

Projektant: Higrakon d.o.o. Sarajevo	Idejni projekat mHE Rijeka u svrhu ishodovanja Vodne saglasnosti	Šifra: 003 – 02 – 04/23
Investitor: VAL BRANA d.o.o. Vitez		1/15
Knjiga 2 – Hidrološke podloge		

S A D R Ź A J

1. Hidrološke podloge
 - 1.1. Projektni zadatak
 - 1.2. Raspoložive podloge
 - 1.2.1. Uvod
 - 1.3. VS Merdani na rijeci Lašvi
 - 1.3.1. Linija trajanja dnevnih proticaja na VS Merdani
 - 1.3.2. Male vode
 - 1.3.3. Velike vode
 - 1.3.4. Primjenjena metodologija
 - 1.4. Zahvat MHE RIJEKA
 - 1.4.1. Srednji proticaji
 - 1.4.2. Linija trajanja
 - 1.4.3. Velike vode
 - 1.4.4. Male vode
- 2.0. Zaključna razmatranja sa prijedlogom daljih aktivnosti

Projektovao: Šemsa Imširović dipl.ing.građ.	Odgovorni projektant: Šemsa Imširović dipl.ing.građ.
<i>HIGRACON d.o.o. Sarajevo; Hiseta 3; tel/fax: 033 / 718 – 286; www.higrakon.ba</i>	

Projektant: Higrakon d.o.o. Sarajevo	Idejni projekat mHE Rijeka u svrhu ishodovanja Vodne saglasnosti	Šifra: 003 – 02 – 04/23
Investitor: VAL BRANA d.o.o. Vitez		2/15
Knjiga 2 – Hidrološke podloge		

1.0 HIDROLOŠKE PODLOGE

1.1 Projektni zadatak

Na vodotoku Lašva predviđena je izgradnja zahvata MHE RIJEKA. Za tretirani profil zahvata MHE potrebno je definisati sve relevantne hidrološke parametre.

1.2. Raspoložive podloge

Od raspoloživih i dostupnih podloga projektant je imao na raspolaganju sljedeće:

- b) Hidrološka obrada vodotoka Lašva na profilu VS Merdani za period 1960.- 90. god.
- c) Karta izohijeta za sliv rijeke Lašve

1.2.1. Uvod

Izvorišni krakovi rijeke Lašve se nalaze na sjevernim i istočnim padinama planine Radalj. Lašva ima relativno dobro razvijenu hidrografsku mrežu. Na ovom vodotoku su vršena kontinuirana osmatranja vodostaja i povremena mjerenja proticaja na profilima: VS Travnik i VS Merdani. Uzvodno od VS Travnik nisu vršena simultana mjerenja proticaja, tako da se ovaj potez vodotoka može smatrati hidrološki neizučeni. Svi rezultati ove hidrološke analize se moraju tretirati na nivou procjena što je uslovljeno sa obimom izvršenih hidroloških radova na terenu.

1.3. VS Merdani na rijeci Lašvi

Hidrološka obrada vodotoka Lašva na profilu vodomjerne stanice VS Merdani urađena je na osnovu vlastitih podataka: osmotrenih vodostaja i hidrometrijskih mjerenja proticaja. Obrada je obuhvatila period: 1960.- 90. godina i dobiven je srednji proticaj vodotoka Lašva na profilu VS Merdani u iznosu:

$$Q_{sr} = 16,20 \text{ m}^3/\text{s}$$

Napominjemo da je ulazne podatke za ovu hidrološku obradu imao FMZ i oni su napravili primarnu hidrološku obradu ove vodomjerne stanice.

U tabeli 1 koja slijedi dati su rezultati za svaku pojedinu godinu i osrednjene vrijednosti:

Projektovao: Šemsa Imširović dipl.ing.građ.	Odgovorni projektant: Šemsa Imširović dipl.ing.građ.
HIGRACON d.o.o. Sarajevo; Hiseta 3; tel/fax: 033 / 718 – 286; www.higrakon.ba	

Projektant: Higrakon d.o.o. Sarajevo	Idejni projekat mHE Rijeka u svrhu ishodovanja Vodne saglasnosti	Šifra: 003 – 02 – 04/23
Investitor: VAL BRANA d.o.o. Vitez		3/15
Knjiga 2 – Hidrološke podloge		

Tabela 1

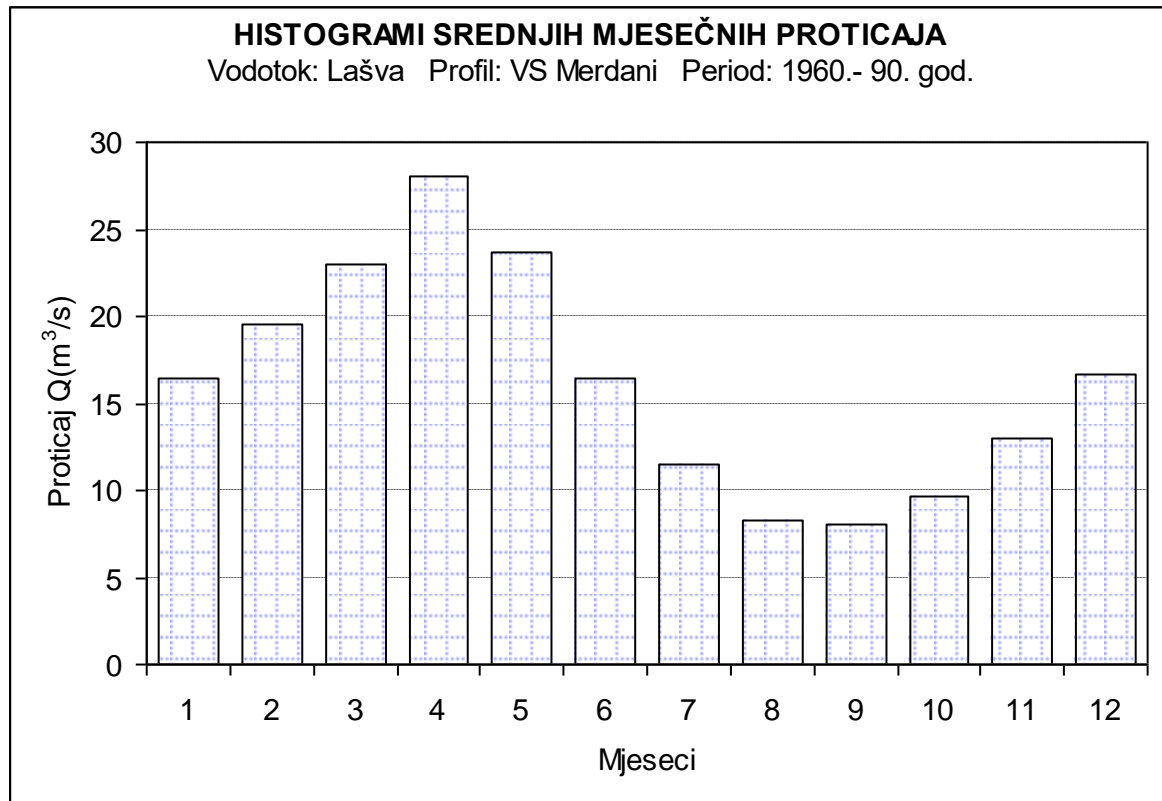
TABELATNI PREGLED SREDNJIH MJESEČNIH I GODIŠNJIH PROTICAJA

God.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	GOD	MIN
1960	23,50	34,40	23,10	19,70	22,50	12,80	15,70	7,30	5,97	7,77	18,40	22,20	17,80	5,97
1961	15,50	14,30	17,00	15,10	28,60	13,50	7,68	5,21	4,15	5,82	12,50	11,60	12,60	4,15
1962	14,90	14,00	34,80	48,70	21,50	10,80	7,98	4,50	4,26	4,16	12,10	17,40	16,30	4,16
1963	20,00	18,10	25,60	29,90	19,90	17,50	9,55	6,47	6,38	5,69	6,09	8,67	14,50	5,69
1964	7,09	15,20	31,50	21,40	18,00	17,30	13,10	10,80	8,84	28,10	36,70	41,00	20,80	7,09
1965	24,30	23,10	35,10	33,60	55,10	20,40	9,50	6,20	7,47	5,09	10,20	16,70	20,60	5,09
1966	10,50	23,00	20,70	33,60	28,20	15,20	9,79	7,31	5,52	5,29	11,60	20,50	15,90	5,29
1967	10,20	18,70	31,10	40,70	27,90	17,20	17,40	6,91	6,36	5,12	5,54	21,70	17,40	5,12
1968	15,50	28,10	20,50	21,30	12,10	17,30	7,37	9,32	11,90	11,50	32,00	25,10	17,70	7,37
1969	16,60	36,10	34,10	32,40	26,80	28,40	21,60	11,80	14,80	8,11	8,97	14,70	21,20	8,11
1970	61,30	41,70	36,30	50,70	30,20	23,20	18,00	9,85	6,59	8,47	10,10	12,60	25,80	6,59
1971	22,90	23,10	23,60	30,60	15,40	10,30	4,88	4,37	6,88	8,34	10,20	16,40	14,70	4,37
1972	10,60	10,50	14,10	19,30	19,80	8,42	18,40	19,20	17,50	18,00	19,30	19,70	16,20	8,42
1973	9,27	15,70	19,00	34,40	23,10	10,20	6,89	6,00	6,72	6,53	7,42	17,50	13,60	6,00
1974	19,00	21,60	17,90	18,20	29,20	26,30	14,40	8,64	7,96	26,60	25,50	19,40	19,60	7,96
1975	13,20	11,40	22,80	25,30	18,60	17,90	12,20	9,18	7,81	10,40	10,10	8,97	14,00	7,81
1976	8,92	9,02	13,20	22,60	14,60	20,90	12,30	14,80	16,00	16,20	17,10	25,30	15,90	8,92
1977	12,70	15,40	9,81	13,00	7,21	3,67	3,58	4,42	5,74	9,21	7,20	9,66	8,47	3,58
1978	8,88	15,20	15,10	14,90	22,00	16,40	8,23	3,75	6,67	5,41	3,46	9,55	10,80	3,46
1979	29,80	35,60	20,70	19,90	18,10	12,60	11,10	7,37	8,13	10,20	26,00	20,00	18,30	7,37
1980	23,20	31,30	20,90	29,90	46,90	26,30	11,30	6,62	6,95	7,59	19,30	18,80	20,80	6,62
1981	14,20	12,50	38,60	34,90	25,10	18,60	9,22	10,80	8,65	10,50	11,70	33,20	19,00	8,65
1982	19,90	8,12	16,40	32,10	22,30	13,50	9,57	9,36	5,95	10,10	6,86	14,10	14,00	5,95
1983	13,40	25,10	22,80	26,80	14,20	12,30	8,64	6,27	7,87	5,99	6,27	10,40	13,30	5,99
1984	10,60	17,00	24,70	39,40	32,00	18,80	10,70	8,48	7,93	10,20	8,50	7,61	16,30	7,61
1985	9,47	10,20	21,40	38,50	28,90	10,10	6,53	8,52	5,08	4,65	8,97	9,70	13,50	4,65
1986	17,90	19,30	26,20	27,20	17,50	25,20	29,00	13,00	7,35	7,35	9,13	7,68	17,20	7,35
1987	16,40	19,60	17,70	35,90	32,20	20,40	9,85	7,81	6,14	6,28	9,89	11,80	16,20	6,14
1988	10,70	14,10	27,80	29,80	24,10	13,70	7,44	5,80	9,31	9,28	9,07	19,20	15,00	5,80
1989	9,57	14,60	21,00	12,20	20,10	18,80	17,50	12,90	12,20	14,10	13,30	12,90	14,90	9,57
1990	8,55	7,57	8,48	16,70	11,20	9,04	5,62	4,81	5,03	5,63	10,60	14,90	9,01	4,81
AVG	16,40	19,50	23,00	28,00	23,70	16,40	11,50	8,32	8,00	9,60	13,00	16,70	16,20	6,31
STD	10,10	8,90	7,80	10,00	9,70	5,90	5,40	3,40	3,30	5,80	7,90	7,50	3,70	1,633
Cv	0,615	0,458	0,338	0,356	0,410	0,359	0,475	0,413	0,410	0,601	0,603	0,448	0,226	0,258
Cs	3,130	0,913	0,305	0,361	1,357	0,170	1,347	1,264	1,629	2,092	1,606	1,362	0,182	0,084

Grafički prikaz unutargodišnjeg rasporeda srednjih mjesečnih proticaja dat je na slici 1.

Projektovao: Šemsa Imširović dipl.ing.građ.	Odgovorni projektant: Šemsa Imširović dipl.ing.građ.
HIGRACON d.o.o. Sarajevo; Hiseta 3; tel/fax: 033 / 718 – 286; www.higrakon.ba	

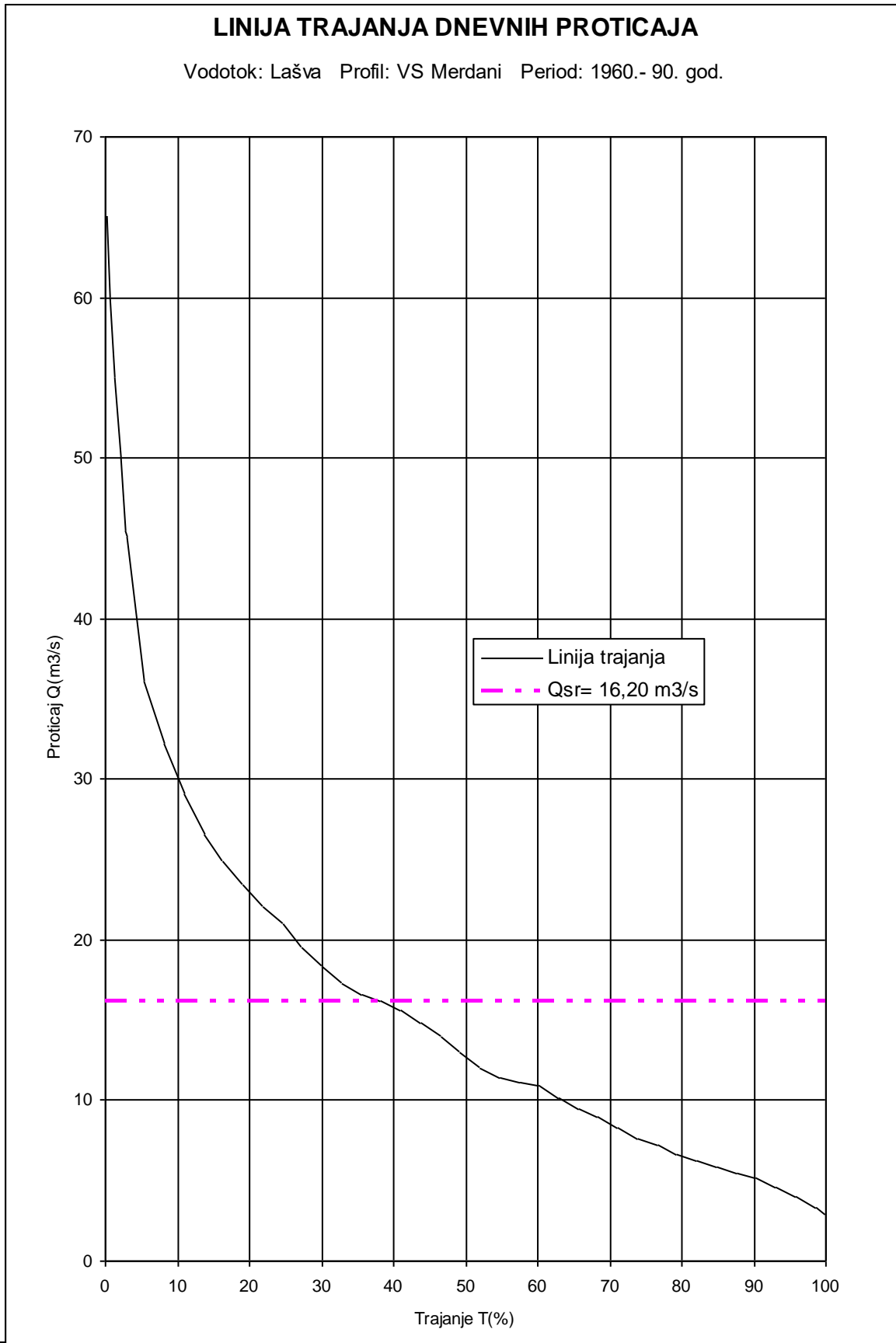
Slika 1



1.3.1. Linija trajanja dnevnih proticaja na VS Merdani

Iz dnevnih vrijednosti proticaja za pomenuti period urađena je linija trajanja, koja pokazuje da je srednji proticaj zastupljen sa cca 38 % u toku prosječne godine. Linija trajanja dnevnih proticaja za period 1960.- 90. god. priložena je na slici 2.

Slika 2

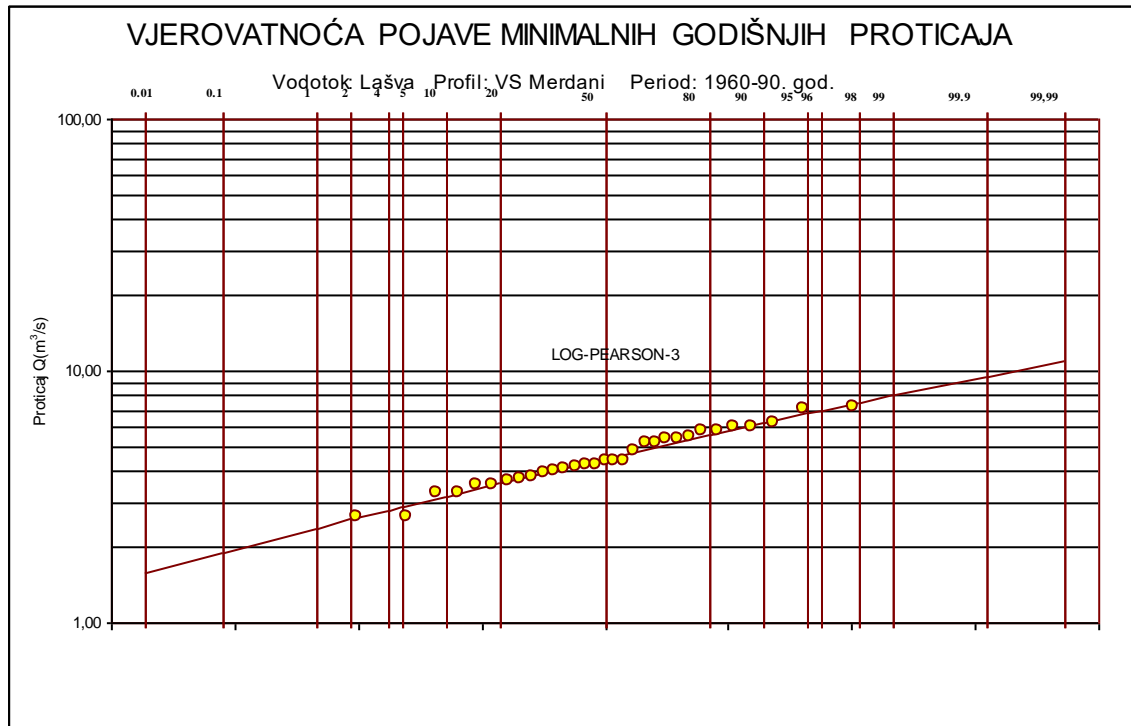


1.3.2. Male vode

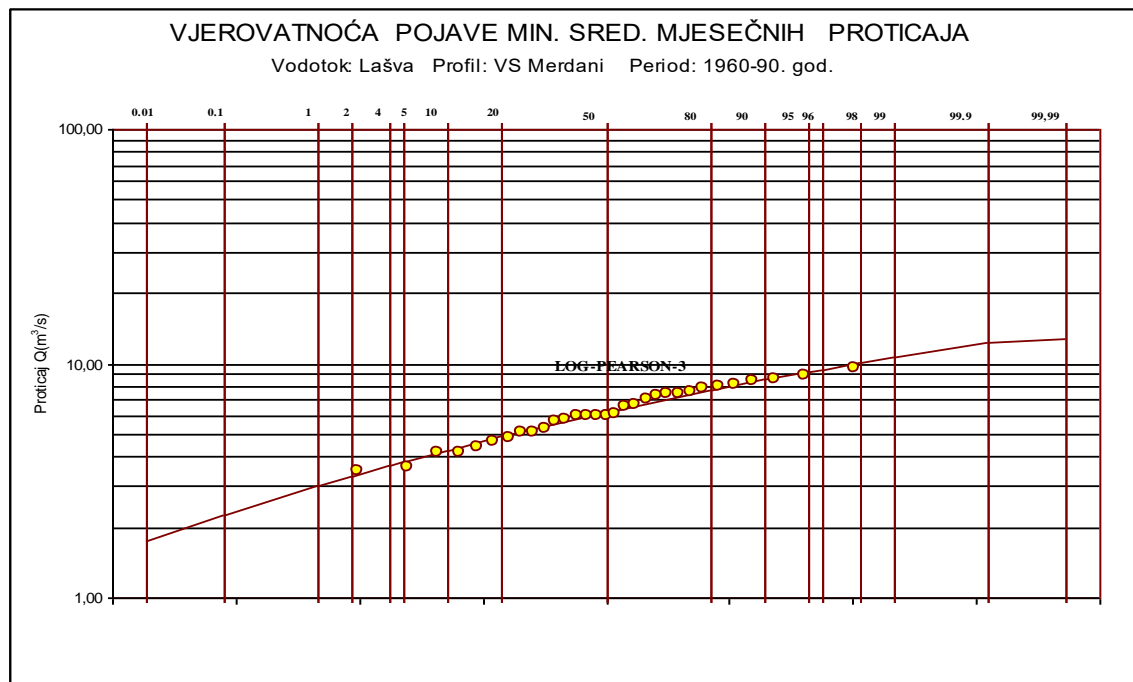
Obrada malih voda vodotoka Lašva na profilu VS Merdani je obuhvatila minimalne godišnje proticaje i minimalne srednje mjesečne proticaje.

Proračun vjerovatnoće pojave malih voda urađen je standardnom hidrološkom statističkom metodom i priložen je na slikama 3 i 4.

Slika 3



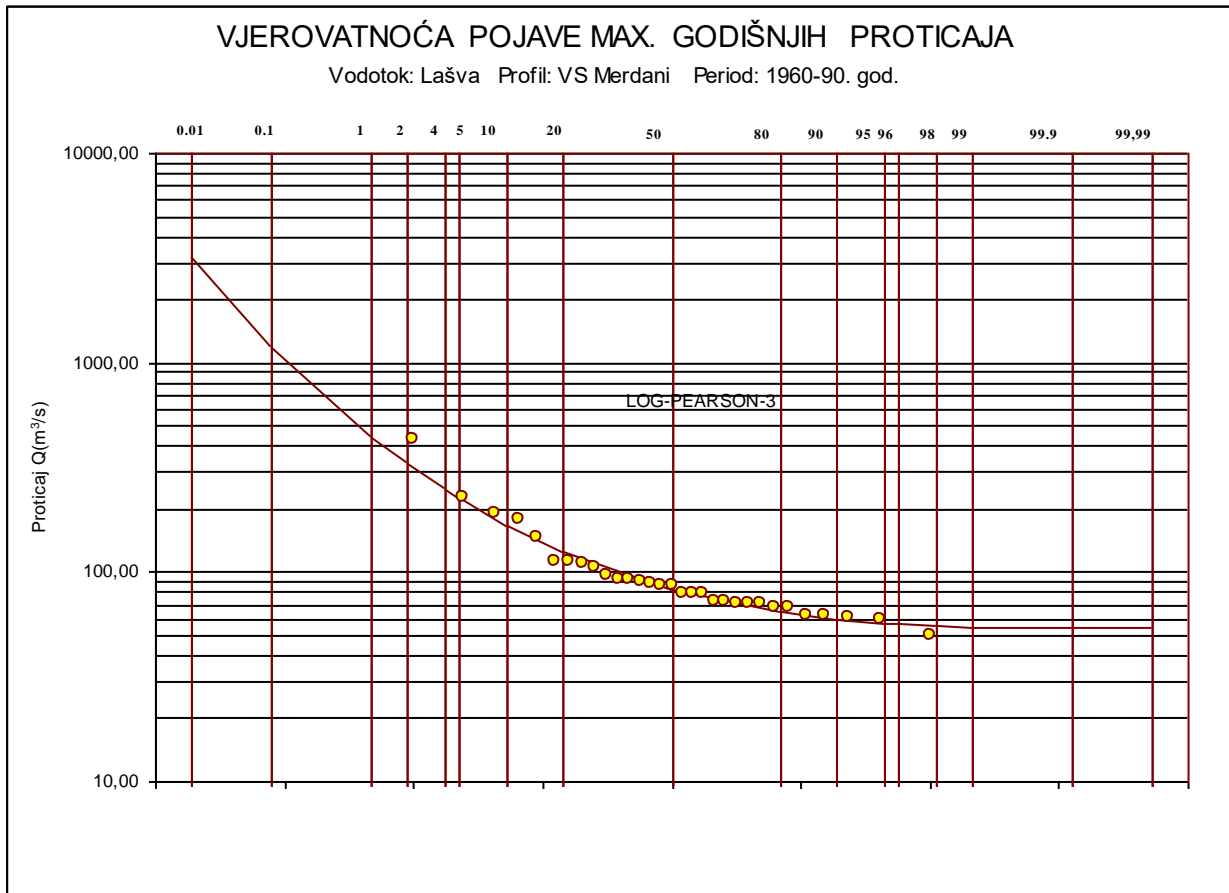
Slika 4



1.3.3 Velike vode

Na vodomjernoj stanici VS Merdani na vodotoku Lašva je radio limnigraf, pa su prema tome registrovani pikovi velikih voda. Proračun vjerovatnoće maksimalnih godišnjih proticaja je urađen standardnom hidrološkom statističkom metodom. Rezultati proračuna vjerovatnoće su priloženi na slici 5.

Slika 5



Projektant: Higrakon d.o.o. Sarajevo	Idejni projekat mHE Rijeka u svrhu ishodovanja Vodne saglasnosti	Šifra: 003 – 02 – 04/23
Investitor: VAL BRANA d.o.o. Vitez		8/15
Knjiga 2 – Hidrološke podloge		

1.3.4. Primjenjena metodologija

Pošto uzvodno od VS Travnik i VS Merdani nisu vršena simultana hidrometrijska mjerenja proticaja niti sistematska osmatranja vodostaja, ovo područje se može smatrati hidrološki neizučenim. Podaci vodomjerne stanice VS Travnik nisu bili dostupni obrađivaču. Za definisanje bilansa na profilu zahvata MHE RIJEKA primjenjen je **metod analogije**.

Metod analogije je predstavljen obrascem (1)

$$Q_n = Q_p \times (F_n \times R_n) / (F_p \times R_p) \quad (1)$$

gdje je:

Q_n – srednji proticaj na neizučenom profilu (m^3/s)

Q_p – srednji proticaj na izučenom profilu (m^3/s)

F_n – pripadajuća slivna površina na neizučenom profilu (km^2)

R_n – srednje padavine na pripadajućoj slivnoj površini koja gravitira ka neizučenom profilu

F_p - pripadajuća slivna površina na izučenom profilu (km^2)

R_p - srednje padavine na pripadajućoj slivnoj površini koja gravitira ka izučenom profilu

Projektovao: Šemsa Imširović dipl.ing.građ.	Odgovorni projektant: Šemsa Imširović dipl.ing.građ.
<i>HIGRACON d.o.o. Sarajevo; Hiseta 3; tel/fax: 033 / 718 – 286; www.higrakon.ba</i>	

Projektant: Higrakon d.o.o. Sarajevo	Idejni projekat mHE Rijeka u svrhu ishodovanja Vodne saglasnosti	Šifra: 003 – 02 – 04/23
Investitor: VAL BRANA d.o.o. Vitez		9/15
Knjiga 2 – Hidrološke podloge		

1.4 Zahvat MHE RIJEKA

1.4.1. Srednji proticaji

Zahvat MHE RIJEKA na vodotoku Lašva sa pripadajućom slivnom površinom na profilu zahvata iznosi 680,0 km², a srednje padavine za period 1955.- 85. godina iznose 841 mm. Pošto na samom profilu zahvata MHE RIJEKA nisu vršena simultana hidrometrijska mjerenja proticaja sa profilom VS Merdani, do informacije o srednjem proticaju se došlo korištenjem formule analogije.

$$Q_n = Q_p \times (F_n \times R_n) / (F_p \times R_p) \quad (1)$$

Kada se u formulu (1) uvrste odgovarajuće vrijednosti dobije se:

$$Q_{\text{zahvat MHE CENTAR}} = 16,20 \times (680 \times 841) / (981 \times 851) = 11,1 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{zahvat MHE CENTAR}} = 11,1 \text{ m}^3/\text{s} \quad (q_{sp}=16,4 \text{ l/s/km}^2)$$

Unutargodišnji raspored proticaja priložen je tabelarno u tabeli 2 i slici 6.

Tabela 2
Tabelarni pregled srednjih mjesečnih i godišnjih proticaja

Mjes.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Avg.
Q(m ³ /s)	11,26	13,38	15,79	19,21	16,26	11,26	7,89	5,71	5,49	6,59	8,92	11,45	11,26

Analizom unutargodišnjeg rasporeda proticaja je uočeno da su vodom najbogatiji: mart, april i maj, a najsušniji su august i septembar.

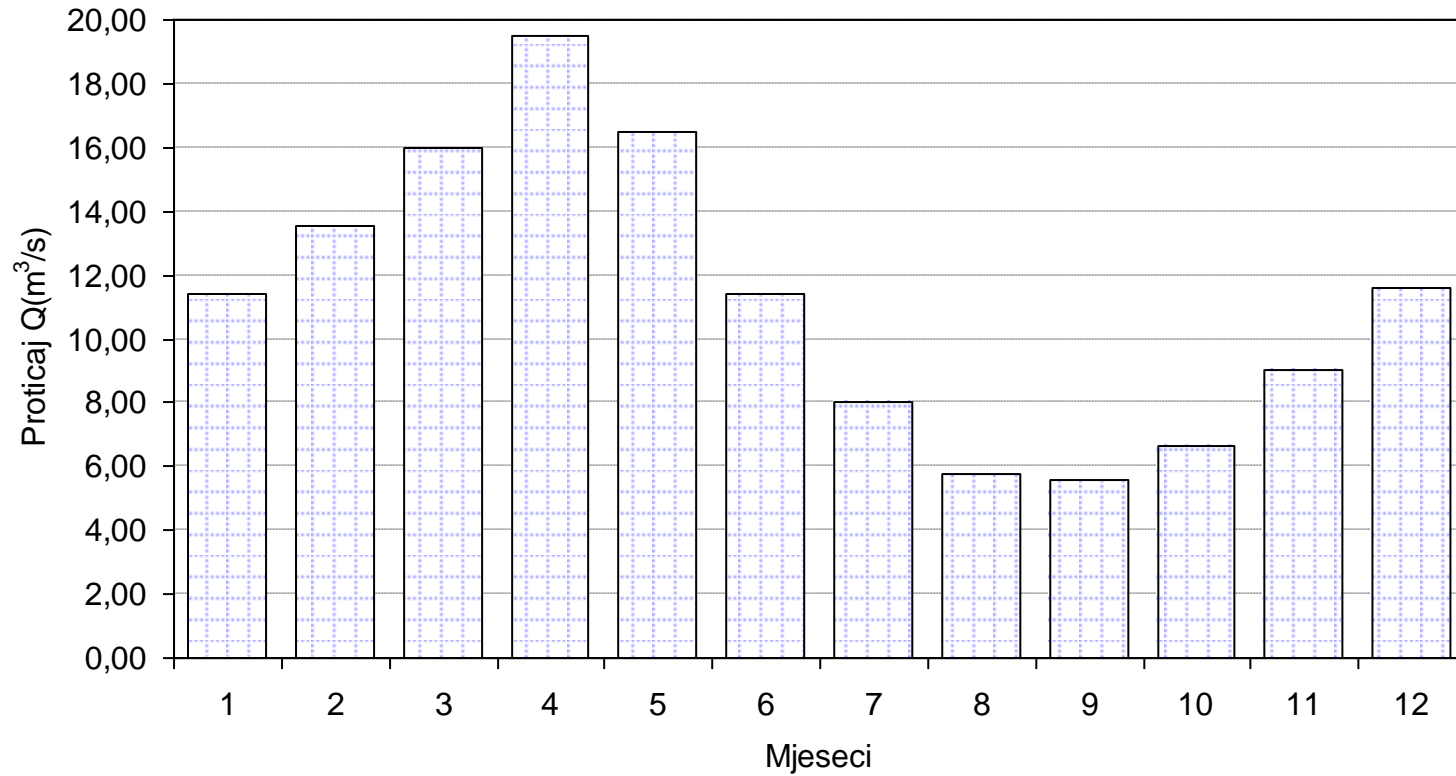
Projektovao: Šemsa Imširović dipl.ing.građ.	Odgovorni projektant: Šemsa Imširović dipl.ing.građ.
HIGRACON d.o.o. Sarajevo; Hiseta 3; tel/fax: 033 / 718 – 286; www.higrakon.ba	

Projektant: Higrakon d.o.o. Sarajevo	Idejni projekat mHE Rijeka u svrhu ishodovanja Vodne saglasnosti	Šifra: 003 – 02 – 04//23
Investitor: VAL BRANA d.o.o. Vitez		10/15
Knjiga 2 – Hidrološke podloge		

Slika 6

HISTOGRAMI SREDNJIH MJESEČNIH PROTICAJA

Vodotok: Lašva Profil: zahvat MHE Lašva Period: 1960.- 90. god.



Projektovao: Šemsa Imširović dipl.ing.građ.	Odgovorni projektant: Šemsa Imširović dipl.ing.građ.
HIGRACON d.o.o. Sarajevo; Hiseta 3; tel/fax: 033 / 718 – 286; www.higrakon.ba	

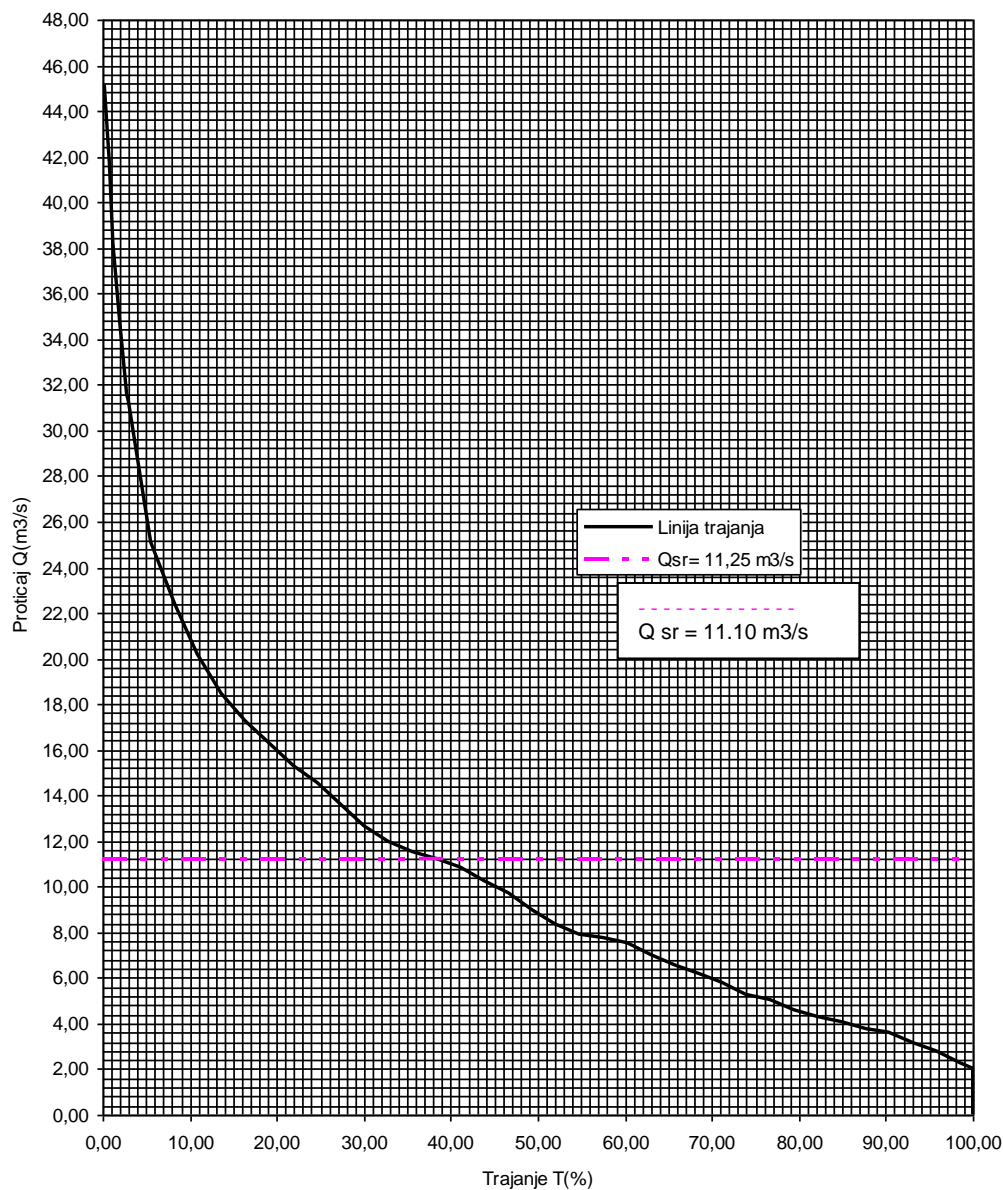
1.4.2. Linija trajanja

Da bi došli do informacije koje količine vode se mogu zahvatiti na profilu zahvata MHE RIJEKA, bilo je neophodno uraditi liniju trajanja dnevnih proticaja.

Linija trajanja dnevnih proticaja rijeke Lašve na profilu zahvata MHE RIJEKA je dobivena na osnovu modulne linije trajanja rijeke Lašve na profilu VS Merdani. Analizom linije trajanja uočljivo je da je srednji proticaj zastupljen sa cca 38 % u toku prosječne godine. Linija trajanja priložena je grafički na slici 7.

Slika 7

LINIJA TRAJANJA DNEVNIH PROTICAJA
Vodotok: Lašva Profil: zahvat MHE RIJEKA Period: 1960.-90.



Projektant: Higrakon d.o.o. Sarajevo	Idejni projekat mHE Rijeka u svrhu ishodovanja Vodne saglasnosti	Šifra: 003 – 02 – 04/23
Investitor: VAL BRANA d.o.o. Vitez		12/15
Knjiga 2 – Hidrološke podloge		

1.4.3. Velike vode

U svrhu zaštite objekata zahvata i strojare bilo je neophodno uraditi proračun velikih voda povratnog perioda $T= 100$ godina. Pošto je riječ o pribranskom postrojenju zahvat i strojara se nalaze u neposrednoj blizini

Proračun velikih voda povratnog perioda $T= 100$ godina na profilu zahvata odnosno strojare urađen metodom sintetskog jediničnog hidrograma (SCS) koji se zasniva na poznavanju padavinskog režima kratkotrajnih kiša, saznanjima o geografsko-morfološkim karakteristikama terena te uslovima oticanja (biljni pokrivač, stanje, zasićenje tla).

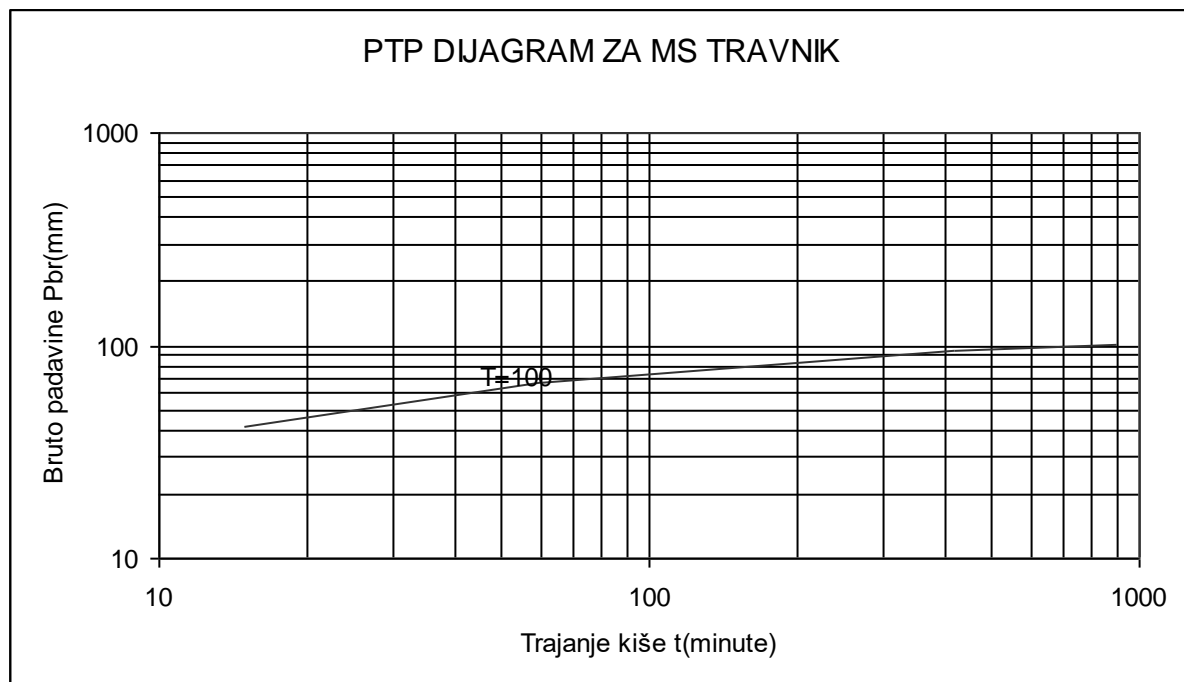
Sa topografskih karata razmjere R 1: 25 000 određeni su osnovni parametri neophodni za proračun:

- F – orografska površina sliva (koja gravitira ka zahvatu MHE)
- L_s - rastojanje od predmetnog profila do vododjelnice mjereno po glavnom toku
- L_c - rastojanje mjereno duž glavnog toka od posmatranog profila do težišta razmatrane slivne površine
- S_2 - pad prave linije koja se povlači od posmatranog profila do vertikale koja ide kroz najvišu tačku glavnog toka, tako da površina trougla koji formira ta linija i horizontala bude jednaka površini između podužnog profila toka i horizontale
- S_3 - odnos dH i dužine glavnog toka L_s koja se mjeri po matici od posmatranog profila do najuzvodnije tačke toka.
- S_4 -prosječni pad sliva koji predstavlja razliku u nadmorskoj visini između posmatranog profila i najuzvodnije tačke u kojoj tok siječe liniju L_b na mjestu koje odgovara 5% površine od ukupne površine sliva i dužine sliva L_b .

Obilaskom terena je ustanovljeno da sliv rijeke Lašve koji orografski gravitira ka zahvatu MHE RIJEKE je obrastao listopadnom šumom oko 65 % površine, a preostalih 35 % otpada na neobrađivo zemljište. Uvođenjem ovih parametara u proračun broja CN krivulje dobiveno je: $CN=83$. U proračun velikih voda se išlo sa pretpostavkom da kiše padaju na tlo koje je bilo normalno zasićeno vlagom. Najbliža kišomjerna stanica sa obrađenim režimom kratkotrajnih kiša je bila MS Travnik) – Slika 8.

Projektovao: Šemsa Imširović dipl.ing.građ.	Odgovorni projektant: Šemsa Imširović dipl.ing.građ.
HIGRACON d.o.o. Sarajevo; Hiseta 3; tel/fax: 033 / 718 – 286; www.higrakon.ba	

Slika 8



Sa ranije definisanim brojem CN krivulje ušlo se u proračun velikih voda za profil zahvata i strojare MHE (Tabela 3)

Tabela 3

	zahvat i strojara MHE RIJEKA
Površina sliva F(km ²)(orografska)	680,0
Dužina toka Ls(km)	43,432
Rastojanje do težišta sliva Lc(km)	23,476
Dužina Lb(km)	25,95
Pad S ₂ (‰)	8,40
Pad S ₃ (‰)	23,17
Pad S ₄ (‰)	9,63
Vrijeme zakašnjenja sliva T ₀	8,99
Vrijeme koncentracije sliva T _c (sati)	14,983
Trajanje jed. hidrograma T(sati)	4,99
Bruto padavine Pbr(mm)	102
Neto padavine Pe(mm)	58
Kombinacija blokova kiše	16+31+11
Vrijeme pojave maksimuma Qmax(sati)	10,74

Projektant: Higrakon d.o.o. Sarajevo	Idejni projekat mHE Rijeka u svrhu ishodovanja Vodne saglasnosti	Šifra: 003 – 02 – 04/23
Investitor: VAL BRANA d.o.o. Vitez		14/15
Knjiga 2 – Hidrološke podloge		

Za usvojeno vrijeme zakašnjenja sliva proračunato je vrijeme koncentracije sliva po formuli:

$$T_c = (5/3) * T_0$$

odnosno vrijeme trajanja jediničnog hidrograma je izračunato po formuli:

$$T = T_c / 3$$

Pošto se maksimalni proticaj javlja kada vrijeme trajanja kiše dostigne vrijeme koncentracije sliva, za pomenuto vrijeme trajanja kiše su sa PTP dijagrama MS Travnik očitane bruto padavine. Na osnovu prethodno definisane CN krivulje iz bruto padavina su izračunate neto padavine koje su podijeljene u 3 bloka. Kombinacija blokova koja je dala najveću vrijednost proticaja usvojena je kao mjerodavna. U Tabeli 5 date su vrijednosti velikih voda na lokaciji zahvata MHE.

Tabela 5

Lokacija	površina sliva	Velike vode P=100 god.	
		Q (m ³ /s)	q (m ³ /s/km ²)
Zahvat- strojara MHE	680	410,00	0,639

1.4.4 Male vode

Određivanje ekološki prihvatljivog protoka

Proračun vrijednost ekološki prihvatljivog proticaja vršio se na osnovu vrijednosti parametara Q_{sr} i to u skladu sa odredbama Pravilnika o načinu određivanja ekološki prihvatljivog protoka („Službene novine FBiH“, broj: 4/13). Za proračun se koristio sljedeći obrazac:

$$Q_{ep} = \left\{ \begin{array}{l} 0.1 \times Q_{sr} \text{ za period maj - oktobar} \\ 0.15 \times Q_{sr} \text{ za period novembar - april} \end{array} \right\}$$

Upotreba ovog obrasca vrši se u slučajevima kada se ne raspolože vrijednostima dekadnog proticaja (član 11. Pravilnika o načinu određivanja ekološki prihvatljivog protoka) što je i bio slučaj prilikom izrade ovog idejnog projekta.

Pregled vrijednosti ekološki prihvatljivog protoka

Projektovao: Šemsa Imširović dipl.ing.građ.	Odgovorni projektant: Šemsa Imširović dipl.ing.građ.
HIGRACON d.o.o. Sarajevo; Hiseta 3; tel/fax: 033 / 718 – 286; www.higrakon.ba	

Projektant: Higrakon d.o.o. Sarajevo	Idejni projekat mHE Rijeka u svrhu ishodovanja Vodne saglasnosti	Šifra: 003 – 02 – 04/23
Investitor: VAL BRANA d.o.o. Vitez		15/15
Knjiga 2 – Hidrološke podloge		

MHE	Period maj- oktobar	Period novembar-april
	(m ³ /s)	(m ³ /s)
MHE RIJEKA	1,11	1,665

2.0 Zaključna razmatranja sa prijedlogom daljih aktivnosti

Imajući u vidu da je sliv rijeke Lašve na tretiranom potezu potpuno neizučen, te da nije bilo terenskih osmatranja i mjerenja, može se konstatovati da je učinjen veliki napor da se samo na osnovu rekognosciranja terena i usvojene metodologije odrede mjerodavni proticaji. Eventualna korekcija dobivenih rezultata može uslijediti tek nakon provedenih predloženih istražnih terenskih radova.

Zato je neophodno u svrhu potvrde ili korekcije dobivenih rezultata preduzimanje sljedećih aktivnosti:

- postavljanje vodomjerne letve (limnigrafa) na lokaciji zahvata buduće MHE sa svakodnevnim registrovanjem vodostaja u trajanju od najmanje godinu dana
- hidrometrijska mjerenja proticaja na toj lokaciji, ukupno 7 serija (koje će obuhvatiti sve režime tečenja), sa obradom mjerenja i izradom linije proticaja, hidrološkom obradom osmotrenog niza te kontrolom rezultata iz ove analize.
- simultana hidrometrijska mjerenja proticaja na relaciji zahvat MHE – referentni profil koja će obuhvatiti sve režime tečenja u svrhu dobivanja pouzdanog korespondentnog odnosa.

Uradio:
Šemsa Imširović dipl.ing.građ.

Projektovao: Šemsa Imširović dipl.ing.građ.	Odgovorni projektant: Šemsa Imširović dipl.ing.građ.
HIGRACON d.o.o. Sarajevo; Hiseta 3; tel/fax: 033 / 718 – 286; www.higrakon.ba	