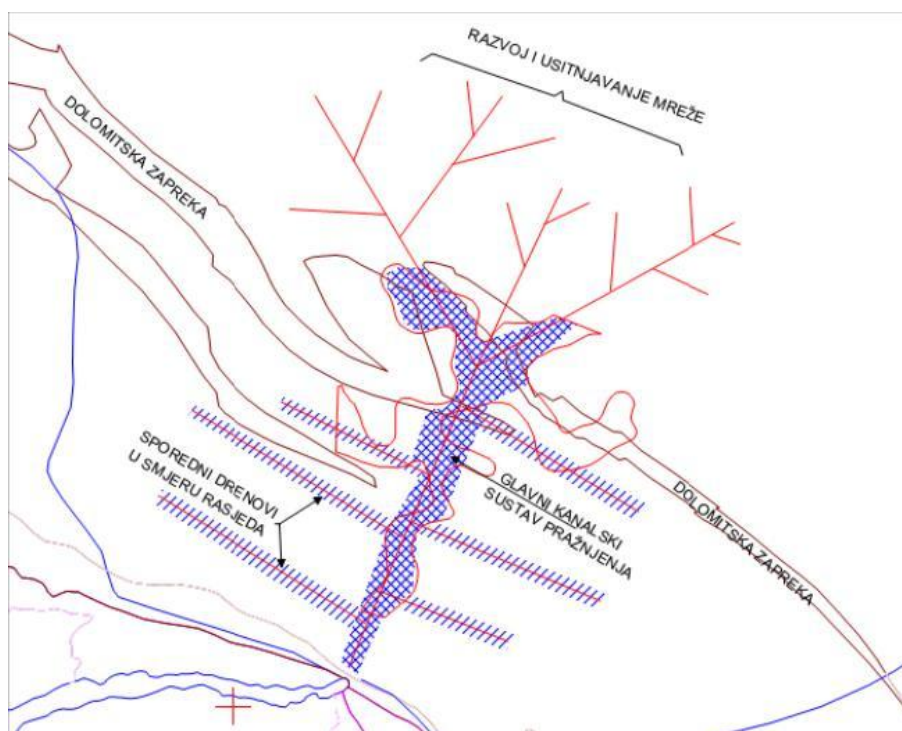
Slika 2–6. Izvor Omble

Sjeverni dio slivnog područja građen je od dobro propusnih vapnenaca i predstavlja daleko najveći dio slivnog područja. S obzirom na hidrogeološke značajke vapnenca kojeg obilježava velika propusnost, na tom području se u podzemlju akumulira oborinska voda. Međutim, ta zapreka je u svom središnjem dijelu oštećena tako da kroz nju voda prolazi u južni dio slivnog područja. Zbog slabije vodopropusnosti, zone dolomita značajne su za usmjeravanje tokova podzemne vode unutar dobro propusnih vapnenaca (Buljan, 1999).

Nizvodno od dolomitske zapreke nalazi se područje vapnenačkih stijena koje se s južne strane naslanjaju na uski pojas dolomitskih stijena navučenih na područje nepropusnog fliša. Naslage fliša imaju funkciju potpune hidrogeološke barijere.

Neposredno na klastične flišne naslage navučeni su dolomiti trijasa koji još dodatno potvrđuju njihovu funkciju barijere (Buljan, 1999).

Podzemna akumulacija koja se nalazi na sjevernom dijelu sliva, puni se kišama i prazni kroz oštećenu dolomitsku zapreku i glavni drenažni kanal koji se nalazi u južnom dijelu sliva (Buljan, 1999). Južni dio sliva koji je značajno manji, puni se kišama, ali zbog postojanja nisko položenog glavnog drenažnog kanala i postojanja sporednog drenažnog sustava, on se vrlo brzo isprazni (Lučić, 2003). Zbog toga najveći dio protoka na izvoru Ombla formiraju kiše pale u zaleđu sjeverno od dolomitske zapreke. Osim glavnog kanalskog drenažnog sustava pretpostavlja se postojanje i manjih bočnih drenova, koji se pružaju u smjeru rasjeda usporedno s dolomitskom zaprekom. Njihova uloga je u pražnjenju manjih do vrlo sitnih šupljina (Slika 2-7).

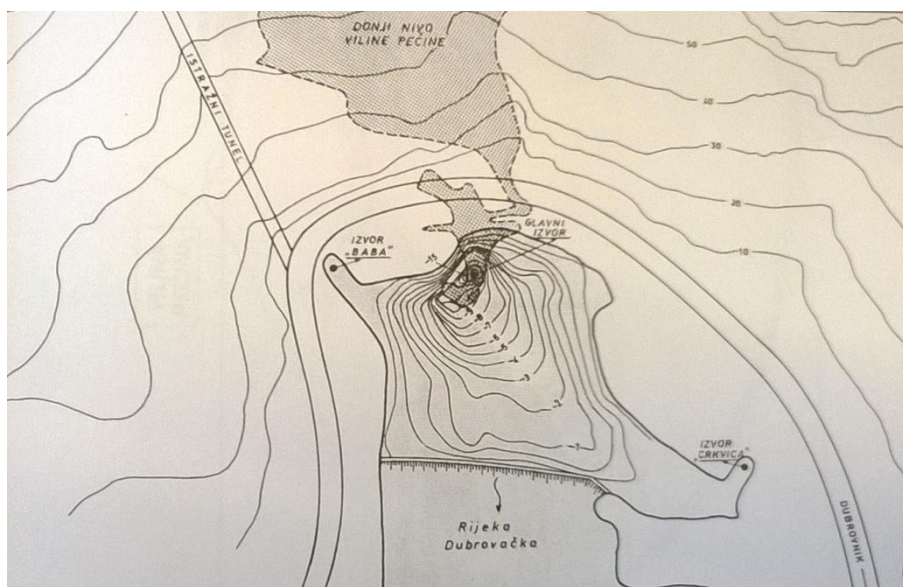


Slika 2-7. Glavni i sporedni kanalski sustavi u zaleđu izvorišta Ombla (Jović, 1997)

Izviranje vode iz karbonatnog kompleksa je moguće samo na onim mjestima gdje su erozijskim procesima flišne naslage odnešene, a razvijeni krški kanali omogućuju protjecanje vode i njeno izlivanje na površinu. Fliš je u zoni izvorišta erodiran do razine mora s Omblom u najnižoj točki, dok se bočno na istok i zapad hipsometrijski izdiže i preko 150 m. Debljina tih naslaga ispred izvorišta Ombla veća je od 350 m. Ovakva

kontinuirana flišna zona onemogućuje dispergirano istjecanje podzemne vode iz okršenih naslaga zaleđa, te uvjetuje koncentrirano pražnjenje zaleđa preko nekoliko izvora (Buljan, 1999).

Izvorište Omble čine tri koncentrirane zone istjecanja: Glavni izvor, Baba i Crkvice, s tim da na Glavni izvor istječe preko 80% vode izvorišta (Slika 2-8). Pri niskim vodostajima, izvori izvorišta Ombla funkcioniraju nezavisno. Glavni izvor je sifonskog oblika (Krašovac 1985, preuzeto iz Buljan 1999). Iza izvora je velika šupljina (duljine preko 80 m, širine 15 m i visine preko 8 m) koja predstavlja neposredno zaleđe izvorišta.



Slika 2-8. Tri koncentrirane zone istjecanja Omble: Glavni izvor, Baba i Crkvice (Buljan, 1999)

Izvor je uzlazni, a najniža točka grotla nalazi se oko 25 m ispod razine mora. Ombla je glavni kaptažni objekt i snabdjevač Dubrovnika pitkom vodom. Ispod izvora izgrađena je brana s ulogom da usporavanjem istjecanja omogući lakše korištenje (zahvaćanje) vode i da zaštiti izvorište od utjecaja kolebanja plime i oseke (Slika 2-9). U razdoblju poslije 1961. godine, kada je rekonstruirana preljevna brana, minimalna količina istjecanja izmjerena je 26.7.1977. godine i iznosila je $2,9 \text{ m}^3/\text{s}$, dok je maksimalna količina istjecanja izmjerena 1.12.2010. godine i iznosila je $117 \text{ m}^3/\text{s}$. Srednji protok na izvoru Omble iznosi $Q_{sr} = 29,0 \text{ m}^3/\text{s}$ u ovdje obrađenom razdoblju (2008.-2013.). Za vodoopskrbu Dubrovnika koristi se oko 500 l/s , što je višestruko manje od minimalnog kapaciteta izvora (Parlov, 2013).



Slika 2–9. Brana na izvoru rijeke Omble

3. Obrada hidroloških podataka istraživanog područja

Osnovni uvjeti otjecanja u krškom slivu Omble mijenjali su se tijekom vremena, ovisno o izgradnji hidroenergetskih postrojenja: 1965. godine HE Dubrovnik, a 1980. godine HE Čapljina, pa su na taj način značajno smanjivani prirodni dotoci vode (Žugaj, 2009).

Prethodna hidrološka obrada Omble u profilu Komolac, izrađena je na Rudarsko-geološko-naftnom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, 2009. godine, a obuhvatila je podatke za razdoblja obrade (1978.-1990.) i (1991.-2007.). Pritom su u dvije godine: 1991. i 1992. radi Domovinskog rata, hidrološka mjerenja bila prekinuta. Za ovu obradu prikupljeni su najnoviji raspoloživi podaci, od 2008. do 2013. godine.

3.1. Srednji godišnji protoci

Za obradu srednjih protoka Omble u profilu Komolac postoje u DHMZ-u RH raspoloživi nizovi srednjih dnevnih protoka od 1978. do 1990. i od 1993. do 2013. godine. Od rujna 1991. do prosinca 1992., zbog Domovinskog rata na Ombli nisu provedena nikakva hidrološka motrenja i mjerenja.

U nizu protoka od 1978. do 1990. godine, u prve tri godine vodnost Omble nije bila pod utjecajem HE Čapljina, a sadašnje stanje na slivu uspostavljeno je 1981. godine (Žugaj, 2009).

Vrijednosti srednjih mjesečnih i godišnjih protoka Omble u profilu Komolac u razdoblju (1993.-2013.) i njihovi glavni karakteristični parametri: prosjek (Q_{sr}), standardno odstupanje (Std), koeficijenti varijacije (c_v) i asimetrije (c_s), te maksimalne i minimalne vrijednosti, dane su u Prilogu 1. Niz srednjih godišnjih protoka Omble u profilu Komolac iz priloga 1 dug je svega 21 godinu, ali zbog razmjerno malih varijacija: $c_v = 0,24$; može ga se prihvatiti kao dovoljno dugoga i prihvatljivog za daljnu obradu (Formula (3-3)).

Na osnovi kronoloških podataka srednjih mjesečnih i godišnjih protoka Omble u profilu Komolac iz razdoblja (1993.-2013.) iz Priloga 1 sastavljeni su nizovi tih protoka po

veličini u Tablici 3-1. U prvom stupcu tablice pridružene su razmatranim protocima odgovarajuće vjerojatnosti pojavljivanja prema formuli Čegodajeva:

$$p = \frac{m - 0,3}{n + 0,4} \quad (3-1)$$

gdje je m član niza koji dolazi po redosljedu, a n broj članova niza.

Nizovi protoka iz Priloga 1 i Tablice 3-1 imaju svega 21 član i radi toga su razmjerno kratki za statističku obradu. Njihove su duljine provjerene na osnovi vrijednosti pogreške koeficijenta varijacije σ_{cv} koja je definirana izrazom Kricky-Menkela:

$$\sigma_{cv} = \frac{c_v}{\sqrt{2(n-1)}} \sqrt{1 + 3c_v^2} \quad (3-2)$$

Vrijednost σ_{cv} mora biti manja od 0,10; odnosno manja od 10 posto. Uz broj članova niza $n = 21$; nizovi čiji je koeficijent varijacije $c_v < 0,48$ zadovoljavaju taj kriterij. Prema tome, prekratkima se mogu smatrati nizovi srednjih mjesečnih protoka Omble u profilu Komolac iz razdoblja (1993.-2013.) u ožujku, rujnu i listopadu.

Za razmatrane nizove srednjih mjesečnih i godišnjih protoka Omble u profilu Komolac iz Priloga 1, karakteristične su vrlo velike razlike u veličinama koeficijenata asimetrije c_s koji se kreću u granicama od $c_s = 0,01$ za mjesec travanj, do $c_s = 1,94$ za mjesec lipanj. Ovaj je parametar, zbog statističkoga momenta trećega reda, na osnovi kojega je definiran, vrlo osjetljiv na duljinu niza. Radi toga se on pouzdano određuje tek za razmjerno duge nizove ($n > 70$). Za definiranje srednjih mjesečnih i godišnjih protoka Omble u profilu Komolac različitih povratnih razdoblja primijenjena je Pearson III raspodjela, a rezultati izračuna dani su u Tablici 3-2.

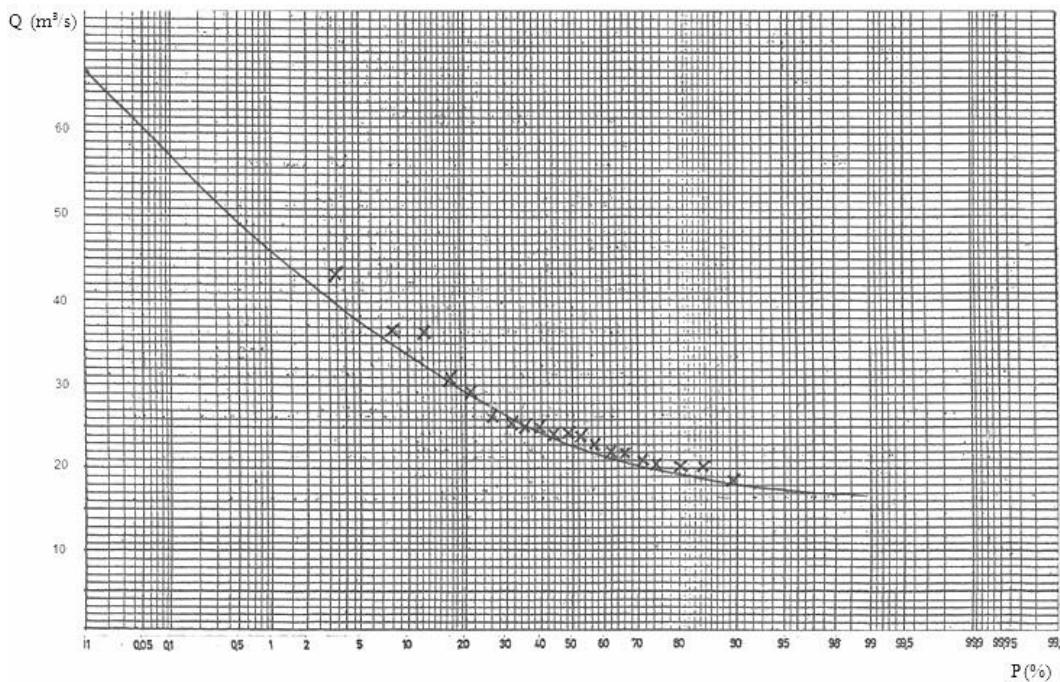
Tablica 3-1. Srednji mjesečni i godišnji protoci Omble u profilu Komolac (m^3/s) u razdoblju (1993.-2013.), po veličini i njihove vjerojatnosti pojavljivanja

p (%)	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God
3,5	70,9	75,5	80,6	60,5	43,3	21,8	13,6	13,2	31,4	42,3	66,6	88,0	43,1
8,0	58,8	73,6	67,1	58,4	34,5	20,5	11,1	11,5	30,6	40,3	48,6	73,4	36,3
12,5	58,5	65,5	53,1	53,0	26,6	20,0	10,9	11,0	19,5	39,4	48,0	65,2	36,3
17,0	57,8	56,3	51,4	46,7	26,0	17,0	10,7	8,79	17,6	32,2	46,0	62,9	30,4
21,5	57,3	49,1	50,6	44,6	25,9	16,6	10,4	8,77	13,5	29,2	43,1	55,4	29,4
26,0	54,8	48,1	49,5	40,5	23,1	16,5	10,2	8,74	11,5	28,6	40,2	54,5	26,2
30,5	53,7	46,7	44,9	40,3	22,6	16,2	9,79	8,40	9,58	28,6	38,3	53,2	25,9
35,0	52,9	44,7	43,4	37,0	20,1	13,1	9,73	8,25	9,49	26,8	34,0	51,2	25,4
39,5	52,5	40,2	40,3	35,6	17,7	12,7	9,64	8,06	8,89	25,6	33,8	48,9	25,3
44,0	46,0	40,0	37,9	32,7	16,5	12,3	9,61	7,76	8,48	22,1	32,9	48,4	24,8
48,5	36,9	33,3	32,7	29,7	16,5	12,2	9,59	7,18	8,08	21,5	31,5	46,9	24,8
53,0	34,5	31,8	31,6	27,8	16,4	12,0	9,56	7,08	8,02	17,2	30,1	37,8	24,7
57,5	32,2	31,7	25,4	27,1	15,7	11,4	9,20	6,92	7,79	16,5	29,3	37,3	22,9
62,0	33,0	31,1	25,2	26,5	15,3	10,9	9,07	6,87	7,28	11,2	29,1	36,5	22,5
66,5	31,7	30,4	21,4	24,4	14,8	10,7	9,06	6,84	6,66	11,1	27,6	36,1	22,0
71,0	27,3	27,5	20,3	23,1	14,7	10,6	8,18	6,37	6,41	9,02	26,4	35,1	21,2
75,5	25,5	25,4	19,6	21,0	13,2	10,4	7,90	5,89	6,32	8,88	26,0	34,9	20,8
80,0	23,1	24,3	15,9	18,5	12,2	9,84	7,06	5,67	6,27	8,67	21,8	27,3	20,6
84,5	21,3	23,2	15,6	17,1	11,5	9,52	6,69	5,43	5,98	7,31	13,9	20,4	20,2
89,0	21,3	21,8	11,6	16,3	11,5	9,05	6,86	5,32	5,56	6,54	11,7	17,3	20,2
93,5	18,2	17,2	11,1	15,3	11,4	8,72	5,74	4,68	4,90	6,14	7,56	14,5	18,2

Srednji godišnji protoci Omble u profilu Komolac različitih povratnih razdoblja prikazani su grafički (Slika 3-1). Prema navedenim kriterijima niz je dovoljno dug, a usvojena raspodjela Pearson III dobro se prilagođava ulaznim izračunskim podacima. Najveći srednji godišnji protok $Q_{srmax} = 43,1 m^3/s$ ima 50-godišnje povratno razdoblje.

Tablica 3-2. Srednji mjesečni i godišnji protoci Omble u profilu Komolac različitih povratnih razdoblja (m^3/s) prema raspodjeli Pearson III

Povratno razdoblje (god.)	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God
1000	92,9	112,3	112,0	87,0	63,2	30,5	14,9	17,4	57,0	63,6	81,9	112,5	58,3
100	79,6	89,0	88,4	70,7	47,3	25,0	13,5	14,2	39,4	51,5	68,1	93,2	46,7
50	74,9	81,5	80,7	65,4	42,4	23,2	12,9	13,2	33,9	47,5	63,3	86,7	43,1
25	69,7	73,6	72,5	59,6	37,4	21,4	12,4	12,1	28,5	43,1	58,2	79,7	39,3
10	61,9	62,3	60,7	51,3	30,5	18,7	11,6	10,6	21,3	36,5	50,6	69,3	34,2
5	54,6	52,8	50,6	44,1	25,1	16,5	10,8	9,40	15,9	30,6	43,8	60,1	30,2
2	41,0	37,5	33,6	31,8	17,5	12,9	9,3	7,39	8,79	20,2	31,8	43,7	24,3



Slika 3-1. Srednji godišnji protoci Omble u profilu Komolac različitih povratnih razdoblja; razdoblje obrade (1993.-2013.)

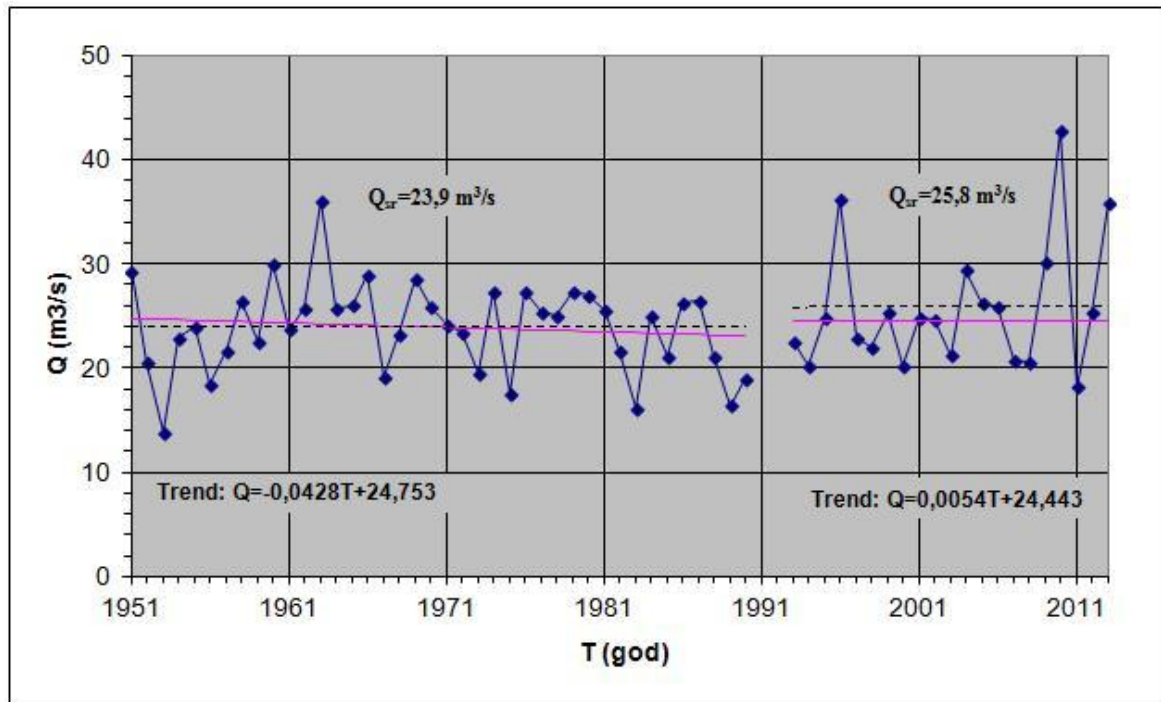
Slika 3-2 prikazuje sve raspoložive srednje godišnje protoke Omble u profilu Komolac. S obzirom da za 1991. i 1992. godinu nema podataka mjerenja zbog Domovinskog rata mogu se razmatrati dva niza: prvi od 1951. do 1990., prema podacima obrade Elektroprojekta iz 1994. godine i drugi niz od 1993. do 2013. godine. Drugi niz, u odnosu na raniji niz, ima u prosjeku 2,5 posto veće protoke, a dok kod ranijega niza postoji vrlo slabi, ali opadajući trend definiran izrazom:

$$Q = -0,0428T + 24,753 \quad (3-3)$$

gdje je T broj godine (od 1 do 40), dotle je kod drugoga, novijeg niza, trend vrlo slabo izražen, ali je pozitivan:

$$Q = 0,0054T + 24,443 \quad (3-4)$$

Prema navedenim pokazateljima veličina srednjih protoka i trendova razmatranih nizova srednjih godišnjih protoka (Slika 3-2), može se zaključiti da se vodnost Omble u najnovijem razdoblju čak poboljšava u odnosu na ranije stanje (s modeliranim promjenama na slivu).



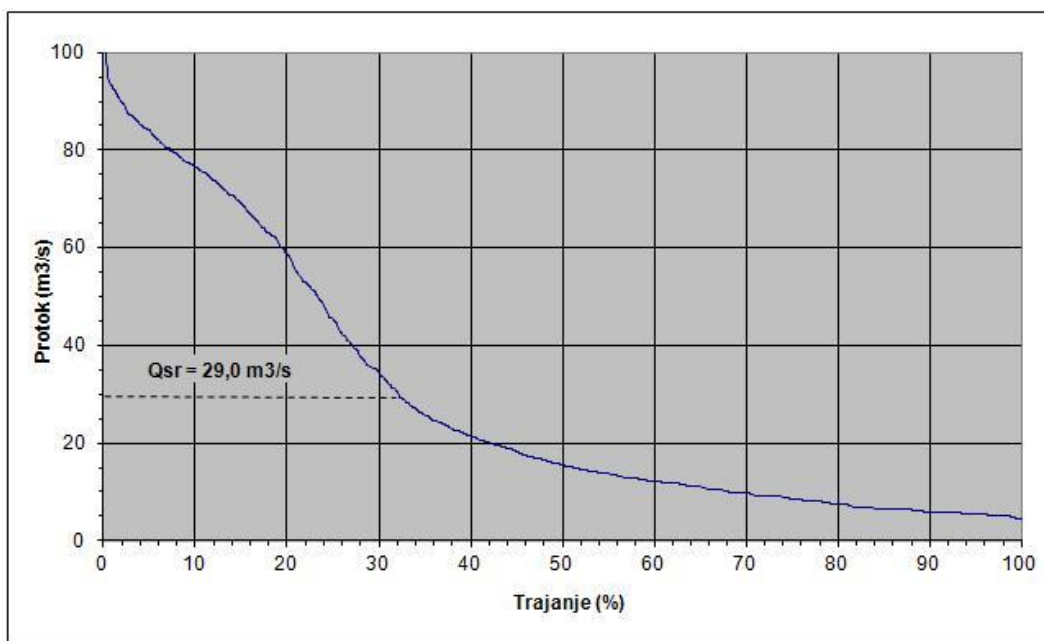
Slika 3–2. Srednji godišnji protoci Omble u profilu Komolac u razdobljima (1951.-1990) i (1993.-2013.)

Srednji godišnji protoci u razdoblju od 1951. do 1980. godine definirani su ranijim hidrološkim obradama Instituta za geologiju iz Trebinja na osnovi ARMAX modela kojim su protoci reducirani na sadašnje stanje nakon izgradnje HE Dubrovnik i PHE Čapljina. Iz grafičkog prikaza (Slika 3-2) jasno je da je razmatrani niz homogen, pa to svojstvo nije potrebno posebno ispitivati.

3.2. Krivulje trajanja protoka Omble u profilu Komolac

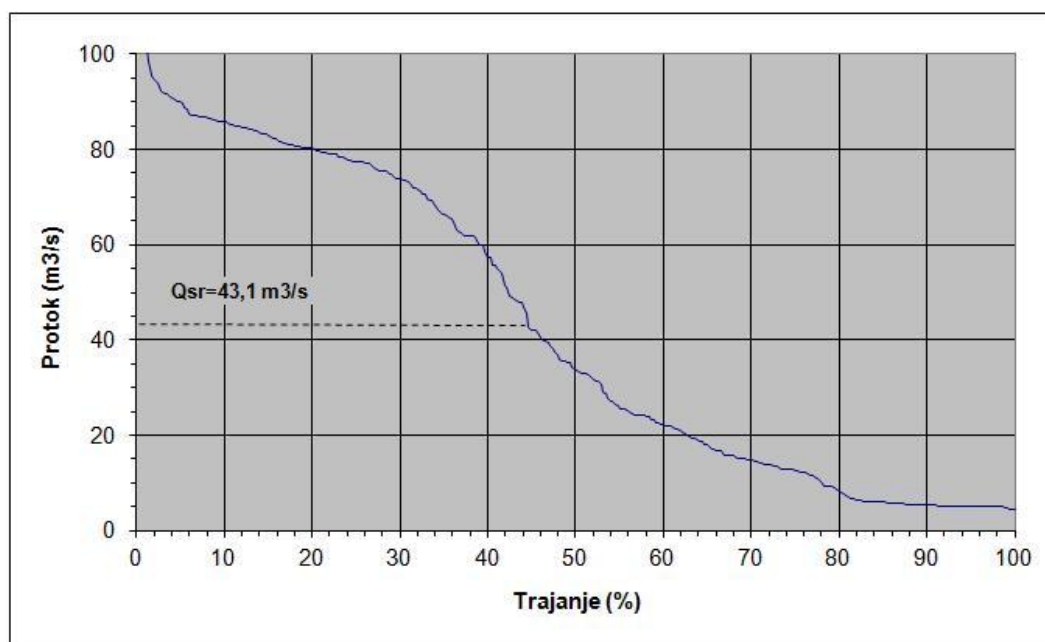
Krivulja trajanja protoka je krivulja koja pokazuje postotak vremena ili broj dana u godini tijekom kojih je protok jednak danim količinama ili veći od njih, bez obzira na kronološki red (Žugaj, 2000).

Na temelju vrijednosti srednjih dnevnih protoka Omble u profilu Komolac iz razdoblja (2008.-2013.) konstruirana je krivulja trajanja protoka na Slici 3-3. Protoci jednaki i veći od srednjeg $Q_{sr} = 29,0 \text{ m}^3/\text{s}$ trajali su 33 posto vremena, odnosno prosječno 120 dana godišnje.



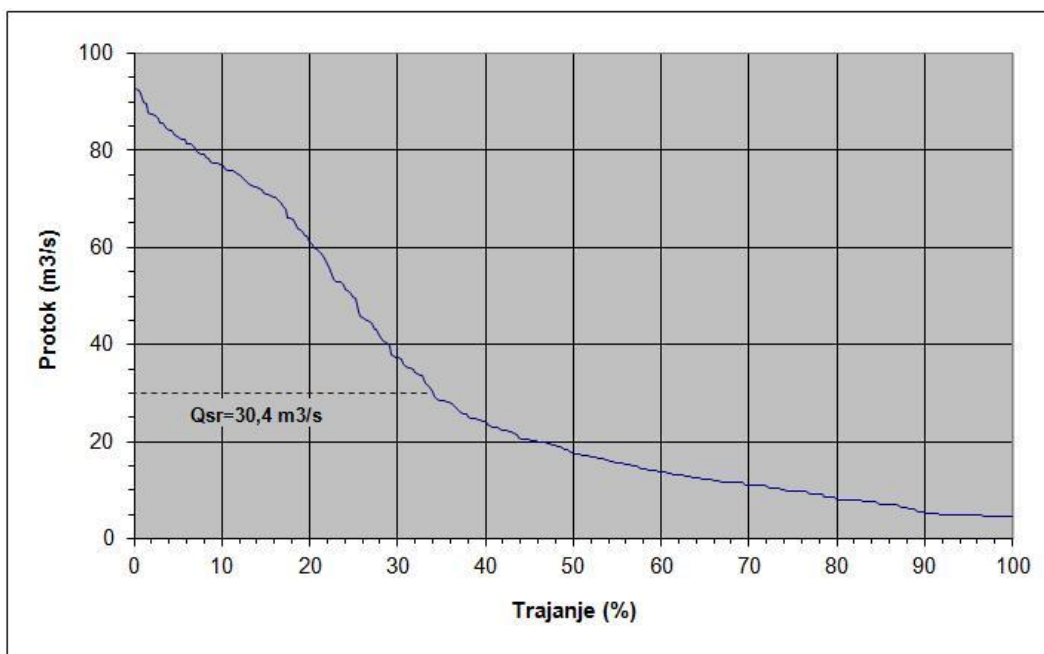
Slika 3–3. Krivulja trajanja protoka Omble u profilu Komolac u razdoblju (2008.-2013.)

Krivulja trajanja protoka Omble u profilu Komolac za vlažnu 2010. godinu (najbogatiju vodom u razdoblju nakon promjena na slivu od 1981. do 2013.) prikazana je na Slici 3-4. Protoci jednaki ili veći od srednjeg protoka 2010. godine, koji je $Q_{sr} = 43,1$ m³/s, trajali su čak 45 posto ukupnog vremena ili 164 dana te godine.



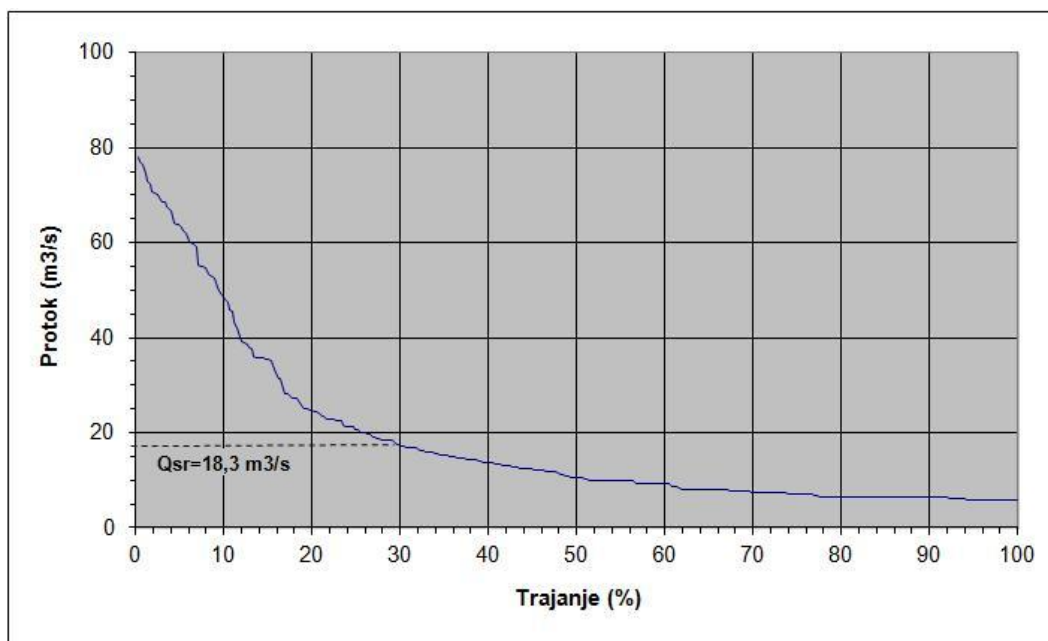
Slika 3–4. Krivulja trajanja protoka Omble u profilu Komolac za vlažnu 2010. godinu iz razdoblja (2008.-2013.)

Krivulja trajanja protoka Omble u profilu Komolac za približno prosječnu 2009. godinu iz razdoblja (2008.-2013.) prikazana je na Slici 3-5. Protoci jednaki ili veći od srednjeg protoka 2009. godine, koji je $Q_{sr} = 30,4 \text{ m}^3/\text{s}$, trajali su 34 posto vremena ili 124 dana te godine.



Slika 3–5. Krivulja trajanja protoka Omble u profilu Komolac za približno srednju 2009. godinu iz razdoblja (2008.-2013.)

Krivulja trajanja protoka Omble u profilu Komolac za sušnu 2011. godinu iz razdoblja (2008.-2013.) prikazana je na Slici 3-6. Protoci jednaki ili veći od srednjeg protoka koji je $Q_{sr} = 18,3 \text{ m}^3/\text{s}$, trajali su 30 posto ukupnog vremena ili 110 dana u toj godini.



Slika 3–6. Krivulja trajanja protoka Omble u profilu Komolac za sušnu 2011. godinu iz razdoblja (2008.-2013.)

3.3. Usporedba krivulja trajanja iz najnovije obrade s krivuljama trajanja iz ranijih obrada

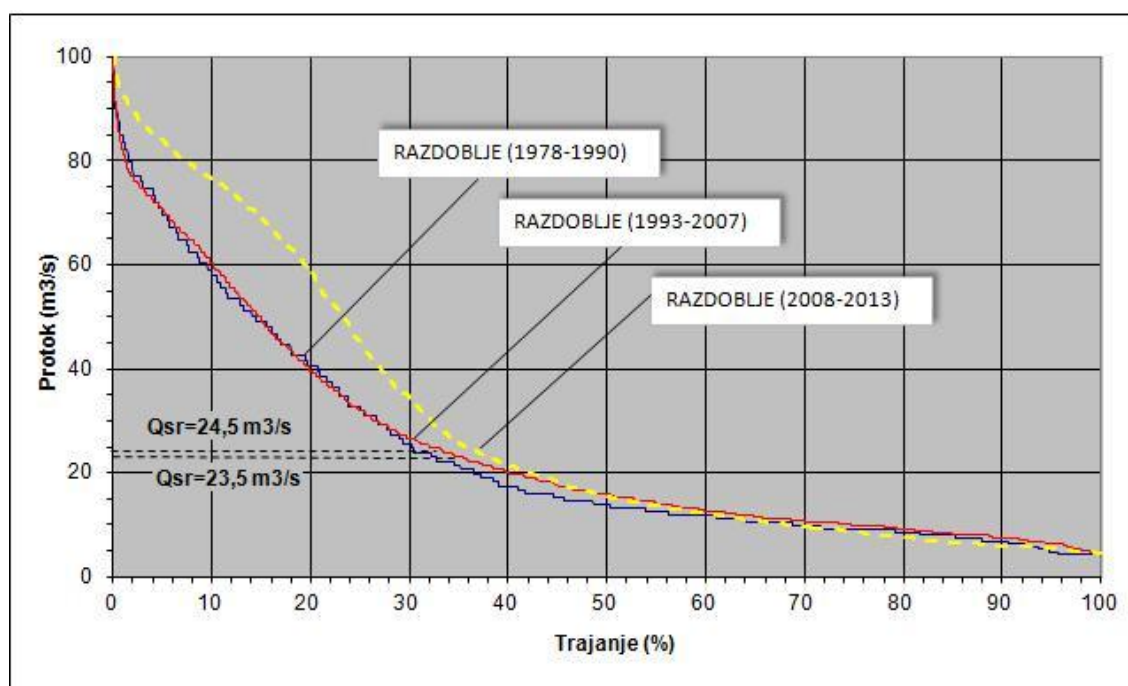
Žugaj (1994) je izradio elaborat *HE Ombla Hidrološka obrada*. Nakon završetka obrade izrađen je dodatak obradi, za produljivanje nizova srednjih mjesečnih protoka do 1951. godine. U razmatranom elaboratu iz 1994. godine analizirana je protočna krivulja Omble u profilu Komolac, obrađeni su dnevni vodostaji i protoci, krivulje trajanja protoka, srednji, maksimalni i minimalni mjesečni i godišnji protoci, te je dan program daljnjih terenskih istraživačkih radova.

Žugaj (2009) je izradio elaborat *Hidrološke podloge za HE Ombla*. Obrada je obuhvatila prikupljanje podataka za razdoblje obrade (1978.-1990.) i (1991.-2007.), te je dan osvrt na ranije hidrološke obrade Omble. Obradeni su dnevni protoci, krivulje trajanja protoka, srednji mjesečni i godišnji protoci Omble u profilu Komolac i njihova vjerojatnost pojavljivanja.

Protočna krivulja Omble u profilu Komolac definirana je u DHMZ-u RH i njezin je izraz jednoznačan za cijelu amplitudu vodostaja od $H = -9$ cm do $H = 120$ cm.

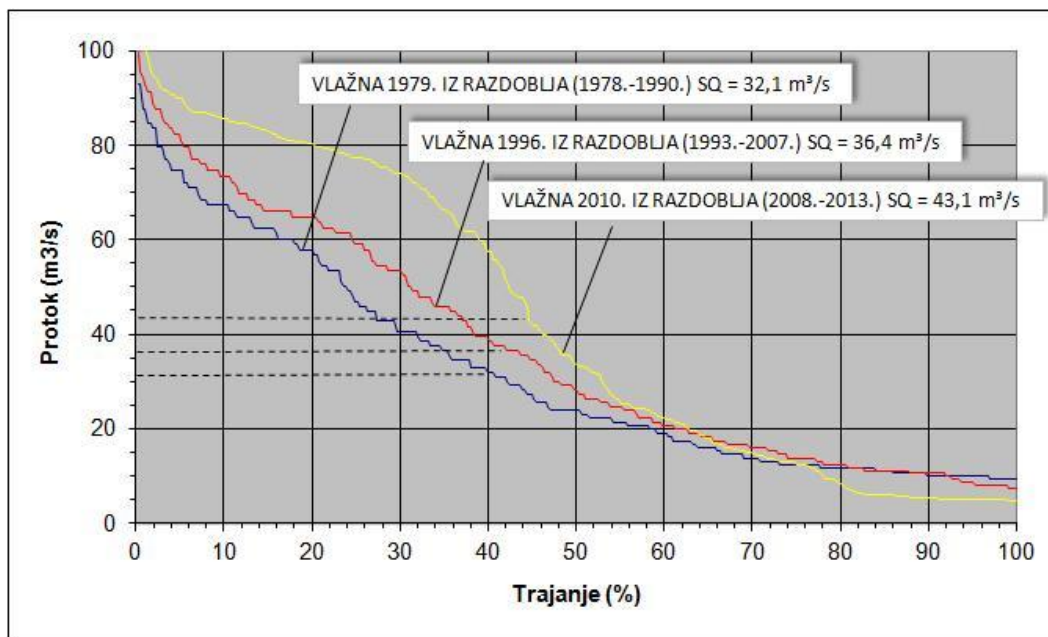
$$Q = 86,14 (H + 0,23)^{1,521} \quad H \text{ (m)}; Q \text{ (m}^3\text{/s)} \quad (3-5)$$

Na Slici 3-7 prikazane su krivulje trajanja srednjih dnevnih protoka Omble u profilu Komolac iz ranijih hidroloških obrada, a uz ranije definirane krivulje trajanja protoka, crtkanom linijom je prikazana i krivulja trajanja prema sadašnjoj obradi na osnovi podataka iz razdoblja od 2008. do 2013. godine. Zanimljivo je da krivulja trajanja iz najnovijeg razdoblja, ima povoljnije dotoke u odnosu na krivulje trajanja iz ranijih obrada, odnosno ranijih razdoblja.

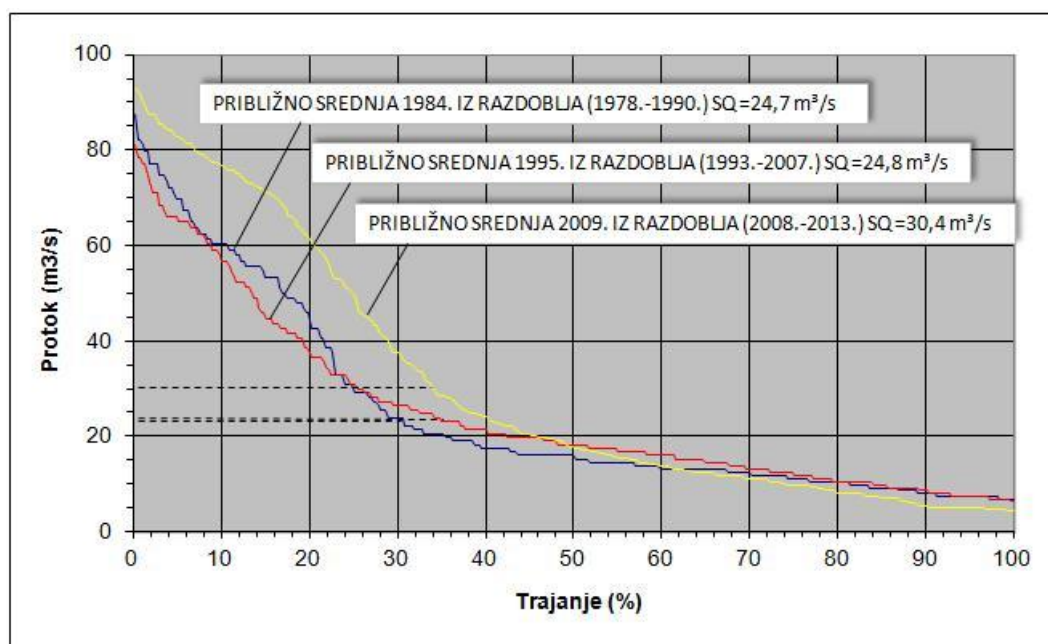


Slika 3-7. Krivulje trajanja protoka Omble u profilu Komolac iz različitih razdoblja obrade

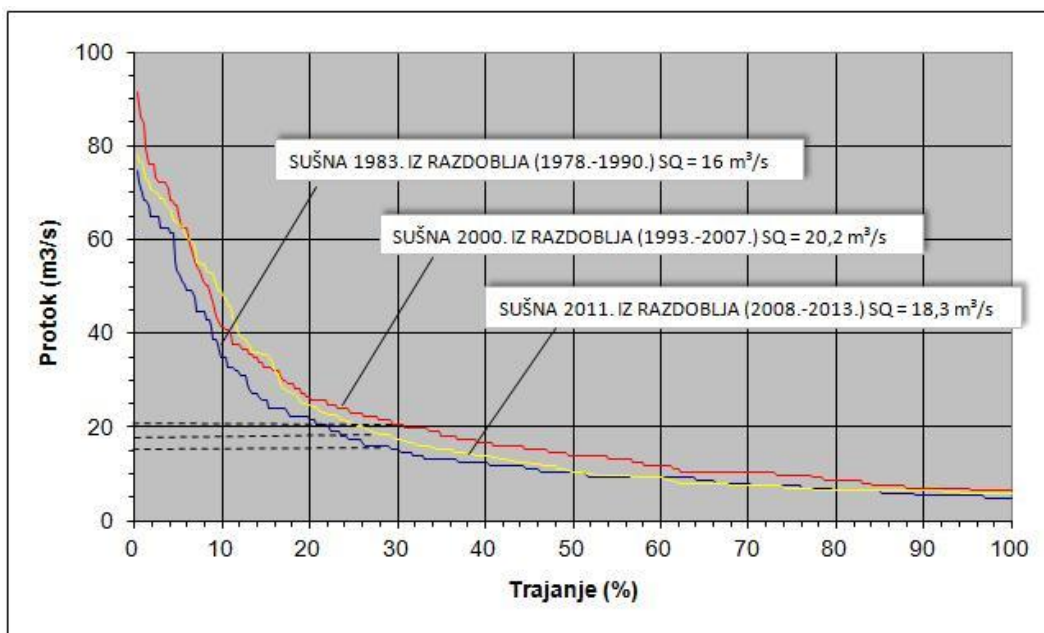
Na Slikama 3-8., 3-9. i 3-10. prikazane su krivulje trajanja protoka Omble u profilu Komolac za karakteristične godine iz ranijih razdoblja obrade: vlažnu 1987., približno srednju 1982. i sušnu 1983. iz razdoblja (1978.-1990.), te vlažnu 1996., približno srednju 1995. i sušnu 2000. godinu iz razdoblja obrade (1993.-2007.). Uz njih su prikazane odgovarajuće krivulje trajanja protoka za karakteristične godine prema najnovijoj obradi iz razdoblja (2008.-2013.): za vlažnu 2010., približno srednju 2009. i sušnu 2011. godinu.



Slika 3–8. Krivulje trajanja protoka Omble u profilu Komolac za vlažne godine u različitim razdobljima obrade



Slika 3–9. Krivulje trajanja protoka Omble u profilu Komolac za približno srednje godine u različitim razdobljima obrade



Slika 3–10. Krivulje trajanja protoka Omble u profilu Komolac za sušne godine u različitim razdobljima obrade

Na osnovi provedene obrade podataka najnovijeg 6-godišnjeg razdoblja s čijim podacima je nadopunjeno ranije razdoblje obrade, očito je iz krivulja trajanja da je zadnjih 6 godina (2008.-2013.) znatno vodnije u odnosu na ranije razdoblje (1993.-2007.). Neuobičajen, ali vrlo povoljan oblik krivulje trajanja za vlažnu 2010. godinu pokazuje utjecaj velike podzemne retencije u zaleđu sliva na protoke izvora Omble, pa je "izbočeni" dio krivulje nastao zbog utjecaja retencije i hidraulički ograničenog provodnika u zaleđu izvora Omble.

3.4. Maksimalni i minimalni godišnji protoci

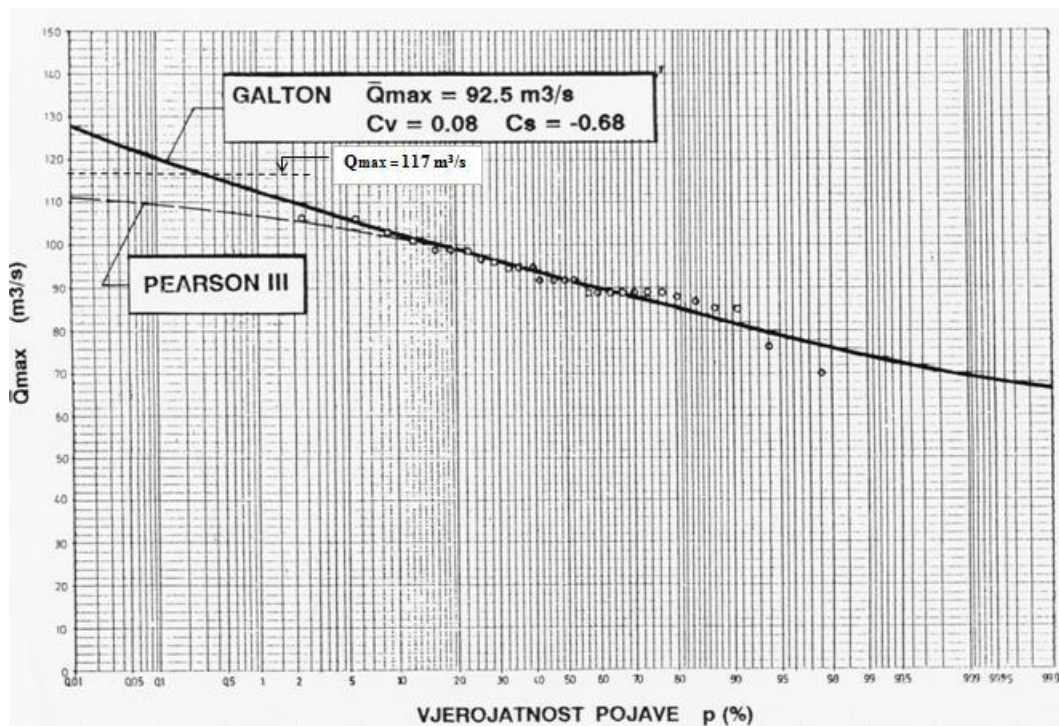
Nakon provedene analize ulaznih izračunskih podataka maksimalni godišnji protoci različitih povratnih razdoblja Omble u profilu Komolac definirani su u ranijoj obradi na osnovi izmjerenih maksimalnih godišnjih protoka iz razdoblja (1962.-1990.). Za taj je niz ustanovljeno da je homogen. Ustanovljeno je da u veličinama maksimalnih godišnjih protoka nije bilo značajnih promjena (na razini povjerenja $\pm 5\%$) od redukcijskoga djelovanja na maksimalne dotoke vode od početka rada HE Dubrovnik 1965. godine, kod početka punjenja akumulacije Bileća 1967. godine i od početka rada PHE Čapljina 1980. godine. Zbog toga su za proračun maksimalnih godišnjih protoka različitih povratnih

razdoblja Omble u Komolcu usvojeni maksimalni godišnji protoci iz razdoblja (1962.-1990.) (Žugaj, 1994).

Kao mjerodavna usvojena je Galtonova raspodjela, koja ima dobru prilagodbu ulaznim podacima (prema testu Smirnov-Kolmogorova: $F = 56,20\%$), a ujedno se može ocijeniti da ne daje podcijenjene, a ni precijenjene ekstrapolacije (Žugaj, 2009). Na Slici 3-11 grafički su prikazane mjerodavna Galtonova i Pearson III raspodjela (Pearson III krivulja prolazi sa lijeve strane od četiri najviša podatka, pa prema tome daje preniske maksimalne protoke rijetkoga reda pojavljivanja). U Tablici 3-3 dan je pregled mjerodavnih maksimalnih godišnjih protoka različitih povratnih razdoblja Omble u profilu Komolac prema Galtonovoj raspodjeli.

Tablica 3-3. Maksimalni godišnji protoci Omble u profilu Komolac različitih povratnih razdoblja (Žugaj, 2009)

Povratno razdoblje (god.)	Q_{maxp} (m^3/s)
2	92,2
5	99,2
10	103
25	107
50	110
100	113
1000	121
10000	128



Slika 3–11. Maksimalni godišnji protoci Omble u profilu Komolac različitih povratnih razdoblja

Vrijednosti maksimalnih mjesečnih i godišnjih protoka Omble u profilu Komolac u razdoblju (1993.-2013.) i njihovi glavni karakteristični parametri: prosjek, standardno odstupanje (Std), koeficijenti varijacije (c_v) i asimetrije (c_s), te maksimalne i minimalne vrijednosti, dani su u Prilogu 2.

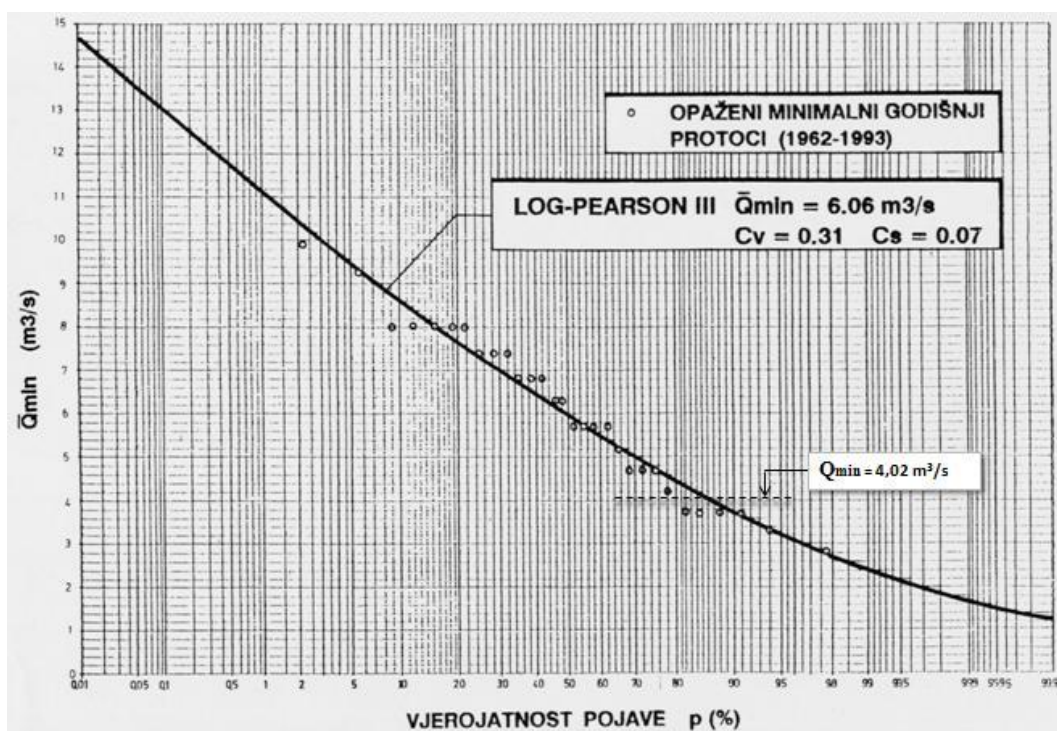
U razmatranom nizu maksimalnih mjesečnih i godišnjih protoka u razdoblju (1993.-2013.) iz Priloga 2, najveći zabilježeni protok $Q_{max} = 117 \text{ m}^3/\text{s}$. U razdoblju (1993.-2013.) varijacije maksimalnih godišnjih protoka su izraženije u odnosu na ranije razdoblje ($c_v = 0,12$ u odnosu na raniji $c_v = 0,08$), kao i asimetričnost ($c_s = 0,76$ u odnosu na raniji $c_s = 0,68$).

S obzirom da hidraulički ograničeni krški provodnici imaju bitan utjecaj na smanjivanje velikih voda, mjerodavna raspodjela maksimalnih godišnjih protoka iz ranije obrade nije mijenjana, jedino je ustanovljeno da je maksimalni izmjereni protok u razdoblju (2008.-2013.) $Q_{max} = 117 \text{ m}^3/\text{s}$ 333-godišnjeg reda pojavljivanja (prema krivulji raspodjele na Slici 3-11).

Ranije su bili definirani minimalni godišnji protoci različitih povratnih razdoblja (Žugaj, 2009) i njihove su vrijednosti dane u Tablici 3-4, a grafički je mjerodavna krivulja raspodjele (log – Pearson III) prikazana na Slici 3-12.

Tablica 3-4. Minimalni godišnji protoci Omble u profilu Komolac različitih povratnih razdoblja (Žugaj, 2009)

Povratno razdoblje (god.)	Q_{minp} (m ³ /s)
2	5,91
5	4,41
10	3,73
25	3,08
50	2,71
100	2,40
1000	1,67
10000	1,21



Slika 3-12. Minimalni godišnji protoci Omble u profilu Komolac različitih povratnih razdoblja

Vrijednosti minimalnih mjesečnih i godišnjih protoka Omble u profilu Komolac u razdoblju (1993.-2013.) i njihovi glavni karakteristični parametri: prosjek, standardno

odstupanje (Std), koeficijenti varijacije (c_v) i asimetrije (c_s), te maksimalne i minimalne vrijednosti, dani su u Prilogu 3.

Vrijednost najnižeg godišnjeg protoka zabilježenog u razdoblju (2008.-2013.) od $Q_{min} = 4,02 \text{ m}^3/\text{s}$ uklopljena u raspodjelu ranije obrade nalazi se iznad 6 minimalnih godišnjih protoka iz ranijih razdoblja obrade. Na taj je način također dokumentirano vodnije razdoblje sadašnje obrade (2008.-2013.).

Varijacije su u odnosu na ranije razdoblje, slabije izražene ($c_v = 0,21$ u odnosu na $c_v = 0,31$ iz ranijeg razdoblja), dok je asimetričnost izraženija u odnosu na ranije razdoblje ($c_s = 0,16$ u odnosu na $c_s = -1,12$ iz ranijega razdoblja). Najniži zabilježeni protok iz razdoblja (1993.-2013.) od $4,02 \text{ m}^3/\text{s}$ ima, prema raspodjeli minimalnih godišnjih protoka iz ranije obrade na Slici 3-10, 7- godišnje povratno razdoblje.

4. Zaključak

Područje sliva Omble izgrađeno je od karbonatnih naslaga gornjotrijaske, jurske, kredne i eocenske starosti, eocenskih flišnih naslaga i naslaga kvartara. Vapnenci su raspucani i okršeni, te čine krški vodonosnik u kojem se nakupljaju i kojim podzemno teku oborinske vode. Dolomiti su manje propusni i čine relativne barijere koje usmjeravaju i usporavaju podzemne tokove. Izvorište Ombla je tipično krško izvorište nastalo na kontaktu karbonatnih naslaga navučenih na debeli kompleks eocenskih flišnih naslaga.

U okviru ovog diplomskog rada, nakon detaljnog opisa najbitnijih geoloških značajki, provedena je obrada hidroloških podataka Omble u profilu Komolac iz najnovijeg razdoblja (2008.-2013.), te su dobiveni rezultati uspoređeni s rezultatima dobivenim iz ranijih obrada.

Srednji protok Omble u profilu Komolac u razdoblju (2008.-2013.) $Q_{sr} = 29 \text{ m}^3/\text{s}$ veći je 16% u odnosu na protok ranije obrađenog razdoblja (1993.-2007.) $Q_{sr} = 24,5 \text{ m}^3/\text{s}$. Obradeno razdoblje je vrlo kratko ali je vodnije od prethodnog.

Krivulje trajanja protoka Omble u profilu Komolac, prosječna i za karakteristične godine, iz novijeg razdoblja (2008.-2013.), imaju povoljnije dotoke u odnosu na krivulje trajanja protoka iz ranijeg razdoblja (1993.-2007.).

Veličine maksimalnih i minimalnih protoka Omble u novijem razdoblju nisu se značajno promijenile u odnosu na ranije razdoblje, a najveći zabilježeni protok od $117 \text{ m}^3/\text{s}$ je 333-godišnjeg povratnog razdoblja – prema ranijoj mjerodavnoj raspodjeli.

Zaključno, bez obzira što su se osnovni uvjeti otjecanja na krškom slivu Omble mijenjali tijekom vremena, a dotoci vode smanjivali ovisno o izgradnji hidroenergetskih postrojenja na širem slivu Omble, prema pokazateljima veličina srednjih protoka i trendova razmatranih nizova srednjih godišnjih protoka, može se zaključiti da se vodnost Omble u najnovijem razdoblju poboljšava u odnosu na ranije stanje.

5. Literatura

BULJAN, R. , 1999. *Značenje strukturnog modela u razradi zahvata i zaštite podzemnih voda izvorišnog područja Omble kraj Dubrovnika*. Disertacija. Zagreb: Rudarsko-geološko-naftni fakultet.

BRLOBUŠ, M., 1992. *Inženjerskogeološke značajke flišne padine rijeke Omble*. Diplomski rad. Zagreb: Rudarsko-geološko-naftni fakultet.

DIKTAS, 2011. *Waters of the Trebišnjica river*. Brošura pripremljena u svrhu posjete slivu rijeke Trebišnjice, organizirane tijekom Međunarodne Konferencije o vodama održane u Dubrovniku, listopad 2011.

JURAČIĆ, M., 2006. *Geologija i hidrogeologija krša: Primjeri krškog razvoja u Jadranskom području: Ombla*. Radni materijal. Zagreb: Prirodoslovno-matematički fakultet, 68-73.

JOVIĆ, V., 1997. *HE Ombla, numerički model ponašanja podzemne akumulacije u prirodnim i projektom definiranim uvjetima*. Aquarius engineering, Split.

LUČIĆ, I., 2003. *Vjetrenica – Pogled u dušu zemlje*. Zagreb- Ravno.

NATEVIĆ, LJ., PETROVIĆ, V., 1963. *Osnovna geološka karta K 33-39, List Trebinje 1:100 000*. Geološki zavod Sarajevo, Savezni geološki zavod, Beograd

NATEVIĆ, LJ., 1970. *Tumač osnovne geološke karte K 34-37, List Trebinje , 5-46*, Zavod za geologiju i geofizička istraživanja, Savezni geološki zavod Beograd

PARLOV, J., 2013. *Hidrogeologija krša*. Skripta za akademsku godinu 2013/2014. Zagreb: Rudarsko-geološko-naftni fakultet.

SEVER, Z., 1999. *HE Ombla, Studija utjecaja na okoliš*. Projekt. Zagreb: Hrvatska Elektroprivreda d.d.

ŽUGAJ, R., 1994. *HE Ombla Hidrološka obrada*. Elaborat. Zagreb: Elektroprojekt inženjering d.d.

ŽUGAJ, R., 2000. *Hidrologija*. Zagreb: Rudarsko-geološko-naftni fakultet.

ŽUGAJ, R., 2009. *Hidrološke podloge za HE Ombla*. Elaborat. Zagreb: Rudarsko-geološko-naftni fakultet.

Prilozi

Prilog 1: Ombla, Komolac: srednji mjesečni i godišnji protoci (m³/s) za razdoblje 1993.-2013.

God.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God
1993.	21,3	23,2	25,2	24,4	14,8	11,4	10,4	8,06	8,48	26,8	48,0	48,4	22,5
1994.	52,5	40,2	15,9	53,0	15,7	10,6	10,2	6,37	5,98	6,14	13,9	14,5	20,2
1995.	21,3	25,4	40,3	27,8	26,6	16,2	9,61	8,74	30,6	11,1	26,0	54,5	24,8
1996.	52,9	56,3	44,9	58,4	25,9	12,2	9,79	11,5	31,4	28,6	40,2	65,2	36,3
1997.	54,8	17,2	19,6	26,5	23,1	12,0	9,73	8,77	8,02	8,67	38,3	46,9	22,9
1998.	36,9	27,5	11,1	16,3	22,6	13,1	9,56	6,84	11,5	39,4	34,0	35,1	22,0
1999.	31,7	31,8	31,6	40,3	16,4	12,3	10,9	8,79	9,49	17,2	30,1	62,9	25,3
2000.	23,1	21,8	21,4	23,1	11,5	10,4	9,06	7,18	6,66	29,2	43,1	36,1	20,2
2001.	57,8	44,7	49,5	37,0	15,3	10,7	9,64	8,25	7,28	9,02	29,3	20,4	24,8
2002.	34,5	30,4	20,3	27,1	16,5	16,5	10,7	13,2	19,5	42,3	27,6	37,8	24,7
2003.	58,8	40,0	11,6	18,5	11,5	8,72	7,06	4,68	6,32	22,1	29,1	37,3	21,2
2004.	32,2	33,3	53,1	44,6	43,3	20,0	11,1	7,08	7,79	16,5	32,9	51,2	29,4
2005.	25,5	46,7	50,6	40,5	14,7	12,7	9,07	7,76	8,89	28,6	21,8	48,9	26,2
2006.	57,3	31,1	51,4	35,6	26,0	16,6	9,20	8,40	17,6	8,88	11,7	36,5	25,9
2007.	27,3	48,1	37,9	21,0	11,4	9,52	5,74	5,32	5,56	11,2	33,8	34,9	20,8
2008.	33,0	24,3	32,7	29,7	12,2	9,05	6,86	5,89	6,27	7,31	26,4	53,2	20,6
2009.	46,0	65,5	43,4	17,1	13,2	20,5	13,6	6,87	4,90	32,2	46,0	55,4	30,4
2010.	70,9	73,6	67,1	32,7	34,5	17,0	7,90	5,43	13,5	40,3	66,6	88,0	43,1
2011.	53,7	31,7	25,4	15,3	20,1	9,84	8,18	6,92	6,41	6,54	7,56	27,3	18,3
2012.	18,2	49,1	15,6	46,7	17,7	10,9	6,69	5,67	8,08	21,5	31,5	73,4	25,4
2013.	58,5	75,5	80,6	60,5	16,5	21,8	9,59	11,0	9,58	25,6	48,6	17,3	36,3
Sred	41,3	39,9	35,7	33,1	19,5	13,4	9,3	7,7	11,1	20,9	32,7	45,0	25,8
Std	15,9	16,8	18,8	13,7	8,19	3,96	1,77	2,15	7,59	11,9	13,6	18,4	6,27
Cv	0,38	0,42	0,53	0,41	0,42	0,29	0,19	0,28	0,68	0,57	0,42	0,41	0,24
Cs	0,11	0,85	0,67	0,59	1,53	0,85	0,01	0,99	1,94	0,35	0,37	0,39	1,44
Max	70,9	75,5	80,6	60,5	43,3	21,8	13,6	13,2	31,4	42,3	66,6	88,0	43,1
Min	18,2	17,2	11,1	15,3	11,4	8,72	5,74	4,68	4,90	6,14	7,56	14,5	18,3

Prilog 2: Ombla, Komolac: maksimalni mjesečni i godišnji protoci (m³/s) za razdoblje 1993.-2013.

God.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God
1993.	40,6	35,7	67,3	51,2	30,9	12,4	11,1	8,61	23,9	79,7	82,2	75,9	82,2
1994.	64,9	96,8	32,8	86,1	27,3	11,8	10,5	10,5	14,5	9,21	41,6	31,9	96,8
1995.	57,9	63,7	78,4	52,3	55,6	27,3	11,8	20,6	66,1	17,4	62,5	81,0	81,0
1996.	86,1	67,3	87,5	99,6	53,4	15,2	11,1	30,9	64,9	59,0	92,8	84,8	99,6
1997.	81,0	40,6	36,6	73,4	55,6	13,8	10,5	9,21	8,02	11,8	74,6	77,1	81,0
1998.	75,9	73,4	13,8	43,7	40,6	18,2	9,83	8,02	23,0	74,6	59,0	69,7	75,9
1999.	55,6	64,9	59,0	74,6	26,4	16,7	12,4	9,83	21,4	50,1	64,9	96,8	96,8
2000.	62,5	41,6	36,6	54,5	13,1	11,1	10,5	8,02	6,89	75,9	79,7	91,4	91,4
2001.	86,1	84,5	82,1	62,9	24,4	12,1	10,5	8,74	9,21	16,1	66,1	49,6	86,1
2002.	78,3	73,2	38,2	58,7	25,3	28,8	16,9	29,5	59,1	95,8	59,9	74,9	95,8
2003.	85,6	79,7	14,4	46,2	15,1	9,88	8,15	5,90	20,7	52,9	77,1	73,5	85,6
2004.	58,6	72,9	78,2	70,6	74,4	36,1	12,3	9,01	19,8	47,5	70,9	71,8	78,2
2005.	46,8	81,3	87,5	56,4	20,8	19,8	13,8	13,3	27,9	80,9	38,0	77,0	87,5
2006.	81,7	58,6	77,0	58,8	54,6	26,7	10,1	8,77	71,3	10,5	27,6	91,5	91,5
2007.	53,7	76,3	67,2	44,3	13,0	13,0	6,48	6,28	15,0	26,0	61,2	73,1	76,3
2008.	60,7	67,0	65,7	69,6	19,6	10,4	7,49	6,44	12,3	22,9	70,9	79,0	79,0
2009.	94,8	89,0	84,7	41,0	25,4	52,2	28,1	8,04	6,44	73,6	94,8	90,4	94,8
2010.	87,5	93,3	90,4	63,2	90,4	25,4	12,3	5,94	81,8	97,8	112,0	117,0	117,0
2011.	79,0	74,9	54,6	26,3	67,0	11,0	9,78	8,04	6,44	9,19	13,7	79,0	79,0
2012.	46,5	97,8	27,2	97,8	33,8	17,3	8,61	5,94	24,6	68,3	61,9	101,0	101,0
2013.	97,8	94,8	102,0	101,0	30,9	58,2	11,0	59,4	13,7	76,3	87,5	48,7	102,0
Sred	70,6	72,7	61,0	63,4	38,0	21,3	11,6	13,4	28,4	50,3	66,6	77,9	89,5
Std	17,0	17,9	26,5	20,1	21,6	13,4	4,40	12,7	24,2	30,9	23,0	18,8	10,6
Cv	0,24	0,25	0,43	0,32	0,57	0,63	0,38	0,95	0,85	0,61	0,34	0,24	0,12
Cs	-0,15	-0,60	-0,42	0,46	0,94	1,72	2,86	2,79	1,17	-0,08	-0,44	-0,51	0,76
Max	97,8	97,8	102,0	101,0	90,4	58,2	28,1	59,4	81,8	97,8	112,0	117,0	117,0
Min	40,6	35,7	13,8	26,3	13,0	9,88	6,48	5,90	6,44	9,19	13,7	31,9	75,9

Prilog 3: Ombla, Komolac: minimalni mjesečni i godišnji protoci (m³/s) za razdoblje 1993.-2013

God.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God
1993.	10,5	11,1	10,5	13,1	12,4	11,1	9,21	8,02	7,45	10,5	11,1	23,9	7,45
1994.	24,7	14,5	11,1	10,5	11,8	9,80	9,83	4,81	4,81	5,30	6,35	6,89	4,81
1995.	13,1	15,2	16,7	15,2	14,5	11,8	7,45	6,35	8,61	8,61	9,21	23,0	6,35
1996.	20,6	33,7	21,4	17,4	15,2	11,1	8,02	7,45	11,8	16,7	13,8	36,6	7,45
1997.	15,2	11,8	13,1	12,4	13,8	10,5	9,21	8,02	8,02	8,02	8,02	19,8	8,02
1998.	16,7	14,5	9,83	9,83	14,5	9,80	8,02	6,35	7,45	16,0	15,2	16,7	6,35
1999.	16,0	16,7	18,2	16,7	12,4	11,1	9,21	6,89	7,45	9,83	11,1	19,0	6,89
2000.	13,8	13,1	13,8	13,8	10,5	9,83	8,02	6,35	6,35	6,35	10,5	16,0	6,35
2001.	25,7	15,4	16,7	16,0	12,4	10,5	8,61	7,45	6,26	6,35	5,82	11,1	5,82
2002.	13,7	15,5	13,0	12,2	12,3	11,6	8,77	9,46	8,77	12,3	15,2	19,6	8,77
2003.	30,0	14,5	9,41	8,77	9,52	8,15	5,90	4,02	4,02	7,08	11,3	14,8	4,02
2004.	18,3	13,5	22,0	21,7	17,6	12,2	9,41	6,08	6,43	7,88	9,41	22,4	6,08
2005.	12,2	15,2	24,7	22,6	12,2	10,1	7,08	6,43	6,52	10,1	13,0	18,3	6,43
2006.	35,2	14,5	27,6	18,2	13,7	9,52	8,61	8,15	6,98	7,88	8,17	10,4	6,98
2007.	14,6	17,0	14,5	12,9	10,2	6,45	5,36	4,92	4,52	6,45	16,5	14,8	4,52
2008.	12,3	10,4	9,78	15,8	9,78	6,96	5,94	4,99	4,99	5,46	9,78	16,5	4,99
2009.	12,3	23,7	15,1	11,0	9,19	8,61	8,04	4,99	4,54	4,54	12,3	18,8	4,54
2010.	45,4	33,8	23,7	15,8	12,3	11,7	5,46	4,99	4,54	15,1	17,3	77,7	4,54
2011.	25,4	13,7	15,1	11,7	11,0	9,19	7,49	6,44	5,94	5,94	5,94	7,49	5,94
2012.	11,7	13,0	11,0	9,19	12,3	8,61	5,46	4,99	4,99	5,46	11,7	38,9	4,99
2013.	15,1	49,9	63,2	20,4	11,0	11,0	8,61	7,49	8,04	8,61	10,4	9,78	7,49
Sred	19,2	18,1	18,1	14,5	12,3	10,0	7,80	6,41	6,59	8,78	11,1	21,1	6,13
Std	8,98	9,64	11,6	3,99	2,07	1,56	1,42	1,41	1,88	3,58	3,30	15,3	1,31
Cv	0,47	0,53	0,64	0,27	0,17	0,16	0,18	0,22	0,29	0,40	0,30	0,73	0,21
Cs	1,62	2,35	3,16	0,50	0,69	-0,75	-0,57	0,25	0,91	1,05	0,20	2,81	0,16
Max	45,4	49,9	63,2	22,6	17,6	12,2	9,83	9,46	11,8	16,7	17,3	77,7	8,77
Min	10,5	10,4	9,41	8,77	9,19	6,45	5,36	4,02	4,02	4,54	5,82	6,89	4,02