

Uvjeti otjecanja i režim tekućica u porječju Mirne

Rade Knežević

U članku su iznijeti rezultati analize režima tekućica porječja Mirne. Razmatrani su i utjecaji izgrađenih hidrotehničkih objekata na režime otjecanja. Promjene u režimu utvrđene su usporedbom podataka razdoblja prije podizanja brane Botonega 1987. godine s razdobljem nakon izgradnje.

Ključne riječi: porječje Mirne, korito, vodostaj, protok, režim tekućice

Water Flow Conditions and Stream Flow Regime in the Catchment Area of the Mirna River

This article reports the results of the analysis of the flow regime in the catchment area of the Mirna River. The effects of the constructed hydrotechnological objects on the water supply of the river, as well as the Mirna river regime change, are analysed. A change in the flow regime is determined by comparing data gathered before and after the construction of the Botonega dam (1987).

Key words: Mirna catchment area, river bed, river stage, discharge, river regime

UVOD

U porječju Mirne evidentirano je 140 tekućica (Kos 2001). Tekućica Mirna i njene pritoke Malahuba, Bračana i Botonega stalne su vodne pojave dok se druge pritoke pojavljuju sezonski i epizodno. Za određivanje prostora što ga odvodnjava Mirna sa svojim pritocima, na površini kopna ili kroz podzemlje, koriste se razvodnice koje je ustanovio Srebrenović (1965). Prema istom izvoru hidrogeološka razvodnica na sjeverozapadu prolazi Momjanskim pobrđem, na sjeveroistoku i istoku gorskom skupinom Čičarije te na jugoistoku Dragućkim pobrđem i Istarskom zaravni. Topografsko porječje, koje neposredno sudjeluje u stvaranju vodnog vala, ima površinu od 180.6 km², a hidrogeološko porječje površinu od 583.5 km². Najveći dio kako topografskog tako i hidrogeološkog porječja nalazi se na teritoriju Hrvatske, a površina topografskog porječja od 46.7 km² (izmjerena kvadratičnom mrežom na topografskoj karti M 1:50 000 listovi Rovinj 1 i Rovinj 2) nalazi se na teritoriju Slovenije.

Relativni reljef je 22.5. Taj je podatak dobiven diobom maksimalne visinske razlike porječja (1014m) s duljinom porječja (udaljenost između ušća Mirne i najudaljenije točke na razvodnici je 45 km).

U krškom dijelu Ćićarije, rezultati novijih trasiranja otjecanja u podzemlju, koji su dobiveni ubacivanjem Ci-tricija, Na-fluoroscina, bakteriofaga i pivskog kvasca, razlikuju se od starijih, zbog čega se očekuju ispravke pojedinih podataka o porječju (Dokumentacija fonda Mirne 2001).

U dosadašnjim hidrogeološkim istraživanjima Mirna je prikazana kao tekućica kojoj je ušće bio prostrani i duboki morski zaljev (d'Ambrosi 1969). Do oplićavanja zaljeva (estuarija) i njegovog zatrpavanja došlo je usljed sedimentacije velike količine materijala donešenog vodenim tokovima (Benac 1991). Porijeklo sedimenata povezano je s fluvijalnom erozijom fliša i padinskom denudacijom (Babić 1968). Zbog ogoljavanja erozijom flišni dio porječja, od kraja zadnje oledbe, ubrzano se snižava. U porječju Bračane denudacijsko snižavanje reljefa je 0.95 mm godišnje a u porječju Botonege 1.98 mm godišnje (Mihljević 1995).

Sustav podzemnog otjecanja porječjem istraživao je primjenom različitih obilježivača (Magdalenić, Vazdar 1993; Bonacci 1996). Ustanovljeni su glavni smjerovi otjecanja te podzemne veze između ponora i izvora.

Režim otjecanja u porječju Mirne posebno je istražen za razdoblje 1928.-1964. godine (Srebrenović 1965). U tom razdoblju srednji protok na najnižvodnijoj hidrološkoj postaji Portonski most iznosio je 8.20 m³/s, dok su ekstremni maksimalni protoci od 194m³/s zabilježeni 1964. godine. Prilikom karakterističnih najvećih vrijednosti protoka dolazi do izljevanja tekućica porječja i pojava velikih poplava (Ridanović 1975; Kos 1998). Poplavljene površine otežavaju organizaciju prostora Istre a njihova regulacija provodi se još od 1632. godine (Kos 2001).

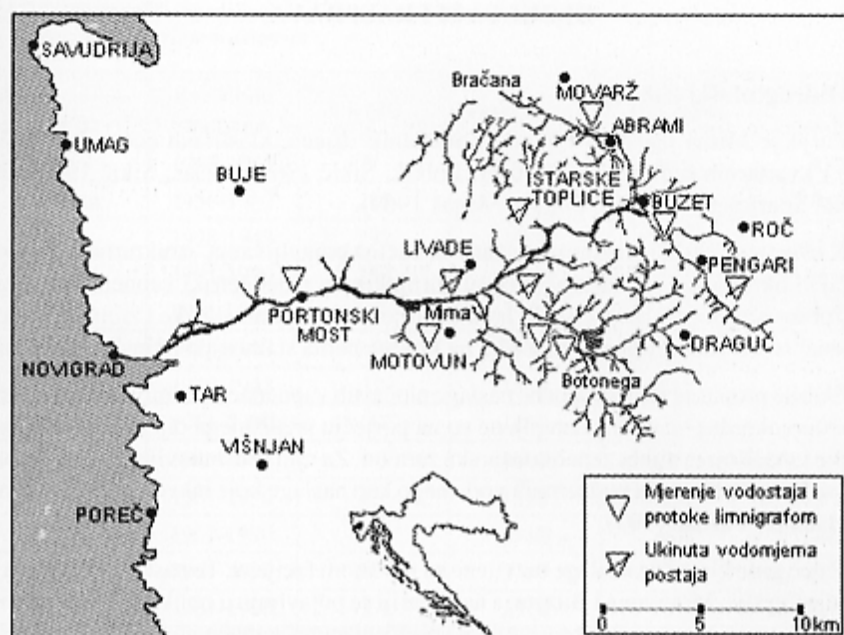
Realizacijom prvog dijela projekta Botonega 1987. godine (drugi dio obuhvaća izgradnju uređaja za kondicioniranje voda) regulirano je otjecanje na srednjem dijelu porječja te podignuta brana i izgrađeno umjetno jezero (Rubinić, Ožanić 1998). Izgradnjom hidrotehničkog sustava regulirani su protoci visokih voda zbog čega je došlo do promjena u režimu otjecanja na dijelu porječja (Kvastek 1996; Rubinić, Bušelić 1999).

Na temelju prikupljenih, hidrogeografski relevantnih podataka o porječju Mirne, u ovom radu je pokušano odrediti režim otjecanja i to razmatranjem prirodnih i promjenjenih činitelja koji sudjeluju u opskrbi tekućica vodom i promjena njihovih stanja.

METODE RADA

Pri razmatranju opskrbe tekućica vodom i njihovog režima u porječju Mirne uvodno su analizirani podaci iz arhiva Fonda Mirne koji se vodi u Hrvatskoj vodoprivredi Rijeka. Nakon toga dio potrebnih podataka prikupljen je kartiranjem pojava na terenu u mokrom i sušnom dijelu godine.

Za utvrđivanje režima porječja korišteni su podaci dobiveni mjerenjem glavnih hidroloških veličina (protoka i vodostaja) na aktivnim kao i ukinutim hidrološkim postajama (sl. 1).



Sl. 1. Vodomjerne postaje u porječju Mirne

Fig. 1. Waterrange stations in Mirna catchment area

U porječju Mirne motrenja se vrše još od devetnaestog stoljeća. Prva je, 1886. godine, osnovana hidrološka postaja Portonski most-Mirna, (poznati podaci počev od 1928. godine) a kasnije i postaje Livade-Mirna (1902.) te Buzet-Mirna (1912.). Te su postaje imale prekid u radu tijekom Drugog svjetskog rata. Nakon Drugog svjetskog rata prvo je uspostavljena postaja Istarske toplice-Mirna (1955.), a zatim postaje Šćulci-Botonega (1970.), Pengari-Rečina (1971.), Abrami-Bračana (1973.) i Motovun-Mirna (1978.). Prilikom regulacije srednjeg toka Mirne ukinute su postaje Livade-Mirna (1961.) i Istarske toplice-Mirna (1963.) kao i postaja Šćulci-Botonega (1983.). U poplavi listopada 1993. godine stradale su postaje u gornjem porječju. Iste godine postaja Buzet-Mirna premještena je na novu lokaciju dok je postaja Pengari-Rečina obnovljena tek 1998. godine. Nakon izgradnje akumulacije Botonega 1987. godine motrenja su nastavljena na samoj akumulaciji (Brana) i njenom odvodnom kanalu (Botonega).

Obrađeno je razdoblje 1970.-1992. godine zbog toga što se želi uzeti najveći mogući broj postaja s nizovima podataka koji su približno iz istog razdoblja motrenja. Na postaji Šćulci niz je bio dug 13 godina, Motovun 15 godina, Abrami 20 godina, Pengari 21 godinu, te postajama Buzet i Portonski most 23 godine. Obrađeni podaci uspoređeni su s podacima iz posljednjeg desetljeća u kojem su i nastupile najznačajnije promjene režima. Istaknut je položaj mjernog mjesta Portonski most jer nema nizvodnije postaje, a uz to, nizvodnije otjecanje je pod stalnim usporom mora. Razmatranjem nisu obuhvaćene crpljene količine vode jer je utvrđeno da potrošnja vode nije značajnije utjecala na količinu izlaznog protoka².

REZULTATI I RASPRAVA

Hidrogeološki činitelji

Porječje Mirne izgrađeno je od karbonatnih stijena, klastičnih eocenskih naslaga (fliša) i kvartarnih sedimenata (Plenčar, Polšak, Šikić 1969; Polšak, Šikić 1969; Šikić, Plenčar, Šparica 1972; Šikić, Polšak, Magaš 1969).

Karbonatne naslage različite su starosti, načina pojavljivanja, strukturno-tektonskog položaja i okruženosti. Najzastupljeniji su gornjokredni paleogenski vapnenci koji izgrađuju gorske hrptove Čićarije (Bijela Istra), te dijelove zapadnoistarske i zrenjske zaravni. Vapnenci tvore vodopropusna područja na kojima nema stalnog površinskog otjecanja.

Slabije propusne ili nepropusne naslage pločastih vapnenaca, dolomita i vapnenačkih breča, donjokredne starosti, zastupljene su na porječju središnjega dijela gorske skupine Čićarije i središnjem dijelu zapadnoistarske zaravni. Za njih je ustanovljeno da se ne ponašaju kao barijera kretanja podzemnih voda nego kao naslage koje takve vode usmjeravaju (Magdalenić, Vazdar 1993).

Paleogene klastične naslage razvijene su u flišnom facijesu. Te naslage izgrađuju šire područje Oprtija, Motovuna i Buzeta, a na Čićariji se pojavljuju u obliku uskih zona u nizu "teras". Zastupljene su laporima u izmjeni s pješčenjacima, vapnencima i konglomeratima. Ove su naslage gotovo nepropusne jer im je koeficijent infiltracije 2 m/dan (Srebrenović, 1965.). Na njima je razvijena mreža površinskih tokova.

Naslage kvartarne starosti istaložene su u dolini rijeke Mirne i dolinama pritoka. Ti se sedimenti sastoje od prašinsto-glinovitog materijala, a na presjecima pojedinih drenažnih kanala srednjeg toka Mirne uočeni su i slojevi pijeska i šljunka, odnosno kršja pomiješana s crvenicom i prašinsto-glinovitim talogom. Kvartarne naslage su nepropusne i imaju ulogu usporne barijere.

Na porječju Mirne mogu se izdvojiti četiri tektonske jedinice. Relativno uzdignute jesu zapadnoistarska i bujska antiklinala te ljuskava struktura Čićarije dok je Tršćanski paleogenski bazen jedini spuštenu sklop. Naglašeni su i vertikalni rasjedi i njihovi pukotinski sustavi kojima je najčešći smjer pružanja sjeverozapad-jugoistok.

Hidrometeorološki činitelji

Prema novijoj klimatskoj regionalizaciji (Filipčić 1999) na porječju Mirne zastupljena je umjereno topla vlažna klima s vrućim ljetima (Cfa) i umjereno topla vlažna klima s toplim ljetima (Cfb). Cf klime imaju u najsušnijem srpnju veću količinu padalina od 40 mm te u najvlažnijem studenom trostruko veću od srpanjskog iznosa. Količina padalina u Istri, što vrijedi i za porječje Mirne, povećava se od juga prema sjeveru i od zapada prema istoku (Penzar 1990). Stopa prosječnog porasta padalina s visinom u porječju Mirne iznosi 75 mm/100 m. Do tog podatka došao je Srebrenović (1965.) koji izračun temelji na podacima količine padalina iz deset postaja u razdoblju 1928.-1963.

Tab. 1. Godišnje količine padalina
 Tab. 1 Amount of yearly precipitations

Meteorološka postaja	Razdoblje motrenja	h (m)	Maksimalna	Minimalna	Godišnji prosjek
Antenal	1966-1980	1	1028	616	872
Grožnjan	1956-1963	288	1678	623	968
Oprtalj	1928-1943	292	1722	705	1138
Motovun	1961-1990	250	1287	719	1040
Šćulci	1961-1990	80	1210	642	970
Draguč	1928-1943	359	1683	729	1159
Livade	1928-1943	13	1574	681	1054
Zrenj	1961-1990	467	1460	770	1190
Buzet	1949-1964	90	1597	671	1052
Abrami	1961-1990	85	1518	831	1198
Lupoglav	1961-1990	390	1810	808	1408
Lanišće	1961-1990	548	2380	1246	1824
Vodice	1961-1990	661	2370	1120	1770
Prosjek		271	1640	782	1203

Izvor: Postaje Oprtalj, Draguč i Livade RO Vodoprivreda, Rijeka, postaja Antenal SGZO Rijeka, postaje Grožnjan i Buzet, Srebrnović 1965., te postaje Zrenj, Abrami, Lupoglav, Lanišće, Motovun, Šćulci i Vodice, Državni HMZ Republike Hrvatske, Zagreb.

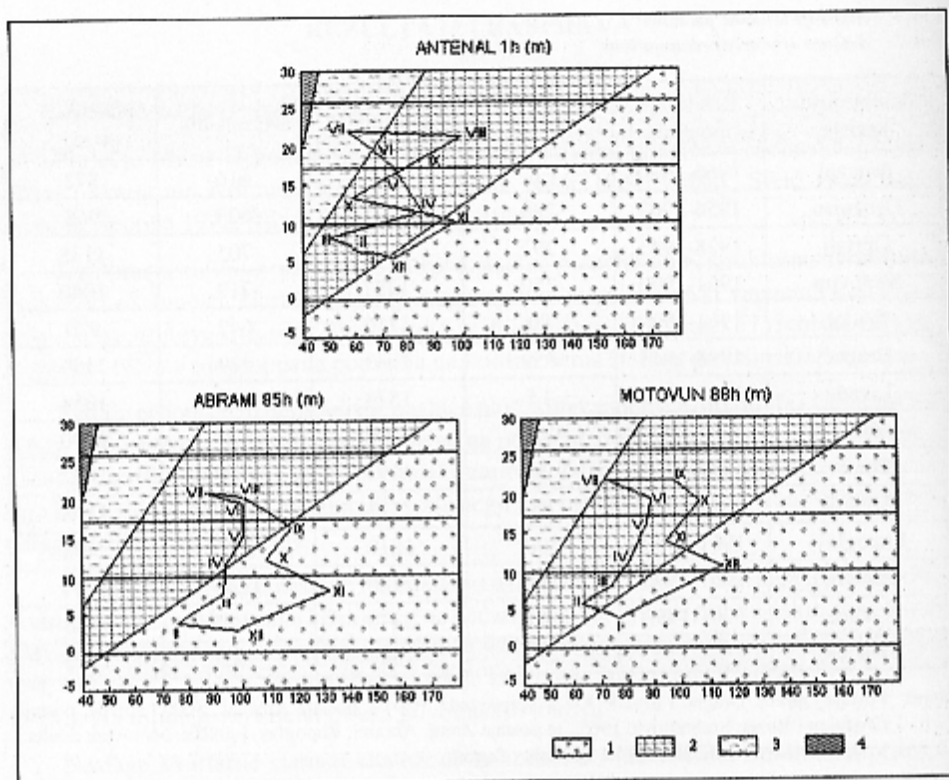
Obradu količine ili drugih obilježja padalina, relevantnih za bilancu otjecanja, otežava naglašen manjak podataka u sklopu standardnog klimatološkog niza 1961.-1990. (Filipčić 1999). Zbog manjka podataka iskazane količine odnose se na starija i neistodobna razdoblja (tab. 1).

Reprezentativnom meteorološkom postajom za godišnji hod padalina u porječju Mirne smatra se postaja Abrami (Mihljević 1995). Na toj postaji u razdoblju 1981.-1991. povećani iznosi padalina bili su u kasno proljeće i u kasnu jesen. Udjel pljuskovitih padalina (zbroj mjesečnih padalina koje su se izlučile intenzitetom većim od 20mm/24 sata) u ukupnoj količini padalina iznosio je 48 %. Mjeseci u kojima je udjel pljuskovitih padalina u ukupnoj količini padalina ekstremno su studeni (90,7 %) i srpanj (37,4 %).

Povećana količina padalina te odnos kišnog i snježnog elementa pod utjecajem su planina. Na dijelu porječja koje je na prostoru Čičarije snježni pokrivač visok jedan i više cm (1948./1949. - 1962./1963.) zadržava se 10-40 dana, a na nižem dijelu porječja 1-3 dana. (Lalić 1961.).

Na Fosterovom dijagramu predočena je humidnost klime u donjem (Antenal), srednjem (Motovun) i gornjem dijelu porječja (Abrami) (sl. 2).

O humidnosti klime ovisi količina otjecanja porječjem. U priobalju klima je u srpnju sub-humidna dok je na svim drugim postajama humidna do per-humidna, što znači da je količina padalina veća od veličine isparavanja.



Sl. 2. Funkcionalni odnosi temperature i padalina; 1. perhumidna, 2. humidna, 3. subhumidna, 4. semiaridna
 Fig. 2. Functional ratio of temperature and precipitations; 1) perhumid, 2) humid, 3) subhumid, 4) semiarid

Otjecanje

Osnovno hidrološko obilježje porječja oblikovanog u karbonatima je **podzemno** otjecanje vode (tab. 2). Rezultati trasiranja podzemnog otjecanja, koje je istražila Hrvatska vodoprivreda sukladni su hidrogeološkim osobitostima stijena i njihovoj geološkoj strukturi.

Prilikom terenskog upoznavanja ponora, u koje je Hrvatska vodoprivreda ubacivala obilježivače, ustanovljeno je da se svi glavni ponori nalaze u slijepim dolinama koje pripadaju fluvio-krškom tipu reljefa. Razmjerno velike brzine tečenja podzemne vode ukazuju na visok stupanj razvijenosti pukotinske mreže. Podzemne vode javljaju se kao izvorske na dodiru karbonatnih i klastičnih stijena (izvor Bulaž) ili teku ispod fliša i na morfološki najnižem dijelu terena probijaju flišne naslage te izbijaju na površinu (izvor Sv. Ivan).

Izviranje jednoga dijela podzemnih voda, koje se po svoj prilici sakupljaju u zapadno istarskoj i zrenjskoj zaravni, može se zapaziti i u plitkom obalnom moru koje je u blizini Starog Tara i Antenala.

Tab. 2. Podzemno otjecanje voda u porječju Mirne

Tab. 2 *Subsurface runoff in the catchment area of the Mirna river*

Mjesto ubacivanja obilježivača trasera	h (m)	Utvrđena veza s izvorima	h (m)	Udaljenost (km)	Pad ‰	Prividna brzina cm/s
Opatijska draga	347	Bulaž	20	5,5	59,4	1,0
Ponor Pašudija	293	Bulaž	20	9,6	28,4	0,8
Zrenjska dolina	340	Bulaž	20	4,0	80,0	2,0
Dolina Bazuje	252	Bulaž	20	12,0	19,3	1,3
Ponor Prapoče	550	Sv. Ivan	45	7,9	63,9	4,5
Ponorska Zona Dane	440	Sv. Ivan	45	9,5	41,6	0,3
	485	Kvarnerski zaljev	0	26,0	16,9	1,7
Korito Rečine	60	Sv. Ivan	45	1,5	10,0	11,0
Ponor Lanišće	500	Kvarnerski zaljev	0	16,5	30,3	1,7
		Sv. Ivan	45	10,5	43,3	1,1
Tinjanska draga	365	Gradole	4	17,0	21,2	0,5
		Poreč	2	19,5	18,6	1,2
		Rovinj	1	22,4	16,3	1,4
		Limski kanal	3	17,2	21,0	1,1
Ponor Čiže	320	Gradole	4	14,5	21,8	1,2

Izvor: Dokumentacija fonda Mirne (2001.)

Veću količinu podzemne vode u fliškom porječju onemogućavaju slaba poroznost i propusnost fliša. Obilježja postojećeg podzemnog otjecanja na flišu jesu male prividne brzine vode i njihovo ravnomjerno izviranje (izvori su na dodiru fliša i potočnog nanosa).

U **površinskom otjecanju** glavnina protoka odvija se na flišu i u manjoj mjeri na terenima u čijem sastavu dominiraju karbonatni stijenski kompleksi.

Otjecanje na flišu, koje se odvija vodenim mlazovima, prostorno je pogotovo uočljivo u vršnim dijelovima brdskih uzvišenja Vrh, Sovinjak, Kobiljak, Oprtalj, Pilostak i Draguč. Otjecanje vode prema nižim dijelovima padina dobiva sve koncentriraniji oblik pa povećani intenzitet erozije stvara žljebasta udubljenja, vododerine i jaruge te derazijske i fluvijalne doline (badland). Jaruge na karbonatima kratkog su i strmog talvega a bujice njima pronose malo nanosa.

Katastrom, kojeg je sačinio Srebrenović (1965.), obuhvaćeno je jedanaest bujičnih područja i 136 bujica ukupne dužine 277 km.

Očita je grupiranost bujica u porječju Botonege i srednjem porječju Mirne. Zbog interferencije (međusobnog pojačavanja) vodnih valova grupiranih pritoka, poplave prvo nastaju u središnjem dijelu porječja.

Tab. 3. Prosjecni protoci (m³/s), standardne devijacije (m³/s) i koeficijenti varijacije na odabranim profilima u porječju Mirne
 Tab. 3 Mean runoff, standard deviation and variation coefficient for selected profiles on Mirna catchment area

Hidrološka postaja	Protoci	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	SRED
PENGAR- REČINA (1972-1992.)	SR	0,489	0,374	0,386	0,350	0,226	0,100	0,019	0,017	0,046	0,346	0,410	0,379	0,275
	σ	0,541	0,467	0,394	0,205	0,222	0,074	0,023	0,022	0,073	0,493	0,355	0,296	0,117
	Cv	1,106	1,248	1,021	0,586	0,983	0,739	1,206	1,265	1,568	1,423	0,864	0,783	0,426
	MAX	1,950	1,913	1,638	0,954	0,953	0,274	0,080	0,083	0,315	2,110	1,140	1,120	0,604
	MIN	0,001	0,002	0,013	0,069	0,020	0,014	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,003	0,007
	σ	4,210	3,371	4,037	2,920	2,402	1,128	0,498	0,351	0,819	3,296	2,893	4,738	2,556
BUŽET- MIRNA (1970-1992.)	σ	2,534	2,289	2,066	1,424	1,674	0,501	0,225	0,148	0,882	2,122	2,914	2,026	0,587
	Cv	0,602	0,679	0,512	0,488	0,697	0,444	0,451	0,422	1,078	0,644	1,007	0,428	0,230
	MAX	9,090	8,090	6,550	5,310	5,180	1,990	0,943	0,650	2,640	5,670	7,900	8,110	3,370
	MIN	0,802	0,516	0,919	1,150	0,350	0,568	0,255	0,216	0,182	0,022	0,241	1,630	1,720
	SR	1,217	0,844	0,700	0,725	0,525	0,346	0,116	0,080	0,189	0,892	0,964	1,172	0,670
	σ	1,060	0,741	0,499	0,356	0,484	0,450	0,105	0,066	0,213	0,924	0,739	0,861	0,289
BRAČANA (1973-1992.)	Cv	0,871	0,878	0,713	0,492	0,921	1,298	0,906	0,825	1,125	1,036	0,766	0,735	0,431
	MAX	4,225	2,851	1,740	1,502	2,030	2,110	0,454	0,245	0,771	2,970	2,420	3,395	1,469
	MIN	0,040	0,034	0,063	0,214	0,107	0,039	0,021	0,013	0,015	0,020	0,012	0,094	0,248
	SR	0,614	0,531	0,371	0,346	0,237	0,377	0,134	0,164	0,421	0,891	1,158	0,859	0,508
	σ	0,623	0,813	0,809	0,431	0,392	0,636	0,331	0,346	0,674	1,278	0,893	1,001	0,230
	Cv	1,015	1,530	2,180	1,250	1,650	1,690	2,460	2,120	1,600	1,430	0,771	1,160	0,454
ŠČULCI- BOTONEGA (1971-1983.)	MAX	1,830	2,700	2,900	1,330	1,290	1,970	1,230	1,290	2,240	4,080	2,380	3,060	0,934
	MIN	0,000	0,004	0,011	0,015	0,007	0,002	0,003	0,002	0,001	0,001	0,001	0,002	0,010
	SR	8,549	7,460	7,015	6,600	5,141	4,104	1,555	1,468	2,856	8,011	8,586	8,974	5,851
	σ	6,516	6,638	5,858	3,152	4,034	3,776	1,201	1,239	2,585	8,062	5,539	5,937	1,779
	Cv	0,762	0,890	0,835	0,478	0,785	0,920	0,773	0,844	0,905	1,006	0,645	0,662	0,304
	MAX	26,800	25,300	23,100	13,100	16,900	15,200	4,730	5,380	9,740	30,700	19,400	23,900	10,500
MOTOVUN- MIRNA (1978-1992.)	MIN	0,403	0,692	0,649	1,180	1,090	0,688	0,403	0,395	0,246	0,147	0,239	1,780	3,400
	SR	10,300	9,610	8,320	8,390	6,540	4,750	2,020	1,990	3,390	8,660	10,500	10,800	7,090
	σ	7,660	7,270	6,550	4,520	4,980	4,210	1,310	1,700	2,610	6,780	9,500	6,980	2,180
	Cv	0,744	0,757	0,787	0,539	0,761	0,886	0,648	0,854	0,770	1,100	0,643	28,400	13,900
	MAX	29,900	28,100	29,100	19,100	23,300	19,000	4,730	7,000	9,920	36,500	22,000	28,400	13,900
	MIN	0,522	0,884	0,874	2,090	1,500	0,884	0,490	0,395	0,351	0,274	0,459	1,510	3,650
PORTONSKI MOST-MIRNA (1970-1992.)	SR	0,522	0,884	0,874	2,090	1,500	0,884	0,490	0,395	0,351	0,274	0,459	1,510	3,650

Pored produkcije i pronosa nanosa te slabljenja retencije u flišu, bujice taloženjem zasipaju i korita tekućica. Uslijed smanjivanja korisnog volumena korita nanosom, Mirna je u svom središnjem porječju napuštala korito i izgradila paralelne sustave otjecanja.

Glavnina protoka obavlja se maticom, zbog čega je mehanizam tekućice morfološki prepoznatljivo oblikovao gornji, srednji i donji uzdužni profil korita. U gornjem koritu, koje je od izvora pa do Istarskih toplica, nanosi su zbog velikih nagiba krupni, a vrtložni lonci (u narodu zvani kotli) i pregibi česti. Na profilu srednjeg korita, koje je od Istarskih toplica pa do Portonskog mosta, položi su nešto niži od priobalnih nanosa zbog čega poplave u tom dijelu doline dugo traju. U donjem koritu, koje je nizvodnije od Portonskog mosta, stvaraju se akumulacijski fluvijalni oblici jer je niveleta dna ispod srednje razine mora.

Izračunati apsolutni pad korita tekućice je 417,5 m, dok je koeficijent razvijenosti 1,52. Prilikom izrade projekta, kojim je projektirano otjecanje Mirnom, precizno je izmjerena dužina korita, od izvora kod Huma pa do ušća u Antenalskom zaljevu, te upisana na topografskom listu M 1 : 10 000 (Srebrenović 1965)³. Tako izmjerena dužina korita je 53,3 km. Među najdužim pritocima su Mlinski potok, Krvar, Bračana, Malahuba, Botonega, Draga, Senica, Dragučica i Butari, a zbog svoje socio-ekonomske uloge (povezanosti između vode i stanovništva) značajni su i pritoci Zrenjski potok, Mulski potok, Juratov potok, Gradinje i Morfini.

Prilikom razmatranja režima otjecanja vode porječjem analizirani su prosječni mjesečni protoci, prosječni godišnji protok te koeficijent varijacije protoka (tab. 3)

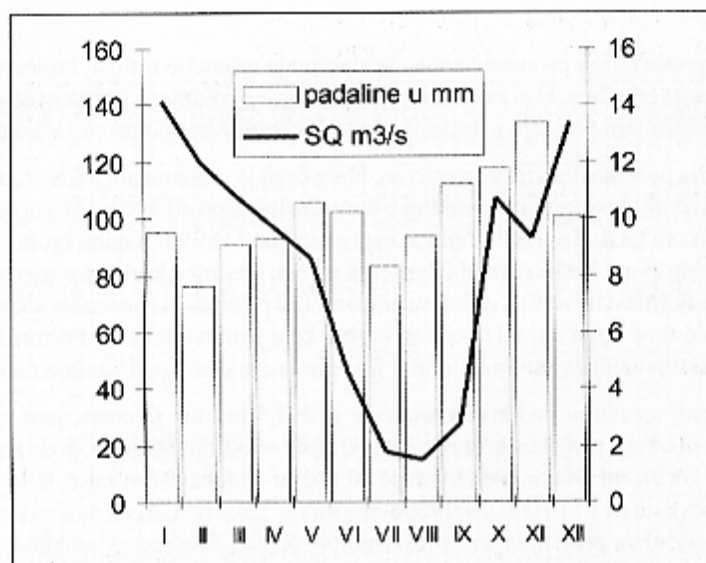
Glavni maksimum protoka najčešće je u prosincu, a minimum u kolovozu. Visoke vrijednosti protoka zadržavaju se i u siječnju, dok drugi minimum nastupa u veljači.

Prema protocima obrađenih hidroloških postaja, može se zaključiti da godišnji hod protoka odgovara sredozemnom varijetetu kišno-snežnog (pluvionivalnog) režima.

Raspodjela srednjih protoka tijekom godine na postaji Portonski most pokazuje da se 68,8% godišnjeg protoka obavi u hladnijem djelu godine. Na meteorološkim postajama unutar porječja (tab. 1) 51,0% godišnje količine padalina izluči se u hladnom dijelu godine. Taj je nesklad posljedica većih gubitaka evapotranspiracijom u toplom dijelu godine. (Prema rezultatima istraživanja Srebrenovića koji su objavljeni 1965. godine 51,2% godišnje količine padalina i 67,0% godišnjeg protoka odvija se u hladnijem dijelu godine.)

Usporedbom godišnjeg hoda padalina, postaja koje gravitiraju porječju (tab. 1), i godišnjeg hoda protoka na vodomjernoj postaji Portonski most ustanovljena je njihova nepodudarnost (sl. 3).

Ljetni minimalni protoci, koji kasne oko jedan mjesec za padalinskim minimumom, posljedica su nešto sporijeg spuštanja razine temeljnice. Izrazitiji su minimalni protoci na karbonatnim terenima te usporeniji na flišu. Nejednakost je posljedica kratkotrajnih intenzivnih padalina (Mihljević 1995. navodi podatak da bujične padaline u ukupnim padalinama kolovoza sudjeluju s 61,4%), koje se u kršu gube procjeđivanjem, dok je povećano površinsko otjecanje na flišu posljedica njegove malene poroznosti i propusnosti.



Sl. 3. Srednje mjesečne padaline na postajama koje gravitiraju porječju Mirne i srednji mjesečni protoci na postaji Portonski most (1970.-1998.)

Fig. 3 Mean monthly precipitations of meteorological stations that gravitates to Mirna catchment area and mean monthly runoff in watrgang station Portonski most (1970-1998)

Visoki protoci na flišu u kasnu jesen odraz su maksimuma padalina koji dolazi u tom dijelu godine. Obimnijim padalinama u kasnu jesen, na kršu se najprije popunjava podzemni deficit vode zbog čega maksimalni protok kasni za maksimumom padalina.

U proljeće podloga je saturirana pa snijeg koji se topi podiže protok na krškom porječju. U istom razdoblju niži dio porječja (pretežito manje propusnosti) izložen je čestim ali manje intenzivnim padalinama što ih nosi vlažan zrak s mora (maritimni utjecaji) te su zbog toga otjecanja ravnomjernija a razlike između ekstremnih vrijednosti protoka su manje.

Iz prikaza **koeficijenata varijacije** srednjih mjesečnih i srednjih godišnjih protoka se može vidjeti da su promjenljivosti protoka veće na uzvodnijim i ustaljenije na nizvodnijim postajama (tab. 2). Najvarijabilniji mjesec (rujan) nastupa nakon ljetnih minimalnih protoka. Izuzetak je jedino postaja Abrami - Bračana na kojoj je najvarijabilniji mjesec lipanj. Pojava i raspodjela koeficijenata varijacije srednjih mjesečnih protoka ukazuje na mogućnost velikih odstupanja od prosječnih godišnjih vrijednosti.

Važan pokazatelj režima tekućica jesu **koeficijenti otjecanja** vode. Koristeći se karakterističnim koeficijentima otjecanja Keller (1968.) je osmislio hidroobrazac za prikaz tipova tekućica. Prema tom hidroobrascu ravnomjeran režim otjecanja imale bi tekućice slovnog obrasca Aa dok bi slovni obrazac Hh označavao režim ekstremne fluktuacije. Koeficijenti otjecanja mjeseca s najvećim protokom označeni su velikim slovima dok su koeficijenti otjecanja mjeseca s najmanjim protokom označeni malim slovom (tab. 4).

Tab. 4. Tipovi režima za odabrane postaje porječja Mirne
 Tab. 4 Regime types for selected profiles in Mirna catchment area

Postaja	Period motrenja	Tip otjecanja
Pengari – Rečina	1972 – 1992.	D h 1,8
Buzet – Mirna	1970 – 1992.	E h 12,8
Abrami – Bračana	1973 – 1992.	E h 1,8
Šulci – Botonega	1970 – 1983.	G g 11,7
Motovun – Mirna	1978 – 1992.	D h 1,7
Portonski most – Mirna	1970 – 1992.	D h 1,8

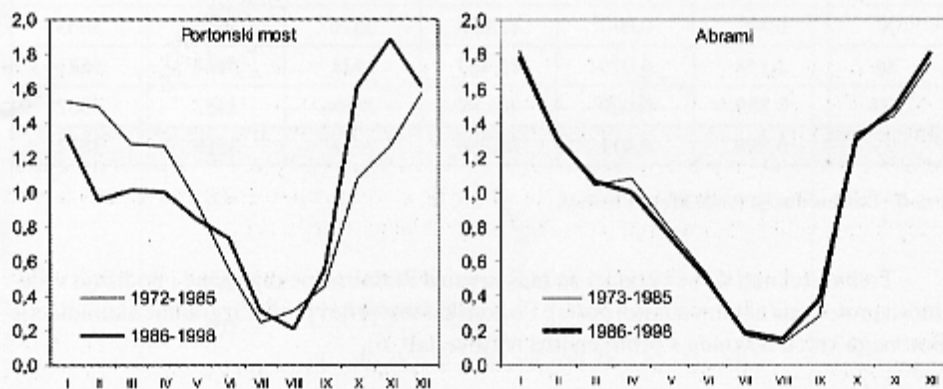
Izvor: Izračunao autor prema podacima tab. 3.

Karakteristični mjesečni koeficijenti otjecanja i njihovo vremensko pojavljivanje potvrđuju da je režim Mirne pod prevladavajućim utjecajem jesensko - zimskih kiša i ljetnih suša.

Razlike u režimu, razdoblja prije i nakon izgradnje Botonege, mogu se ustanoviti usporedbom načina opskrbe tekućica vodom te raspodjele karakterističnih protoka (vodostaja).⁴

Do promjena u otjecanju u srednjem i donjem porječju došlo je nakon regulacije glavnih pritoka te premještanja Mirne u izgrađeni kanal. Zbog toga je došlo do promjene brzine otjecanja a time i mehanizma transporta nanosa.

U izmjenjenom režimu otjecanja taloženje nanosa različite krupnoće odvija se u zaplavu akumulacije Botonega⁵, a vučenog nanosa i na drugim podignutim retencijama. Povećanjem brzine otjecanja usporen je proces taloženja i porasta nanosa u koritu Mirne i naglašeno povećan na ušću Mirne u Tarskoj vali (konačna erozijska baza). Suzbijanje nastanka ili premještanje tendencije taloženja iz korita (doline) na zaplav akumulacije ili ušće tekućice pozitivna je prostorna promjena koja utječe na održivost porječja.



Sl. 4. Mjesečni koeficijent protoka, postaja Portonski most i Abrami
 Fig. 4 Monthly channel runoff coefficients, station Portonski most and Abrami

Usporedbe krivulja godišnjeg hoda protoka u modularnim koeficijentima prije i poslije izgradnje akumulacije Botonega (sl. 4) pokazale su značajniji međusobni nesklad u srednjem i donjem porječju (postaje Motovun i Portonski most) te minimalne razlike u gornjem porječju (postaja Abrami).

Na raspodjelu protoka na hidrološkim postajama Portonski most i Motovun utječe se kontroliranim punjenjem ili pražnjenjem akumulacije Botonega. Te su veze vidljive iz kretanja podataka o protocima na mjernom mjestu Šćulci koje se nalazi na odvodnom kanalu Botonega.

Usporeni protoci u svibnju posljedica su punjenja, a povećani u studenome pražnjenja akumulacije (tab. 5).

Tab. 5. Karakteristične mjesečne protoke i vodostaji za postaje porječja Mirne

Tab. 5 Monthly runoff values (MQ, MNQ, MHQ) and monthly waterstage values (MW, MNW, MHW) for profiles in Mirna catchment area

mj.	Hidrološka postaja Šćulci - Botonega 1986-1998. (N = 13)			Hidrološka postaja Brana - Botonega 1988 - 1998. (N = 11)		
	SQ	SNQ	SVQ	SV	SNV	SVV
I	0,614	0,032	9,413	3513	3476	3570
II	0,531	0,042	4,220	3560	3531	3598
III	0,371	0,047	2,513	3625	3587	3681
IV	0,346	0,032	5,357	3704	3666	3745
V	0,237	0,022	4,205	3750	3731	3766
VI	0,377	0,023	6,138	3760	3734	3773
VII	0,134	0,022	2,326	3725	3697	3765
VIII	0,164	0,021	1,836	3688	3653	3713
IX	0,421	0,019	6,331	3636	3594	3670
X	0,891	0,017	12,005	3576	3523	3663
XI	1,158	0,019	12,467	3511	3424	3671
XII	0,859	0,020	8,636	3488	3453	3562
	0,508	0,011	20,240	3628	3319	3831

Izvor: Dokumentacija fonda Mirne (2001.)

Treba istaknuti da se i podaci za maksimalne i minimalne mjesečne i godišnje vrijednosti protoka na najnižvodnijoj postaji Portonski most prije i poslije izgradnje akumulacije Botonega kreću u skladu s promjenama režima (tab. 6).

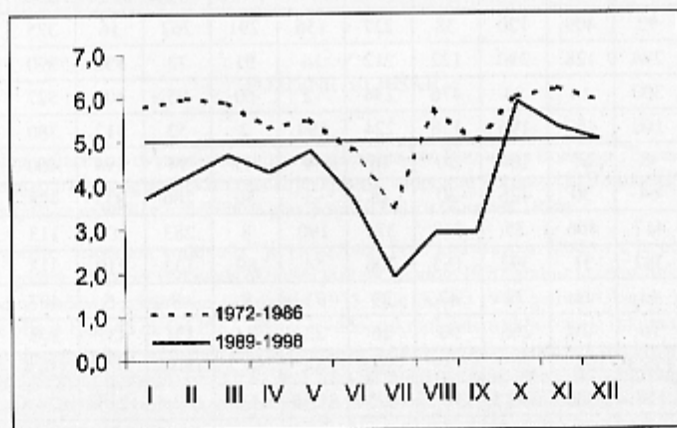
Tab. 6. Karakteristične mjesečne protoke za postaju Portonski most
 Tab. 6 Highest monthly runoff values (MNQ, MHQ) for profiles in Portonski most

God.	SNQ	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God.
1972-	Sred.	2,617	2,931	2,634	2,658	2,138	1,595	0,811	0,645	0,734	1,184	1,675	2,268	0,549
1986.	Max	9,25	9,69	8,31	8,22	5,82	4,77	2,37	1,87	1,69	5,74	6,33	6,48	1,69
N 15	Min	1,12	1,08	0,79	0,914	0,951	0,339	0,339	0,101	0,069	0,193	0,24	0,531	0,069
1989-	Sred.	2,318	1,985	1,642	1,794	1,257	1,174	0,746	0,548	0,682	1,66	2,029	2,58	0,454
1998.	Max	5,68	4,97	5,81	3,71	1,92	3,6	1,18	0,775	1,61	6,24	7,2	4,62	0,702
N 10	Min	0,362	0,276	0,668	0,682	0,716	0,635	0,392	0,212	0,412	0,415	0,415	1,31	0,212
God.	SVQ	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God.
1972-	Sred.	49,17	47,09	47,26	44,37	35,58	21,38	15,52	18,98	26,6	37,4	49,05	52,11	74,19
1986.	Max	95,4	82	79	68,6	71,8	56,7	38,7	75	59,8	83	85,7	79,9	95,4
N 15	Min	4,33	2,91	3,3	19	2,77	2,39	0,716	1,21	0,412	0,339	1,61	21,8	57,3
1989-	Sred.	37,13	31,8	30,89	32,15	23,41	25,37	11,71	8,248	22,82	57,96	63,42	54,46	101,7
1998.	Max	70,3	103	139	78,9	88,7	79,2	37,9	35,1	58,5	178	129	123	178
N 10	Min	0,636	1,03	1,08	3,55	3,79	2,69	1,03	0,852	1,26	1,48	21,5	4,97	54,5

Izvor: Dokumentacija fonda Mirne (2001.)

Svrhovito je razmotriti i maksimalne mjesečne i godišnje vrijednosti vodostaja jer su sve hidrotehničke promjene uzrokovane visokim vodama (tab. 7).

Prouzročene promijene, na hidrološkoj postaji Portonski most, očitoju se u smanjenim iznosima srednjih maksimalnih mjesečnih i godišnjih vrijednosti vodostaja, nešto većim koeficijentima varijacije vodostaja od ranijih, te znatno reduciranim vrijednostima visokih vodostaja.



Sl. 5. Najviši vodostaji u metrima na hidrološkoj postaji Portonski most

Fig. 5 Highest monthly waterstage values in meters (HW) for profiles of Portonski most in Mirna catchment area

Za gospodarenje Mirnom dodatno je važno usporediti najviše mjesečne vodostaje u promatranim razdobljima (sl. 5). Unutar nivograma ravnom crtom predočen je vodostaj kod kojeg se počnu provoditi aktivne mjere obrane od poplava. Karakteristični visoki vodostaji, koji su predočeni nivogramom pojavljuju se u razdoblju kasne jeseni, iz čega se može pouzdano utvrditi da hidrotehničkim zahvatima nisu otklonjena sva njihova nepovoljna obilježja.

Tab. 7. Maksimalni mjesečni vodostaji na hidrološkoj postaji Portonski most
Tab. 7. Monthly waterstage values (HW) for profiles of Portonski most in Mirna catchment area

God.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God.
1972.	379	489	444	294	553	66	350	365	464	170	528	448	553
1973.	502	490	80	262	100	180	58	60	464	208	513	314	513
1974.	450	435	586	240	417	479	352	246	340	598	500	262	598
1975.	345	81	566	525	426	201	255	200	418	188	615	586	615
1976.	94	599	448	476	138	384	220	568	495	600	586	590	600
1977.	492	487	146	508	72	260	340	444	62	44	202	493	508
1978.	562	436	293	404	445	164	297	94	72	354	303	370	562
1979.	580	485	462	384	144	150	42	26	295	402	500	389	580
1980.	240	119	250	204	276	132	18	78	66	396	500	385	500
1981.	295	123	374	190	414	50	130	-3	196	396	74	498	498
1982.	421	11	433	272	433	317	23	132	37	378	459	384	459
1983.	258	298	424	380	271	59	-7	44	7	79	8	370	424
1984.	465	510	311	418	158	215	134	154	356	548	425	409	548
1985.	448	437	407	385	390	82	10	20	-16	-19	96	195	448
1986.	209	417	404	481	161	302	37	181	237	38	288	438	481
Sred.	382,7	361,1	375,2	361,5	293,2	202,7	150,6	173,9	232,9	292	373,1	408,7	525,8
STD	139,6	185,8	139,4	111,3	155	126,1	137,8	168	184,4	207	197,6	107,7	59,14
Cv	0,365	0,514	0,372	0,308	0,528	0,622	0,915	0,966	0,792	0,709	0,53	0,264	0,112
1989.	-9	92	409	120	38	227	156	291	267	16	375	143	409
1990.	26	286	128	310	122	212	16	91	73	392	390	478	478
1991.	348	300	14	24	476	234	-2	60	95	102	527	106	527
1992.	28	160	450	196	158	224	194	2	52	512	380	502	512
1993.	78	-8	60	104	26	16	-8	-12	94	594	460	356	594
1994.	323	64	30	426	30	18	-3	36	286	335	428	53	428
1995.	335	417	466	35	218	374	190	8	283	106	113	445	466
1996.	339	382	31	392	165	206	54	89	133	219	313	357	392
1997.	374	44	15	77	47	29	71	8	-8	-5	407	398	407
1998.	235	16	-10	266	90	26	22	-11	131	437	201	29	437
Sred.	207,7	175,3	159,3	195	137	156,6	69	56,2	140,6	270,8	359,4	286,7	465
STD	157,7	158	198,8	146,5	136,1	125	81,13	91,04	103,4	213	122,4	183,9	63,98
Cv	0,759	0,901	1,248	0,751	0,994	0,798	1,176	1,62	0,736	0,787	0,34	0,642	0,138

Izvor: Dokumentacija fonda Mirne (2001.)

ZAKLJUČAK

Utvrđeno je da su antiklinalna struktura Ćićarije i raspored pojedinih hidrogeoloških članova usmjerili otjecanje voda od sjevera prema jugu. Pukotinski sistemi ponora i vrela na vapnencima u najvećoj mjeri prošireni su u kanale uočljive veličine. Izviranje na vapnencima obilježava malen broj vrela koja su periodičnog ili epizodnog značaja. Izvori na flišu znatno su stabilniji i malokad presahnu. Iznosi padalina koji gravitiraju karbonatnom porječju u koritima tekućica pojavljuju se sa zadržkom dok je pritjecanje s fliša neposrednije (bujično). Načini opskrbe porječja vodom te raspodjela karakterističnih protoka (vodostaja) odgovaraju sredozemnom varijetetu kišno-sniježnog (pluvionivalnog) režima. Kišna komponenta režima znatno je naglašenija. Nepovoljno obilježje režima jesu ekstremni protoci i vodostaji. Na najnižvodnijoj hidrološkoj postaji Portonski most nisu ustanovljeni dani s presušivanjem dok je najviši vodostaj (630 cm) zabilježen 1964. godine. Izvorna složenost režima dodatno je određena pomoću Kellerovog hidrobrasca. Kod takvog tipa režima maksimum protoka javlja se u siječnju, prosincu i studenom a minimum u kolovozu i srpnju. Podizanje brane i izgradnja uređaja za regulaciju protoka baš u porječju Botonege, a ne na nekoj drugoj lokaciji, logični je izbor zbog toga što je to najhomogenija bujična površina. Izgrađeni hidrotehnički objekti utjecali su na raspodjelu protoka i vodostaja dok je količina protoka ostala podjednaka ranijoj. U godišnjem hodu protoka promjenjen je položaj maksimuma u dijelu porječja nizvodnije od pritjecajnog kanala Botonega. Reguliranim otjecanjem obuhvaćen je samo jedan dio porječja zbog čega i dalje dolazi do poplava. Volumen umjetnog jezera koji je planiran za zaštitu od velikih voda koristi se i za vodoopskrbu. Vodoopskrbi odgovaraju maksimalni iznosi akumulirane vode (pogotovo uoči turističke sezone), a sustavu zaštite od visokih voda, ograničeni iznosi (veći vodoprihvatni kapacitet). Zbog takvih, međusobno suprotstavljenih načina korištenja akumulacije Botonega moguće su dodatne poteškoće u gospodarenju vodama porječja.

POZIVNE BILJEŠKE

1. Toponim doline nalazimo u dvjema osnovnim verzijama i to kao Butoniga i Botonega (Bottonega). Toponim Butoniga vjerojatno je starog porijekla i znači lijevi pritok, a toponim Botonega ili Bottonega javlja se kasnije u doba Venecijanske republike i znači brzo plavljenje ili bujicu (Kvastek 1996).
2. Osnovno izvorište "Istarskog vodovoda" je vrelo Sveti Ivan kod Buzeta. Vodovod je pušten u uporabu 28. 10. 1933. godine. U sustav vodovoda uključen je izvor Gradole 1970. godine te izvor Bulaž 1988. godine. Do 1970. godine vodovod je izgrađen do Rovinja, 1975. Pule i Kopra 1984. godine. Ukupna dužina vodovoda 2001. godine bila je 1008,4 km. Od 1987. godine u vodoopskrbni sistem uključena je i akumulacija Botonega. Zbog toga što nisu izgrađeni uređaji za kondicioniranje, preko ponorskog sustava Čiže, vodom iz Botonege u ljetnim mjesecima prihranjuje se izvor Gradole. Vodovod nije značajnije utjecao na režim porječja. Do takvog zaključka došlo se usporedbama izlaznog protoka na hidrološkoj postaji Portonski most za različita razdoblja motrenja. Srednji protok koji je izračunao Kos (2001.) za razdoblje 1955.-1993. iznosio je 7,605 m³/s. Prema izračunu Hrvatske vodoprivrede (Dokumentacija fonda Mirne 2001) srednji protok na tom mjestu u razdoblju 1970.-1998. bio je 7,06 m³/s.

3. Različita su shvaćanja od kud se mjeri dužina Mirne. U pojedinim projektima Mirna je prikazana kao tekućica koja nastaje spajanjem Rečine i Drage kod naselja Pengari, u ušće joj je u Antenalskom zaljevu. Dužina Mirne u projektima je 38,6 km. Na topografskim kartama Mirna je predočena kao tekućica kojoj je izvor u blizini Huma. Na takav način poistovjeđeni su gornji tok Mirne i Rečine. O tome koje je ime ispravno postoji dvojba i kod stanovništva koje gravitira tekućici (Pelivan 2001). Tako mještani naselja Kotle tvrde da je to Rečina, pritoka Mirne, dok u okolnim naseljima kažu da je to Mirna.
4. Prvo su prema mletačkom projektu iz 1631. godine, izgrađeni objekti namjenjeni održavanju plovidbe Mirnom. Na takav način Mlečani su brodovima odvozili motovunski hrast lužnjak koji su koristili za izradu pilona na kojima leži Venecija. U kasnijem razdoblju isušivane su močvare jer su bile leglo komraca, da bi početkom dvadesetog stoljeća počela izgradnja sustava za obranu od poplava. Izgrađene hidrotehničke objekte čine retencijske građevine, zidovi i suhozidovi, nasipi, sabirni lateralni kanali, regulirana korita, preložena korita, kaptirani izvori, pumpne postaje, pošumljena područja i uređaji za odvodnju dolina.
5. Akumulacija Botonega smještena je na istoimenoj pritoci Mirne i to nizvodno od mjesta sutoka Dragučkog i Račićkog pritoka Botonege. Prvo punjenje akumulacije započelo je u svibnju 1987. godine. Volumen vodospremnika do kote praga preljeva (41 m. n. m.) iznosi $19,7 * 10^6 \text{ m}^3$. Površina vodospremnika pri koti praga preljeva iznosi 2,45 km². Vodospremnik Botonega planiran je kao dvonamjenski objekt za zaštitu od velikih voda i osiguranje vode za navodnavanje. Kasnijom izmjenom projekta Botonega je postala i spremnikom vode za vodoopskrbu Istarskog vodovoda (Rubinić 1999).

LITERATURA

- Ambrosi C., 1969: L. Adriatico nel Quaternario, *Attimus. Civ. St. Nat.* 26(5), 129-175
- Babić Ž., 1968: Prilog poznavanja hidrogeoloških odnosa južne i srednje Istre, *Geološki vjesnik*, 21, 295-305
- Benac Č., 1991: Postanak i geotehničke osobitosti doline i zaljeva Raše, *Pomorski zbornik*, 29, 475-492
- Bonacci O., 1996: Nov pristup reguliranja rijeka, *Hrvatska vodoprivreda*, 5, 40-46
- Dokumentacija fonda Mirne 2001: Hrvatska vodoprivreda, Rijeka
- Filpčić A., 1999: Klimatska regionalizacija Hrvatske po Köppenu za razdoblje 1961. - 1990., *Zbornik radova*, 2. Hrvatskog geografskog kongresa, Lovran, 93-98
- Keller R. i suradnici, 1968: *Flussregime und Wasserhaushalt*, I. *Freiburger Geographische Hefte*, 6
- Kos Z., 1998: Plan navodnjavanja za područje istarskih slivova, *Građevinski fakultet*, Rijeka
- Kos Z., 2001: *Vodoprivreda gornjeg Jadrana*, Adamić, Rijeka
- Kvastek K., 1996: Namjena i gospodarsko značenje akumulacije Botonega - Butoniga, *Hrvatska vodoprivreda*, 29-39
- Lalić A., 1961: *Atlas klime*, JHMZ, Beograd
- Magdalenic A. i Vazdar T., 1999: Hidrogeološka interpretacija trasiranja podzemnih voda u središnjoj Istri, *Hrvatske vode* 4, 188 - 238
- Mihljević D., 1995: Procesi prekomjerne denudacije i njihove posljedice istarskom pobrdu, *Zbornik radova*, 1. hrvatski geografski kongres, Zagreb, 188 - 204
- Pelivan A., 2001: Kotli-posebna prirodna pojava u Istri, *Ekološki glasnik*, Zagreb, 9 - 10, 36 - 48
- Penzar B., 1990: Osvrt na vrijeme i klimu Kvarnerskog zaljeva, *Ekološki glasnik*, 9 - 10, 26 - 34
- Pleničar M., Polšak A., Šikić D., 1969: Osnovna geološka karta M 1:100 000, list Trst, *Savezni geološki zavod*, Beograd
- Polšak A., Šikić D., 1969: Osnovna geološka karta M 1:100 000, list Rovinj, *Savezni geološki zavod*, Beograd
- Ridanović J., 1975: *Vode*, *Geografija SR Hrvatske*, Školska knjiga, Zagreb, V, 35 - 42
- Rubinić J., 1999: *Idejno rješenje razvitka izvorišta regionalnog vodoopskrbnog sustava Istre*, *Hidroprojekt*, Zagreb

- Rubinić J., Buželić I., 1999: Hidrološka analiza suspendiranog nanosa u istarskim vodama, Hrvatske vode, Zagreb, 27, 127 - 137
- Rubinić J., Ožanić N., 1998: Hidrološki aspekti gospodarenja akumulacijom Botonega u Istri, 1. hrvatska konferencija o vodama, Dubrovnik, 147 - 157
- Srebrenović D., 1965: Vodoprivredna osnova sliva Mirne, Projekt, Zagreb, knjige 1-4
- Šikić D., Polšak A., Maguš N., 1969: Osnovna geološka karta M 1:100 000, list Labin, Savezni geološki zavod, Beograd
- Šikić D., Pleničar M., Šparica M., 1972: Osnovna geološka karta M 1:100 000, list Ilirska Bistrica, Savezni geološki zavod, Beograd
- Vazdar Z., i suradnici, 1993: Sliv izvora Gradole u Istri, Arhitektonski fakultet, Zagreb
- Vodoprivreda Rijeka 1988: Hidrološko - hidraulička studija Mirne, Rijeka

SUMMARY

Water Flow Conditions and Stream Flow Regime in the Catchment Area of the Mirna River

Rade Knežević

The amount of precipitation that gravitates/flows towards the catchment area is 1205 mm, and it is calculated by taking the averages over several years in the following areas: Antenal, Grožnjan, Oprtalj, Motovun, Šćulci, Draguč, Livade, Zrenj, Buzet, Abrami, Lupoglav, Lanišće, and Vodice. The maximum amount of precipitation occurs in November, while the minimum amount occurs in February. In the catchment area, two fundamental hydrogeological units are recognized. In the northern and eastern areas carbonates are found, while towards the south and west there are paleogenetic klastic sediments. On the carbonates, the flow occurs underground, while on the flysch it occurs on the ground's surface. Preliminary research at the underground flow demonstrates the existence of links between the spring and sink-hole. The spring is comprised of numerous smaller springs of relatively large capacity. The main springs are: Sveti Ivan, Bulaž, and Grdole. The surface flow on the flysch occurs by way of the Mirna River (53.3 km) and its tributaries. There are 133 tributaries and springs on the catchment area (583.5 km²).

In order to determine the discharge (m³/s) and the water level (cm), the measurement results of the following hydrological stations were used: Portonski most, Šćulci, Brana, Motovun, Pengari, Buzet, and Abrami. Before the construction of the Botonega dam, the maximum discharge was registered in January, and the minimum in August. The higher values of the discharge also occurred in January, while the second minimum occurred in February. Based on the flow and discharge statistics, it was concluded that such an annual movement was typical for a Mediterranean variation of pluvionival regime.

The variations in discharge were compatible with the variations in precipitation, as well as the hydrogeological characteristics of the catchment area. In such a regime, the high water rivers threatened the lower parts of the catchment area throughout the entire year. After the construction

of the Botonega dam, the natural flow regime was changed. The maximum discharge now occurs in November, while the minimal remains in August. Large changes in discharge also occur in the spring, because the dam fills during this time. With the construction of hydrotechnological objects, extreme discharges were mitigated, while high water levels continue to appear towards the end of autumn.

In this article, it is concluded that a more moderate flow can be attained with the regulation of the tributaries of the Mirna River.

Primljeno (Received): 24 - 9 - 2002

Prihvaćeno (Accepted): 1 - 2004

Rade Knežević dr.sc., docent
Fakultet za turistički i hotelski menadžment,
Opatija, Hrvatska/Croatia