

**HIDROMETEOROLOŠKI ZAVOD CRNE GORE**  
**-Hidrološki sektor-**

**Hidrološka obrada**

za profile malih (mini, mikro) hidroelektrana (mHE)  
na pritokama glavnih vodotoka u Crnoj Gori

Ova hidrološka obrada rađena je na osnovu dogovora UNDP-a Crna Gora i  
Hidrometeorološkog zavoda Crne Gore

**Obradivači:**

**mr Milan Bošković, dipl.inž.grad.**

**Mirjana Popović, dipl.inž.grad.**

**Nevzeta Alilović, dipl.inž.grad.**

**Direktor**

**Mr Luka Mitrović, dipl. geogr.**

**Podgorica, jun, 2011**

SADRŽAJ	Strana
Uvod	1
Pregled parametara hidrografskih i fizičkogeografskih karakteristika slivova	3
Bilans voda za odabrane mjerne profile	4
Pregledna karta slivova	6
1. Vodotok: Morača HS: Zalom	7
2. Vodotok: Javorski potok HS: Raskrsnica	12
3. Vodotok: Raštak HS: Raštak	18
4. Vodotok: Koštanica HS: Đurđevina	24
5. Vodotok: Koritnik HS: Provalija	30
6. Vodotok: Vojtilska HS: Rađevići	38
7. Vodotok: Buna HS: Puzići	44
8. Vodotok: Crnja HS: Dacići	49
Završna razmatranja	55

## Uvod

Ova hidrološka obrada rezultat je istražnih radova na vodotcima koji predstavljaju moguće lokacije za izgradnju malih hidroelektrana. Čitav posao realizovan je od strane UNDP Crna Gora i Hidrometeorološkog zavoda Crne Gore.

U okviru istražnih radova izabrana su četiri vodotoka iz sliva gornje Morače. Po prvi put od kada se krenulo sa istražnim radovima u cilju hidroenergetskog iskorišćenja vodotoka izabran je jedan profil iz sliva Ibra, i tri iz sliva Čehotine.

Nakon izbora vodotoka i mjernih profila na njima, u hidrološkim zaklonima, koje je izgradio HMZ, montirane su automatske stanice tipa "Talimedija". Prenos podataka sa stanice do centra u Podgorici vrši se putem GSM-a (mobilna telefonija), a podaci se prikazuju i obrađuju u HYDRAS-u. Time je ostvaren kontinuirani prenos vodostaja u realnom vremenu.

Promjene vodostaja memorisane su na svakih 15 min tako da se srednji dnevni vodostaj dobija kao srednja vrijednost 96 podataka, koliko ih se registruje u 24 časa. Izvor energije su baterije od 1,5 V, uz dopune manjim solarnim pannoima.

Istražnim radovima je predviđeno da osmatranja vodostaja traje jednu godinu i da se za to vrijeme izvrši po 12 hidrometrijskih mjerenja. Međutim, na završetku istražnog perioda broj realizovanih mjerenja bio je znatno manji, dok za neke profile nismo imali ni godinu dana osmatranja vodostaja. Najdrstičniji je primjer vodotoka Koritnik gdje imamo samo 158 dana sa osmotrenim vodotocima. Dijelom godine, u ljetnjim mjesecima ovaj vodotok presušuje dok za vrijeme zimskim mjesecima, vjerovatno zbog niskih temperatura, urđaj nije registrovao nivoe vode.

Takođe, pokrivenost amplitude vodostaja je jako mala, uglavnom se kreće oko 30%, izuzev za vodotok Raštak koji je pokriven sa mjerenjima čak 80% i Morače u profilu Zalom sa 58% pokrivenosti amplitude vodostaja.

Na osnovu ovako oskudnih podataka, trebalo je sastaviti bilans za osmatrani period i dati osnovne obrade koje mogu poslužiti kao podloge za proračun snage i energije ovih tokova.

Jasno je da se u ovakvoj situaciji, gdje smo imali kratak period obrade, malu pokrivenost amplitude vodostaja, i prevashodno loš izbor profila koji nijesu omogućavali vršenje mjerenja uvijek na istom mjestu, moralo odstupiti od nekih osnovnih pravila prilikom hidrološke obrade. U prvom redu se to odnosi na ekstrapolaciju krive protoka za koju obrađivači nijesu imali osnovnih elemenata upravo iz gore navedenih razloga.

Zato se pribjeglo određivanju velikih voda preko veličina koje su nam bile dostupne, veličina sliva i moguće maksimalnog oticaja u njemu određeno na osnovu obližnjih istraženih vodotoka.

Zbog svega navedenog, preporuka obrađivača ovog rada bila bi da se za eventualno, buduće korišćenje ovih vodotoka za hidroenergetske svrhe oni obavezno dodatno istraže u cilju što tačnijeg određivanja njihovog bilansa.

Osnovni koncept ove obrade sastojao se od detaljnog prikaza fizičko geografskih karakteristika sliva i vodotoka sa izradom hipsometrijske krive sliva, podužnog profila vodotoka, i to podužnog profila od izvora do mjernog profila kao i podužnog profila čitavog vodotoka kako bi se lakše odredio optimalni pad buduće male hidroelektrane.

Nakon prikaza fizičkogeografskih karakteristika data je kriva protoka, njena funkcionalna zavisnost i proračun dnevnih proticaja preko krive proticaja i dnevnih vodostaja.

Na osnovu dnevnih protoka urađena je kriva trajanja, određeno trajanje srednjeg godišnjeg protoka i dat tabelarni prikaz ostalih karakterističnih trajanja.

U nastavku dajemo tabelarni prikaz vodotoka koji su obrađeni u ovom radu sa brojem izvršenih mjerenja i periodom obrade.

rb	Naziv stanice	Vodotok	Red pritoke	Sliv	Površina sliva	Broj izvršenih mjerenja
1	Zalom	Morača	Osnovni vodotok	Morače	10,1	10
2	Raskrsnica	Javorski p.	I, (lijeva pritoka)	Morače	9,24	7
3	Raštak	Raštak	I, (lijeva pritoka)	Morače	4,95	9
4	Đurdevina	Koštanica	I, (lijeva pritoka)	Morače	19,3	9
5	Provalija	Koritnik	II, (lijeva pritoka)	Ćehotina	10,0	7
6	Rađevići	Vojtilska	I, (desna pritoka)	Ćehotina	16,6	7
7	Puzići	Buna	I, (desna pritoka)	Ćehotina	7,0	8
8	Dacići	Crnja	I, (desna pritoka)	Ibra	28,4	12

## Pregled parametara hidrografskih i fizičkogeografskih karakteristika slivova

Ovi pokazatelji su odraz prostornog, topografskog i reljefnog položaja odabranih lokacija, sa parametrima koji se koriste kao ulazni podaci za regionalnu analizu određivanja homogenosti režima oticanja u slivovima i sprovođenja unificiranih postupaka za njihovu obradu.

1. Površina sliva -----	F (km <sup>2</sup> )
2. Dužina toka -----	L <sub>t</sub> (km)
3. Dužina sliva -----	L <sub>s</sub> (km)
4. Obim sliva -----	S (km)
5. Srednja širina sliva -----	B = F/L <sub>s</sub> ( km )
6. Pravolinijska udaljenost izvor – ušće -----	L <sub>i</sub> (km)
7. Pravolinijska udaljenost težišta sliva od ušća -	U <sub>t</sub> (km)
8. Koeficijent razvijenosti vododjelnice -----	K <sub>s</sub>
9. Koeficijent izduženja sliva -----	K <sub>σ</sub>
10. Koeficijent koncentracije sliva -----	K <sub>c</sub>
11. Koeficijent krivudavosti toka -----	K <sub>l</sub>
12. Maksimalna visina sliva -----	H <sub>max</sub> (mnm)
13. Minimalna visina sliva -----	H <sub>min</sub> (mnm)
14. Srednji pad sliva -----	I <sub>sr</sub> (%)
15. Maksimalni pad kosine doline -----	I <sub>max</sub> (%)
16. Srednja nadmorska visina sliva -----	H <sub>sr</sub> (mnm)
17. Srednja nadmorska razlika sliva -----	ΔH (m)
18. Uravnati pad toka -----	I <sub>t</sub> (%)
19. Maksimalni pad toka -----	I <sub>t1</sub> (%)
20. Srednji maksimalni pad toka -----	I <sub>t2</sub> (%)

Ukratko, navešćemo neophodne postavke po kojima su isti dobijeni. Površina sliva, dužina toka, dužina sliva i obim sliva su sami po sebi jasni.

Srednja širina sliva je izvedeni parametar  $B = F/L_s$  i on predstavlja odnos površine i dužine sliva.

Koeficijent razvijenosti vododjelnice  $K_s = \frac{S}{3.54\sqrt{F}}$  je odnos obima sliva (S) prema obimu kruga koji bi imao istu površinu kao i dati sliv (S<sub>1</sub>)

$$F = r^2 \pi \rightarrow r = \sqrt{F/\pi}$$

$$S_1 = 2r \pi = 2\sqrt{F/\pi} \times \pi = 2\sqrt{F\pi} = 3.54\sqrt{F}$$

$$\text{Koeficijent izduženosti sliva } K_\sigma = \frac{l_t^2}{F}$$

$$\text{Koeficijent koncentracije sliva se računa po izrazu } K_c = \frac{2F}{S \times U_t}$$

Srednji pad sliva je takođe izvedena veličina  $I_s = \sum_{i=1}^N \frac{h_i}{\bar{s}_i} \times \frac{f_i}{F}$

$h_i$  - ekvidistanca između izohipsi

$f_i$  - površina između dvije susjedne izohipse

$\bar{s}_i$  - srednja širina pojasa između dvije izohipse

$$\bar{s}_i = \frac{f_i}{L_{sr}}; \quad L_{sr} = \frac{L_{i-1} + L_i}{2}; \quad L_{i-1}; L_i \text{ - dužina izohipse}$$

Srednja nadmorska visina sliva određuje se iz izraza:

$$H_{sr} = \frac{f_1 H_1 + f_2 H_2 + \dots + f_n H_n}{F}$$

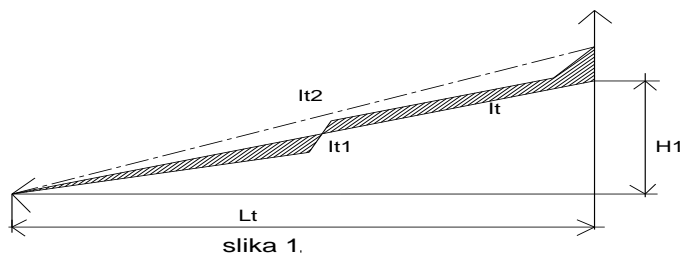
$f_1, f_2, \dots, f_n$  - površine sliva obuhvaćene između dvije izohipse,

$H_1, H_2, \dots, H_n$  - srednje nadmorske visine između dvije susjedne izohipse.

Srednja visinska razlika sliva  $\Delta H = H_{sr} - H_p$

$H_p$  - nadmorska visina ušća ili profila za koji se traži visinska razlika.

Pregled karakterističnih padova za vodotok



$$F_{\Delta} = \frac{L_t \times H_1}{2} \quad \text{iz uslova} \quad F_{\Delta} = F \rightarrow H_1 = \frac{2F}{L_t}$$

$$\text{Odnosno} \quad I_t = \frac{H_1}{L_t} \times 100 \quad (\%)$$

## Bilans voda za odabrane mjerne profile

U odabiru mjernih profila, na kojima su vršena hidrometrijska mjerenja na vodotocima za građenje mHE, obrađivači ovog rada nijesu učestvovali. Po pravilu mjerni profili su trebali biti uspostavljeni na mjestima potencijalnih vodozahvata, koji su prethodno trebali biti proanalizirani na topografskim osnovama i terenu, pa posle te analize nastojati da se one

prenesu na aktuelni vodotok i u tom reonu biraju lokaliteti za mjerna mjesta budućih vodozahvata.

Kako to nije rađeno, odabir mjernih profila su više određivali lokalni uslovi tečenja u koritima, što se uglavnom ne poklapa sa optimalnim lokoacijama vodozahvata. Treba biti objektivan i odmah istaći, da je na prave lokacije vodozahvata bilo nemoguće uvijek uspostaviti mjerni profil, jer ga jednostavno nije bilo, obzirom na bujični karakter vodotoka.

Pregledna karta slivova sa mjernim profilima, data je prilogom na strani 5.

Možda se i ranije trebalo istaći da obrađivači ovog rada nijesu imali nikakav programski sadržaj nivoa i vrste obrade ove analize, pa su prepušteni svojoj subjektivnoj procjeni šta ona treba da sadrži i kojeg će obima biti.

	Vodotok	Hidrološka stanica	Početni datum	Krajnji datum	Broj dana
1	Morača	Zalom	1.11.2009	19.04.2011	535
2	Javorski po	Raskrsnica	1.02.2010	20.04.2011	444
3	Raštak	Raštak	1.11.2009.	13.10.2010	347
4	Koštanica	Đurđevina	6.05.2010	14.12.2010	223
5	Koritnik	Provalija	1.1.2010.	31.12.2010	365
6	Vojtilska	Rađevići	1.11.2009.	27.04.2011	543
7	Buna	Puzići	18.11.2009.	26.04.2011.	525
8	Crna	Dacići	1.11.2009	30.04.2011.	546

Ovako promjenljiv ukupan broj dana od 223, pa do 546, izazvao je dilemu koji broj dana uzeti za krive trajanja, koje su odlučujuće važne za proračun proizvodnje energije, uz prethodan optimalan odabir instalisanog protoka i po njemu proistekle snage, po kojoj se potencijalne male HE svrstavaju u mikro, mini ili male hidroelektrane.

Odlučili smo se da ukupan period osmatranja svedemo na 365 dana tako što smo za početni period uvijek uzimali prvi mjesec kada su počela osmatranja na hidrološkoj stanici. Time je moguće bilo sračunati godišnju proizvodnju energije, što predstavlja standard za ovu vrstu obrade.

Za vodotoke kod kojih postoje osmatranja duže od godinu dana, proticaje koji nijesu ušli u godišnjak protoka, prikazali smo na hidrogramu koji važi za čitav period obrade. Ovo se odnosi na sve vodotoke osim Raštaka, Koštanice i Koritnika.

Bilo je to uopšteno o bilansu voda za odabrane mjerne profile, a sada ćemo u nastavku dati obrade za svaku stanicu posebno.

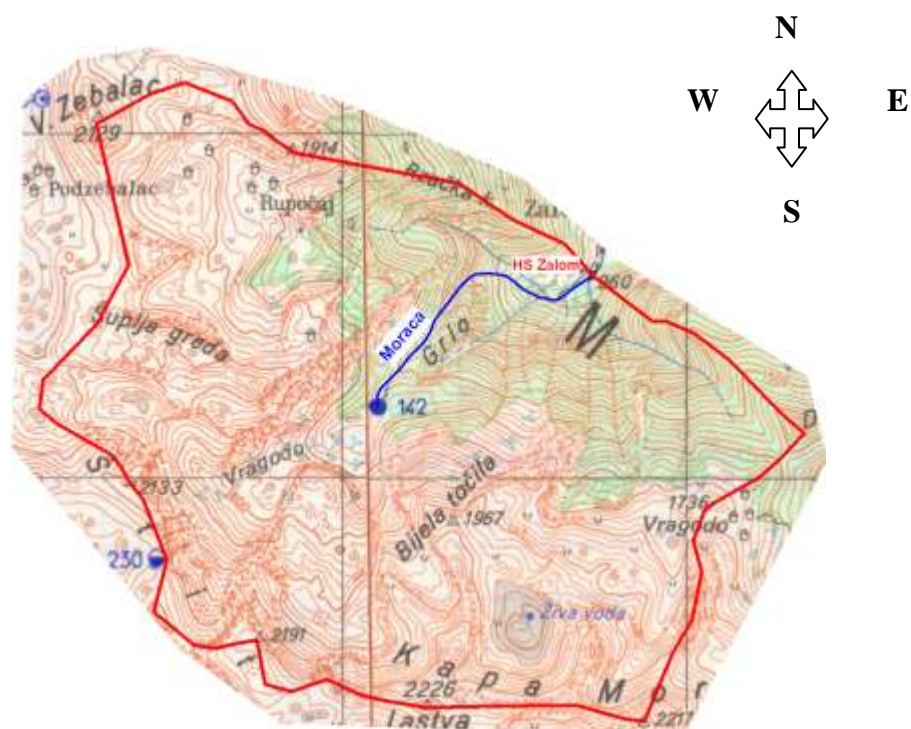
Pregledna karta slivova



**- S L I V M O R A Č E -**

**1. VODOTOK: MORAČA  
HS: ZALOM**

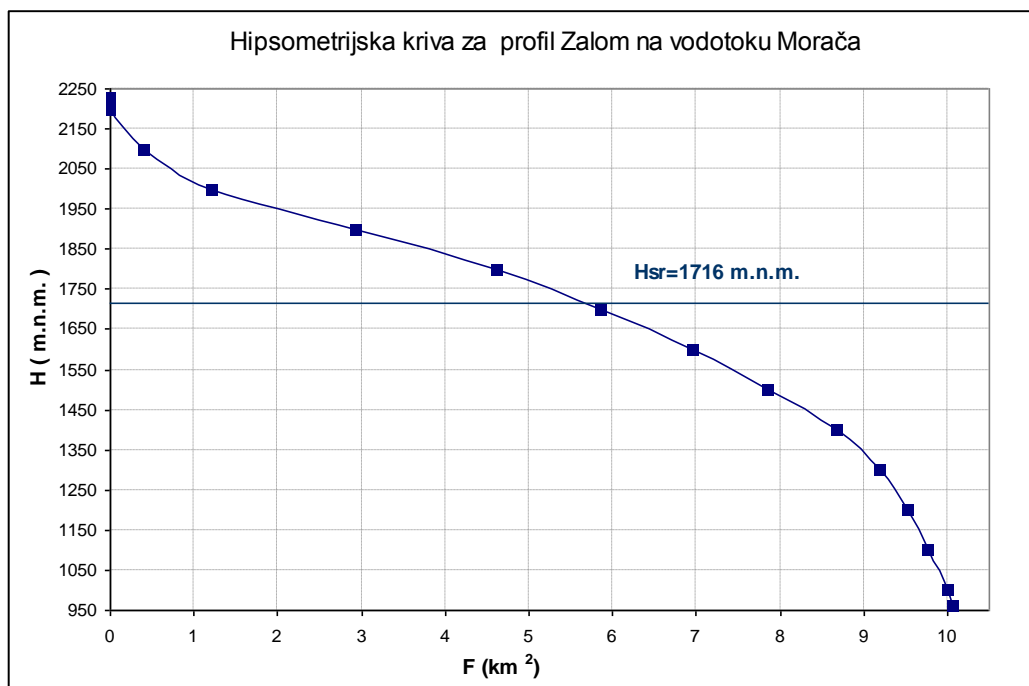
## Pregled zahvaćenog sliva vodotoka Morača



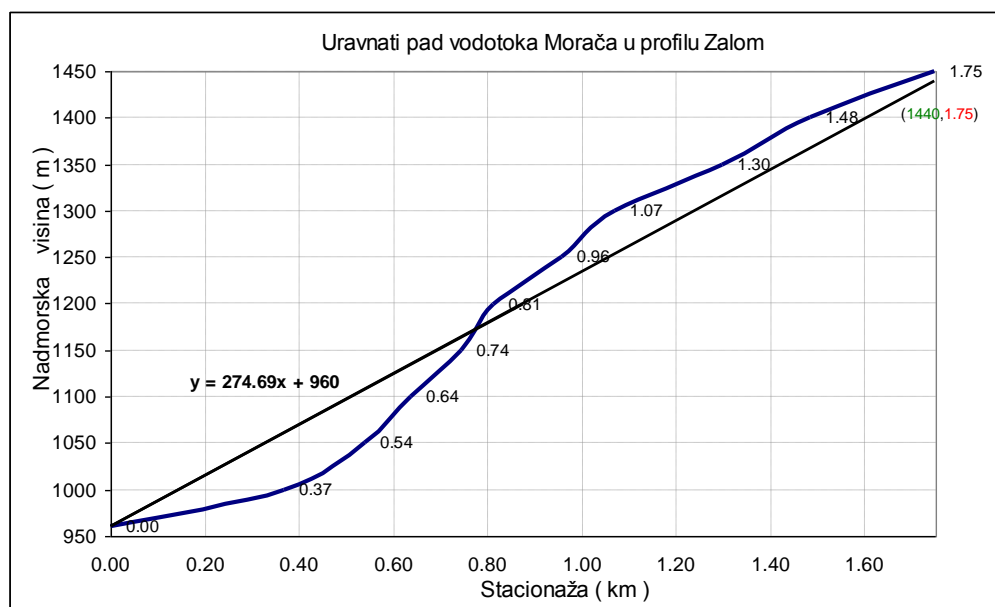
*Tabelarni pregled fizičkogeografskih karakteristika analiziranog slivnog područja*

1	Površina sliva $F$	10,1	[km <sup>2</sup> ]
2	Dužina toka $L_T$	1,75	[km]
3	Dužina sliva $L_s$	3,13	[km]
4	Obim sliva $S$	13,44	[km]
5	Srednja širina sliva $B=F/L_s$	3,23	[km]
6	Pravolinijska udaljenost izvor-ušće $L_i$	1,46	[km]
7	Pravolinijska udaljenost težišta sliva od ušća $U_T$	1,24	[km]
8	Koeficijent razvijenosti vododjelnice $K_s$	1,195	[-]
9	Koeficijent izduženja sliva $K_\sigma$	0,303	[-]
10	Koeficijent koncentracije sliva $K_c$	1,212	[-]
11	Koeficijent krivudavosti toka $K_L$	1,199	[-]
12	Maksimalna visina sliva $H_{max}$	2226	[m n. m.]
13	Minimalna visina sliva $H_{min}$	960	[m n. m.]
14	Srednji pad sliva $I_{sr}$	70,5	[%]
15	Maksimalni pad kosine doline $I_{max}$	49,7	[%]
16	Srednja nadmorska visina sliva $H_{sr}$	1716	[m n. m.]
17	Srednja visinska razlika sliva $\Delta H$	756	[m]
18	Uravnati pad toka $I_t$	27,5	[%]
19	Maksimalni pad toka $I_{t1}$	75,4	[%]
20	Srednji maksimalni pad toka $I_{t2}$	28,0	[%]

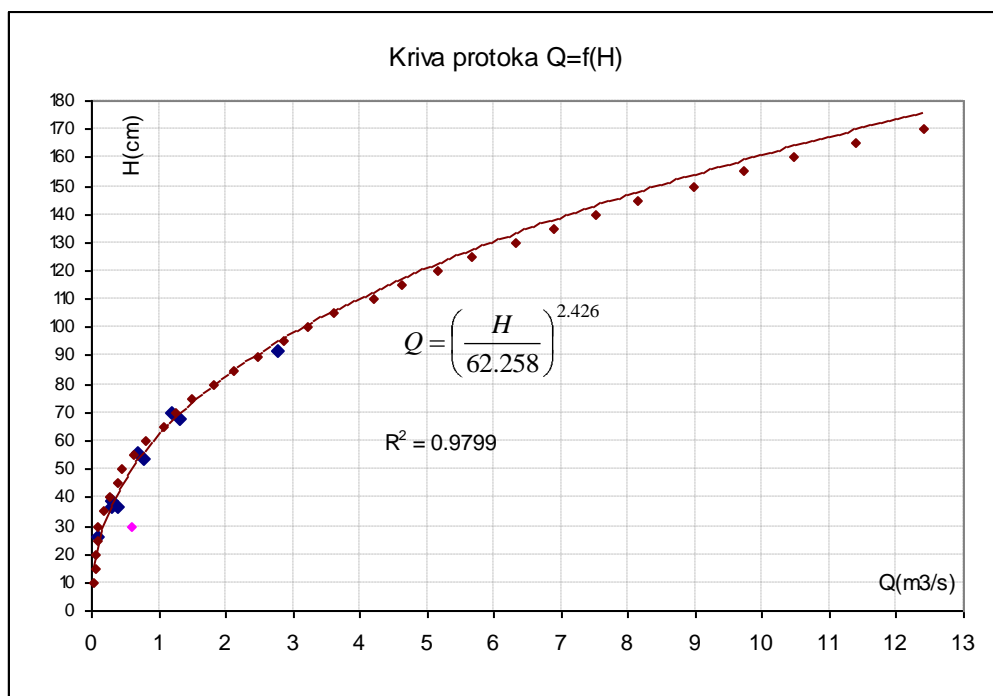
Sliv Morače do HS Zalom je opšteg pravougaonog oblika. To podrazumijeva sporu koncentraciju, dugotrajno oticanje i relativno dugo trajanje velikih voda. Glavne fizičkogeografske karakteristike sliva za profil HS Zalom date su u gornjoj tabeli. Ovom profilu kao što se vidi pripada površina od 10,1 km<sup>2</sup>, dužina toka do posmatranog profila je 1,75km, dužina sliva 3,13 km, srednja širina sliva 3,23 km, maksimalna visina sliva 2226 mmm a minimalna 960 mmm. Srednji pad sliva je 70,5%, dok je srednja nadmorska visina 1716 mmm, a uravnati pad toka je 27,5%. Maksimalni pad toka je 75,4% i td.



Srednja nadmorska visina sliva od 1716mm ili veća od nje čini oko 55% ukupne površine analiziranog sliva Morače u profilu "Zalom".



Dužina vodotoka uzvodno od hidrometrijskog profila je 1,75 km, a jednačina uravnatog pada toka je  $H=274,69 L + 960$  (mm)



Kriva protoka je stepena funkcija  $Q = \left( \frac{H}{62.258} \right)^{2.426}$ . Pokrivenost amplitude vodostaja je 58% što je respektabilno.

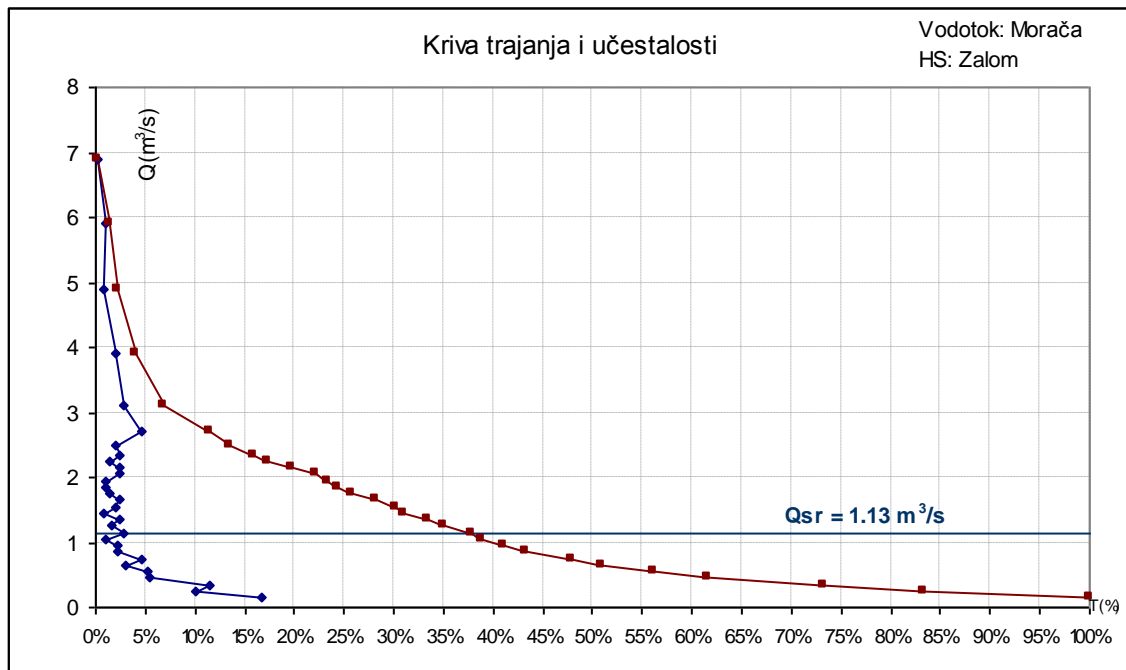
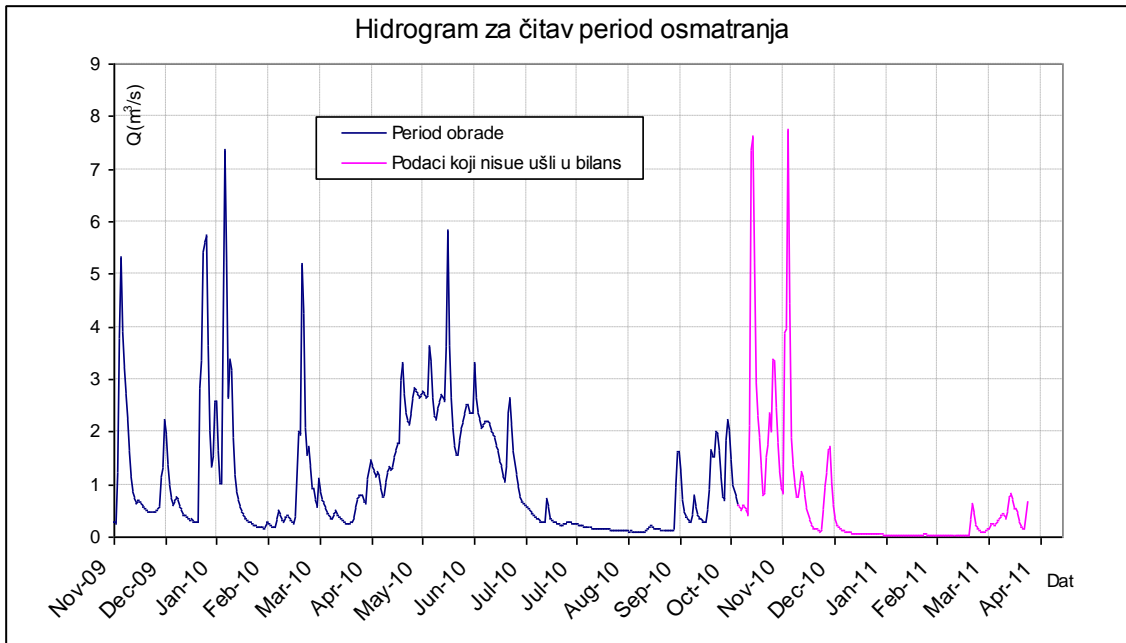
Kriva je ekstarpolovana prema postupku koji je objašnjen u uvodu. Taj postupak je prihvaćen uprkos činjenici da je broj izvršenih hidrometrijskih mjerenja previše skroman.

Period obrade sa proticajima je jedna kalendarska godina novembar 2009-oktobar 2010. Najvodniji mjeseci su april, maj i jun a najsušniji jul, avgust i septembar. Špic velike vode je iznosio  $9,71 \text{ m}^3/\text{s}$  na dan 06.01.2010. uz srednje dnevni protok za taj dan od  $7,38 \text{ m}^3/\text{s}$ . Špic velike vode je bio veći od srednje dnevnog proticaja za 24%. Srednji godišnji protok je iznosio  $1,13 \text{ m}^3/\text{s}$  uz specifični modul oticaja od  $111,9 \text{ lit/s km}^2$ .

## Pregled proticaja

Vodotok: Morača  
HS: Zalom

	2009				2010							
	nov	dec	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	aug	sep	oct
1	0.302	1.327	2.576	0.264	0.587	1.47	2.714	3.309	0.587	0.23	0.109	0.479
2	0.283	2.25	2.576	0.214	1.109	1.327	2.785	2.645	0.532	0.214	0.109	0.384
3	0.283	1.949	1.621	0.199	0.877	1.237	2.714	2.377	0.505	0.214	0.109	0.342
4	0.264	1.374	1.028	0.184	0.707	1.151	2.645	2.25	0.454	0.199	0.109	0.302
5	1.237	0.989	1.028	0.184	0.645	1.237	2.714	2.066	0.407	0.199	0.109	0.283
6	3.801	0.74	7.384	0.342	0.532	1.151	3.633	2.126	0.384	0.184	0.109	0.454
7	5.315	0.616	5.211	0.505	0.454	0.913	3.309	2.187	0.363	0.184	0.109	0.806
8	3.887	0.707	2.645	0.407	0.407	0.773	2.645	2.187	0.342	0.17	0.109	0.587
9	3.231	0.773	3.388	0.321	0.363	0.806	2.313	2.187	0.302	0.17	0.12	0.43
10	2.714	0.707	3.154	0.302	0.363	1.068	2.25	2.126	0.302	0.17	0.144	0.363
11	2.25	0.587	1.892	0.384	0.454	1.237	2.442	2.007	0.283	0.157	0.199	0.342
12	1.621	0.505	1.194	0.407	0.505	1.327	2.576	1.949	0.302	0.157	0.214	0.302
13	1.151	0.43	0.877	0.384	0.43	1.282	2.714	1.892	0.74	0.157	0.199	0.283
14	0.877	0.407	0.707	0.321	0.384	1.327	2.576	1.726	0.559	0.157	0.17	0.302
15	0.74	0.384	0.559	0.283	0.342	1.519	3.633	1.621	0.363	0.144	0.157	0.532
16	0.645	0.342	0.479	0.264	0.321	1.673	5.849	1.421	0.321	0.144	0.144	0.913
17	0.707	0.321	0.407	0.43	0.283	1.78	3.633	1.327	0.302	0.144	0.144	1.673
18	0.676	0.342	0.363	2.007	0.264	1.78	2.645	1.151	0.283	0.144	0.132	1.519
19	0.645	0.302	0.321	1.949	0.264	3.003	2.066	1.068	0.264	0.132	0.132	1.519
20	0.587	0.302	0.302	5.211	0.264	3.309	1.726	1.374	0.247	0.132	0.132	2.007
21	0.532	0.283	0.283	4.242	0.283	2.714	1.569	2.377	0.23	0.132	0.132	1.949
22	0.505	0.302	0.247	2.066	0.302	2.377	1.569	2.645	0.23	0.132	0.132	1.621
23	0.479	2.856	0.23	1.569	0.384	2.187	1.835	2.126	0.247	0.132	0.132	1.151
24	0.479	3.388	0.214	1.726	0.559	2.126	2.066	1.621	0.247	0.12	0.12	0.773
25	0.479	5.419	0.199	1.327	0.74	2.377	2.187	1.194	0.283	0.12	0.157	0.707
26	0.479	5.632	0.184	0.913	0.806	2.645	2.377	0.951	0.302	0.12	0.951	1.835
27	0.505	5.74	0.184	0.913	0.806	2.856	2.509	0.773	0.283	0.12	1.621	2.25
28	0.532	3.633	0.184	0.707	0.806	2.785	2.509	0.676	0.247	0.12	1.621	2.007
29	0.616	2.007	0.17		0.676	2.714	2.377	0.645	0.247	0.12	1.237	1.47
30	1.151	1.327	0.184		0.645	2.645	2.377	0.616	0.247	0.109	0.707	0.989
31		1.569	0.302		1.109		2.377		0.247	0.12		0.773
max	8.434	8.99	9.714	8.03	1.519	3.716	6.65	3.716	0.877	0.247	1.673	2.313
dat	7	25	6	20	31	20	16	1	13	1	27	27
sred	1.232	1.533	1.293	1.001	0.538	1.827	2.624	1.754	0.343	0.153	0.319	0.947
min	0.247	0.264	0.170	0.184	0.264	0.740	1.519	0.587	0.230	0.109	0.099	0.283
dat	4	21	30	5	19	8	21	30	21	30	7	5
Qmax = 9.71				Qsr = 1.13				Qmin = 0.099				
dat 6.01.2010								dat 07.10.2010				

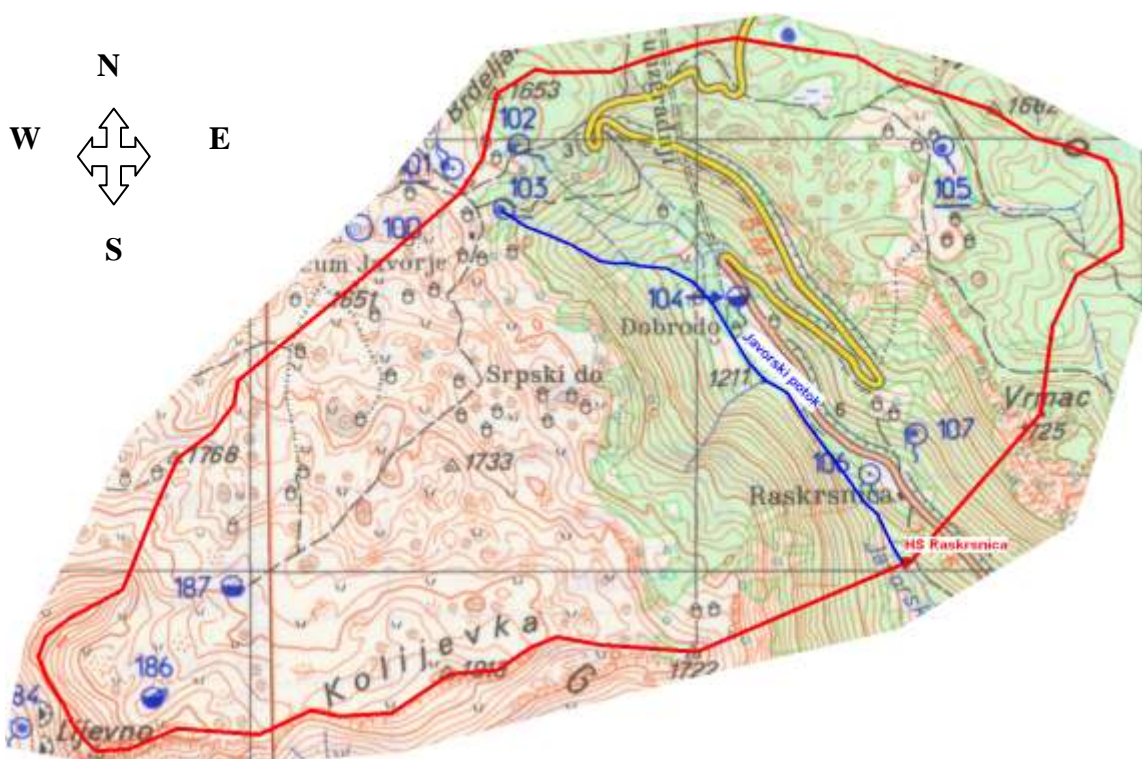


Kriva trajanja predstavlja trajanje koliko je dana godišnje analizirani proticaj bio dostignut i bio prevaziđen. Prevazilaženje srednjeg godišnjeg protoka je postignuto u 38% slučajeva ili 139 dana. Trajanje karakterističnih protoka tokom godine je iznosilo:

Trajanje(%)	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%
Protok (m <sup>3</sup> /s)	3.70	2.80	2.40	2.15	1.85	1.50	1.15	0.92	0.76	0.55
Trajanje (%)	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%
Protok (m <sup>3</sup> /s)	0.5	0.45	0.38	0.32	0.28	0.25	0.20	0.18	0.15	0.10

**2. VODOTOK: JAVORSKI POTOK  
HS: RASKRSNICA**

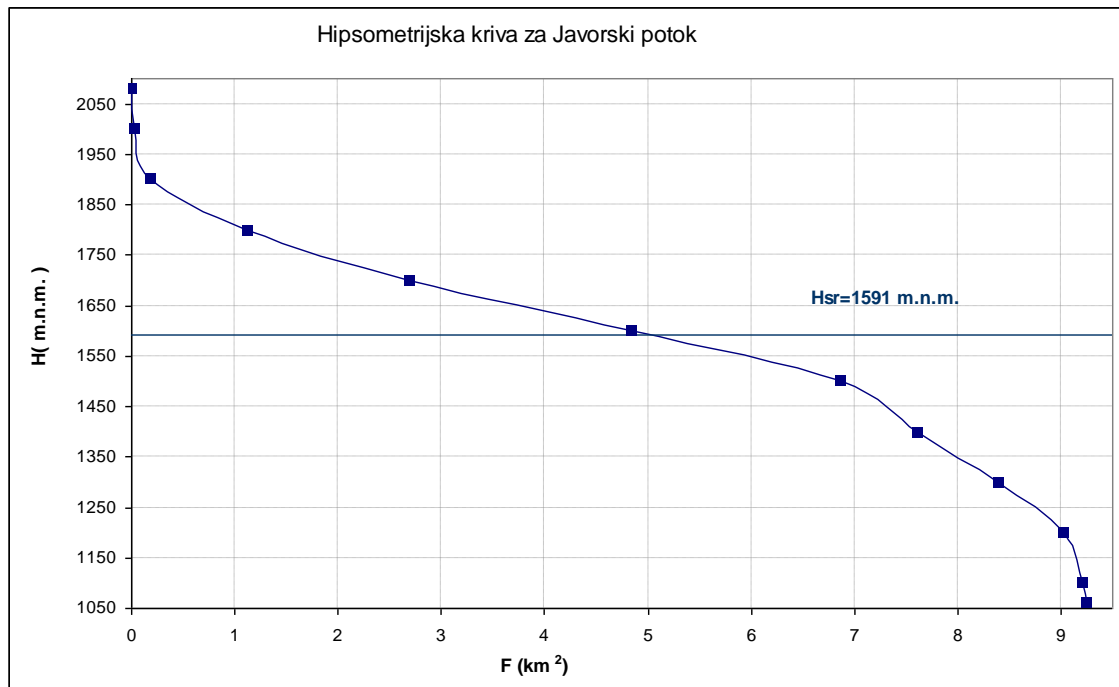
## Pregled zahvaćenog sliva vodotoka Javorski potok



Tabelarni pregled fizičkogeografskih karakteristika analiziranog slivnog područja

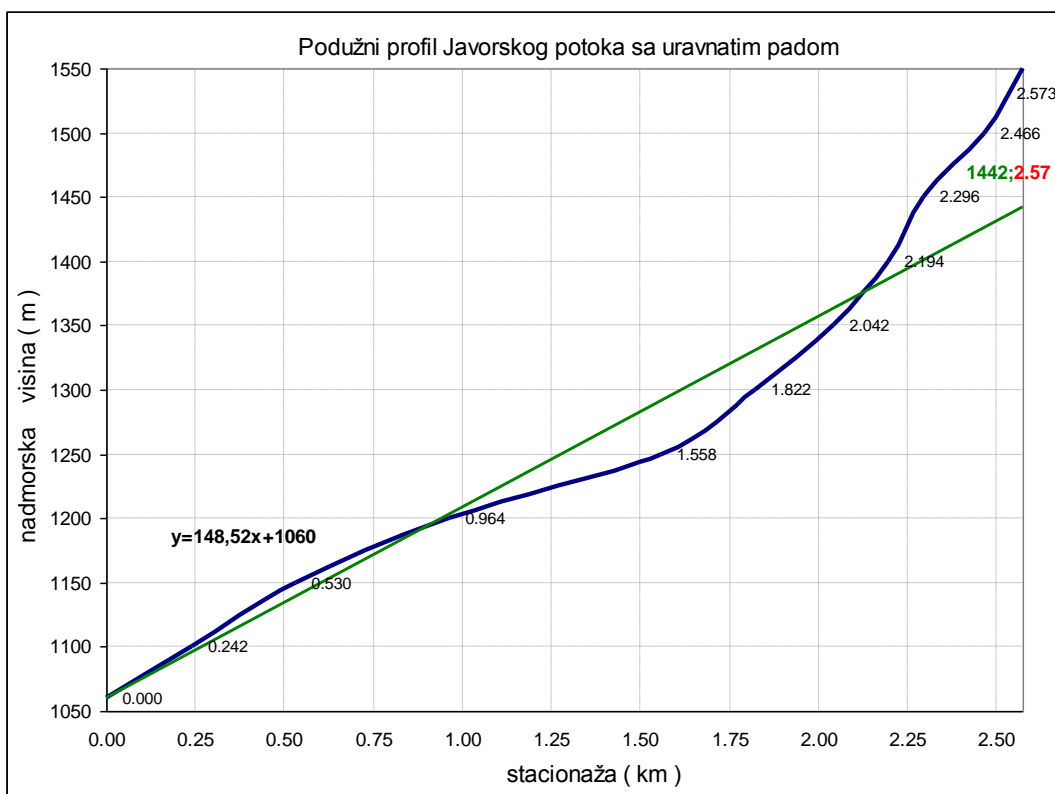
1	Površina sliva $F$	9,24	[km <sup>2</sup> ]
2	Dužina toka $L_T$	2,57	[km]
3	Dužina sliva $L_s$	2,76	[km]
4	Obim sliva $S$	12,97	[km]
5	Srednja širina sliva $B=F/L_s$	3,35	[km]
6	Pravolinijska udaljenost izvor-ušće $L_i$	2,427	[km]
7	Pravolinijska udaljenost težišta sliva od ušća $U_T$	1,641	[km]
8	Koeficijent razvijenosti vododjelnice $K_s$	1,205	[-]
9	Koeficijent izduženja sliva $K_\sigma$	0,715	[-]
10	Koeficijent koncentracije sliva $K_c$	0,868	[-]
11	Koeficijent krivudavosti toka $K_L$	1,059	[-]
12	Maksimalna visina sliva $H_{max}$	2081	[m n. m.]
13	Minimalna visina sliva $H_{min}$	1060	[m n. m.]
14	Srednji pad sliva $I_{sr}$	36,1	[%]
15	Maksimalni pad kosine doline $I_{max}$	33,65	[%]
16	Srednja nadmorska visina sliva $H_{sr}$	1591	[m n. m.]
17	Srednja visinska razlika sliva $\Delta H$	531	[m]
18	Uravnati pad toka $I_t$	14,8	[%]
19	Maksimalni pad toka $I_{t1}$	48,7	[%]
20	Srednji maksimalni pad toka $I_{t2}$	19,07	[%]

Površina sliva do HS Raskrsnica za Javorski potok je 9,24 km<sup>2</sup>, dužina toka 2,57 km, srednja širina sliva 3,35 km, minimalna visina sliva 1060 mm; maksimalna visina sliva 2081 mm. Srednji pad sliva je 36,1% ,srednja nadmorska visina sliva 1591 mm, uravnati pad toka 14,8%, maksimalni pad toka 48,7% itd.

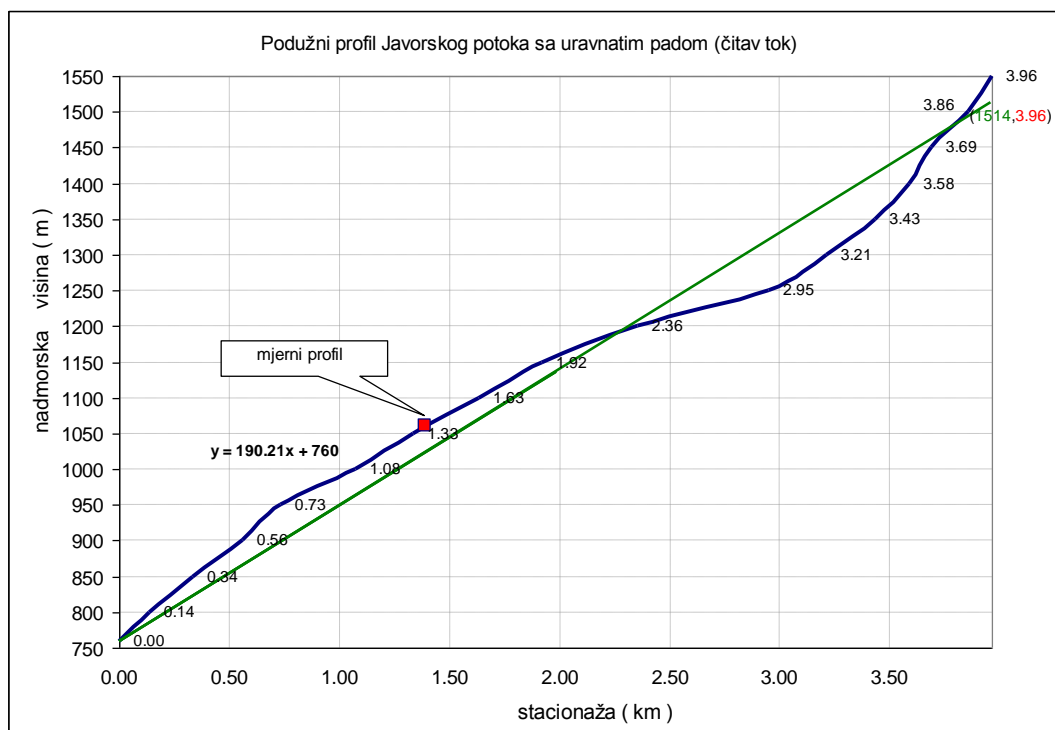


Srednja nadmorska visina sliva od 1591mm čini oko 50% ukupne površine analiziranog sliva Javorskog potoka.

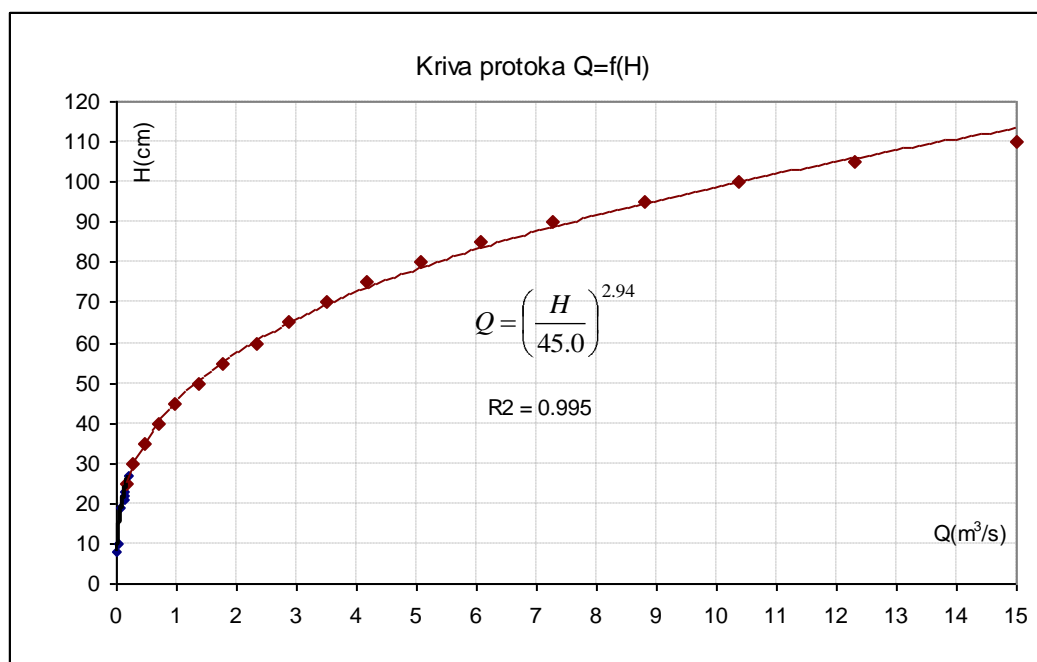
Sliv je lepezast, koncentracija nagla, mjerodavni intenziteti vrlo veliki a otjecanje kratkotrajno.



Na prethodnoj slici prikazan je uravnati pad toka od 14,8% za dio vodotoka Javorski potok uzvodno od hidrometrijskog profila "Raskrsnica". Dužina ovog dijela vodotoka je 2,57 km.



Na gornjoj slici prikazan je uravnati pad čitavog toka Javorskog potoka kao lijeve pritoke Morače uzvodno od Ljevišta. Dužina čitavog toka je 3,86 km, a jednačina uravnatog pada za čitav vodotok je  $H=190,21 L + 760$  (mm)



Kriva protoka je stepena funkcija  $Q = \left(\frac{H}{45.0}\right)^{2.94}$  za period 01.02.2009. - 01.01.2010.

Pokrivenost krive proticaja hidrometrijskim mjerenjima po amplitudi vodostaja je svega 25% što je ispod svakog minimuma, te se vodotok može smatrati samo približno istraženim. Ovdje ne može biti riječi o nikakvom postupku za ekstrapolaciju krive protoka, naime izmjereno je manje od 200 lit/sec, a po parametrima sliva maksimalne vode mogu ići i do 15 m<sup>3</sup>/s. Ukupan broj izvršenih mjerenja je 7 što je premalo za bilo kakvu sigurniju analizu.

Obrada je izvršena za jednu kalendarsku godinu, jedanaest (11) mjeseci 2009 i januar 2010. Najvodniji mjeseci su april, maj i novembar i decembar a najsušniji jul, avgust i septembar 2010.god. i januar 2011.god. Špic talasa velike vode od 13,8 m<sup>3</sup>/s je registrovan 01.12.2010. uz srednje dnevni protok za taj dan od 7,18 m<sup>3</sup>/s. Špic velike vode je bio veći od srednje dnevnog proticaja za 48 %. Srednji godišnji protok je iznosio 0.282 m<sup>3</sup>/s uz specifični modul oticaja od 30.5 lit/s km<sup>2</sup> i može se prihvatiti sa velikom rezervom, ipak spremni smo konstatovati da je precijenjen.

### Pregled proticaja

Vodotok: Javorski potok

HS: Raskrsnica

2010

2011

	feb	mar	apr	may	jun	jul	aug	sep	oct	nov	dec	jan
1	0.021	0.199	0.477	0.707	0.656	0.057	0.00	0.006	0.057	0.122	7.180	0.139
2	0.021	0.334	0.438	0.707	0.303	0.048	0.00	0.006	0.048	0.106	5.627	0.122
3	0.016	0.303	0.402	0.707	0.275	0.040	0.00	0.006	0.040	0.092	1.529	0.106
4	0.016	0.248	0.402	0.656	0.248	0.032	0.00	0.006	0.026	0.092	0.816	0.092
5	0.016	0.223	0.402	0.760	0.178	0.026	0.00	0.006	0.021	0.079	0.477	0.092
6	0.016	0.178	0.334	1.136	0.178	0.026	0.00	0.006	0.021	0.079	0.334	0.079
7	0.016	0.157	0.275	0.608	0.157	0.021	0.00	0.006	0.026	0.068	0.608	0.068
8	0.012	0.122	0.248	0.438	0.157	0.021	0.00	0.006	0.026	0.936	0.874	0.068
9	0.012	0.122	0.248	0.402	0.157	0.016	0.00	0.006	0.026	2.688	0.936	0.057
10	0.012	0.106	0.303	0.438	0.139	0.016	0.00	0.006	0.021	2.688	0.438	0.048
11	0.012	0.092	0.334	0.519	0.122	0.012	0.00	0.006	0.016	1.529	0.275	0.048
12	0.009	0.079	0.334	0.608	0.122	0.012	0.00	0.006	0.016	0.519	0.223	0.048
13	0.009	0.068	0.367	0.519	0.106	0.012	0.00	0.006	0.012	0.303	0.223	0.048
14	0.009	0.057	0.477	0.402	0.092	0.012	0.00	0.006	0.012	0.223	0.199	0.040
15	0.006	0.057	0.608	1.066	0.079	0.009	0.00	0.006	0.026	0.178	0.178	0.040
16	0.006	0.048	0.608	2.445	0.068	0.009	0.00	0.006	0.068	0.157	0.139	0.040
17	0.009	0.048	0.608	1.000	0.068	0.009	0.00	0.006	0.122	0.199	0.139	0.040
18	0.139	0.040	0.608	0.519	0.057	0.009	0.00	0.006	0.106	0.275	0.122	0.040
19	0.248	0.040	1.362	0.367	0.057	0.006	0.00	0.006	0.139	0.438	0.106	0.040
20	1.362	0.040	0.936	0.275	0.079	0.006	0.00	0.006	0.157	0.402	0.139	0.040
21	1.000	0.048	0.608	0.223	0.477	0.006	0.00	0.006	0.199	0.275	0.367	0.040
22	0.438	0.068	0.656	0.275	0.223	0.006	0.00	0.006	0.139	1.362	0.760	0.040
23	0.334	0.139	0.608	0.334	0.157	0.00	0.00	0.006	0.122	0.874	1.066	0.040
24	0.367	0.248	0.707	0.303	0.157	0.00	0.00	0.006	0.106	0.438	2.108	0.040
25	0.334	0.402	0.707	0.334	0.139	0.00	0.00	0.009	0.139	0.303	1.444	0.032
26	0.275	0.519	0.816	0.334	0.122	0.00	0.00	0.157	0.519	0.248	0.562	0.032
27	0.248	0.519	0.707	0.303	0.106	0.00	0.00	0.106	0.402	0.223	0.334	0.032
28	0.223	0.519	0.656	0.275	0.092	0.00	0.006	0.122	0.199	0.248	0.275	0.026
29		0.402	0.656	0.275	0.079	0.00	0.006	0.092	0.157	1.708	0.223	0.026
30		0.367	0.656	0.248	0.068	0.00	0.006	0.079	0.157	1.617	0.199	0.026
31		0.438		0.334		0.00	0.006		0.139		0.157	0.021
max	1.803	0.608	1.444	3.082	1.362	0.057	0.006	0.519	0.816	5.627	13.84	0.157
dat	20	26	19	16	1	1	27	26	26	30	1	1
sred	0.185	0.201	0.552	0.565	0.164	0.014	0.004	0.024	0.105	0.616	0.905	0.053
min	0.006	0.04	0.248	0.178	0.048	0.0	0.00	0.006	0.012	0.057	0.092	0.021
dat	15	17	7	30	18	22	1	1	13	7	19	31

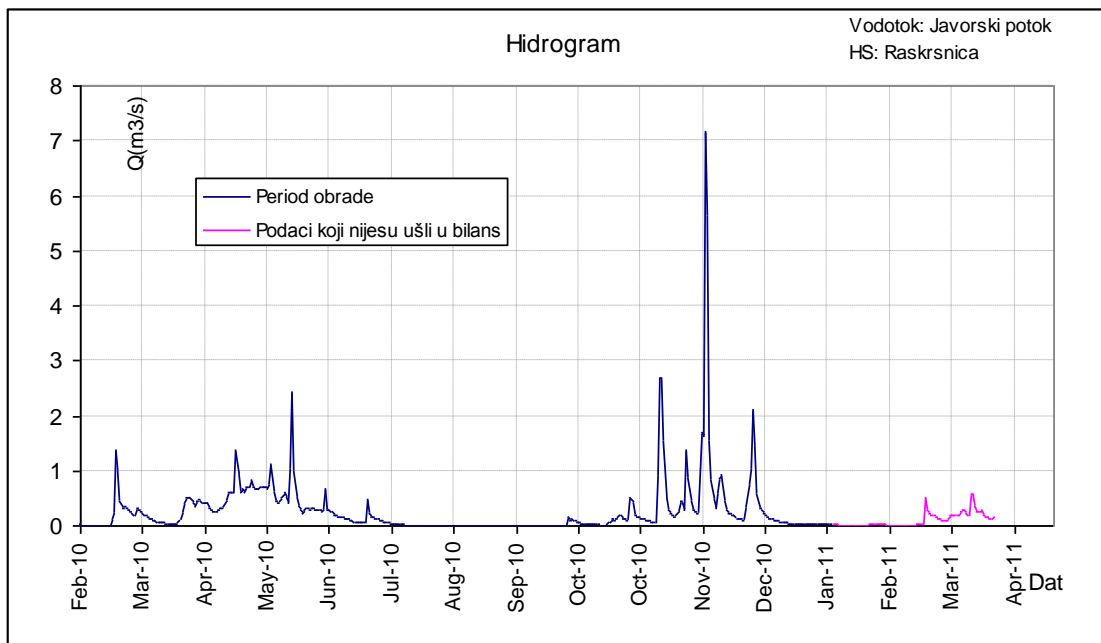
Qmax = 13.8

Qsr = 0.282

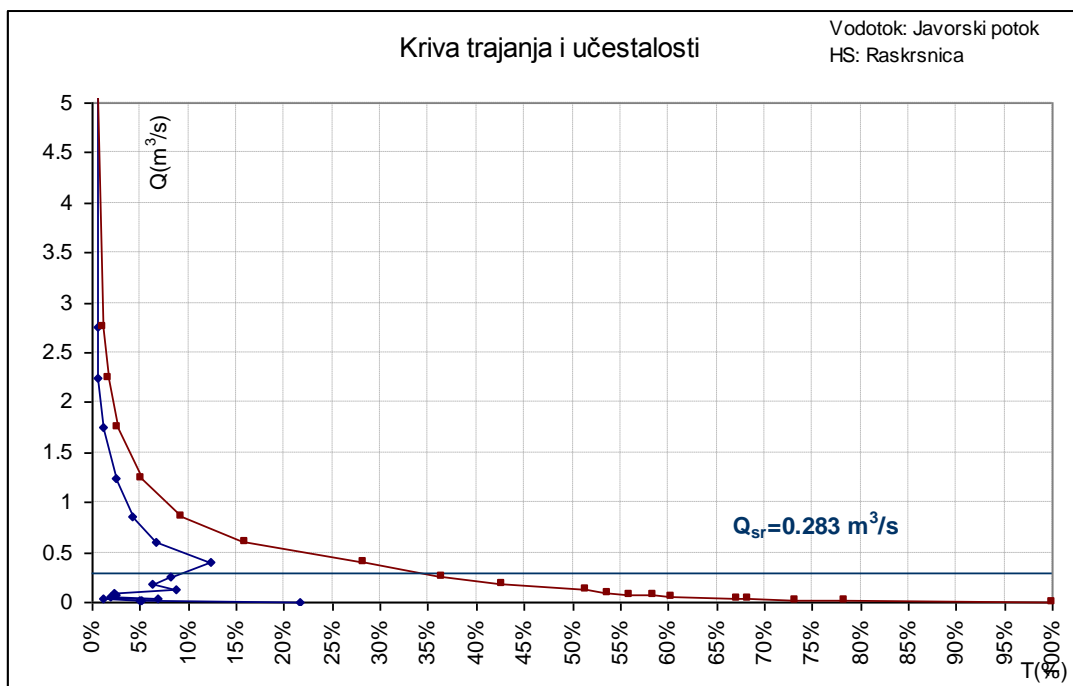
Qmin = 0

dat 1.12.2010

dat 22.07.2010



Kriva trajanja je tipičan predstavnik za bujičarski vodotok prema kojem srednji godišnji protok bude dostignut ili prevaziđen u trajanju od 34% ili 124 dana godišnje.

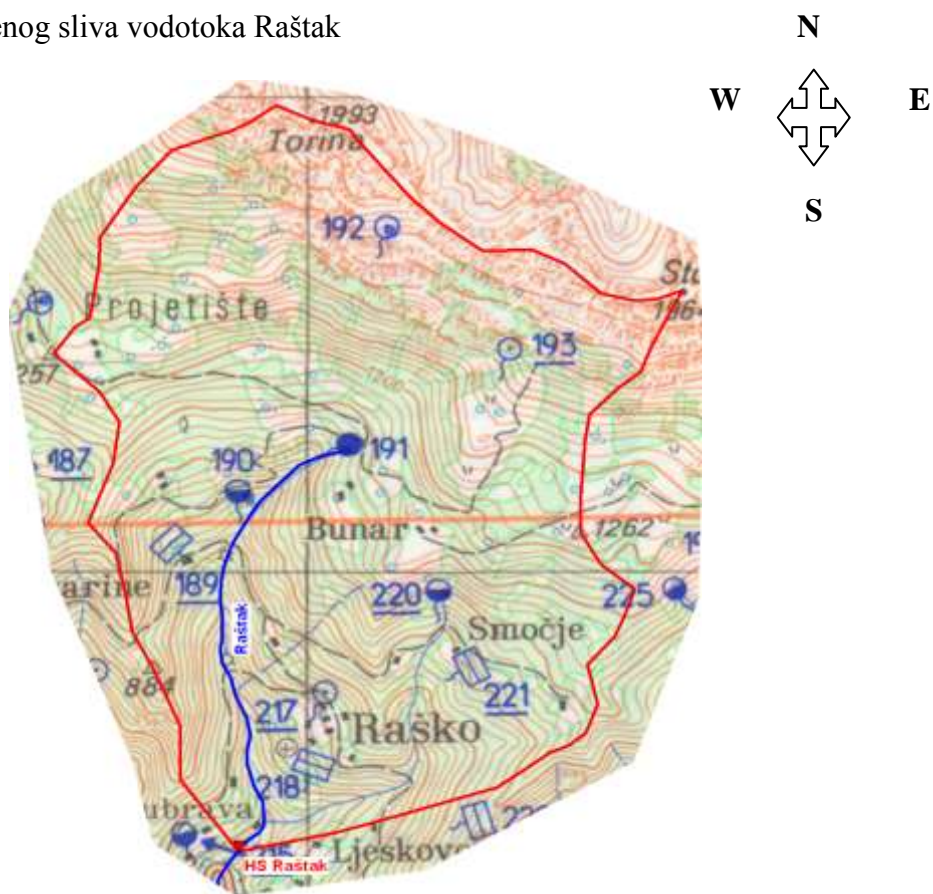


Trajanje karakterističnih protoka sa krive trajanja je iznosilo:

Trajanje(%)	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%
Protok (m3/s)	1.30	0.85	0.65	0.50	0.44	0.38	0.33	0.28	0.26	0.24
Trajanje (%)	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%
Protok (m3/s)	0.2	0.14	0.09	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	0.01	0.004

**3. VODOTOK: RAŠTAK**  
**HS: RAŠTAK**

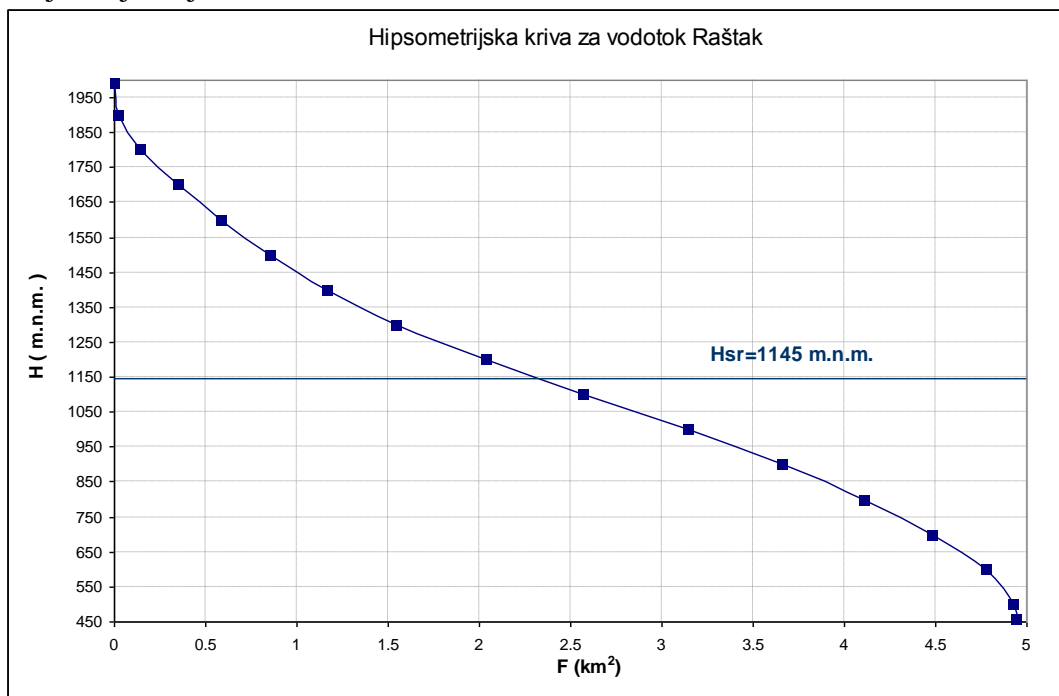
## Pregled zahvaćenog sliva vodotoka Rašak



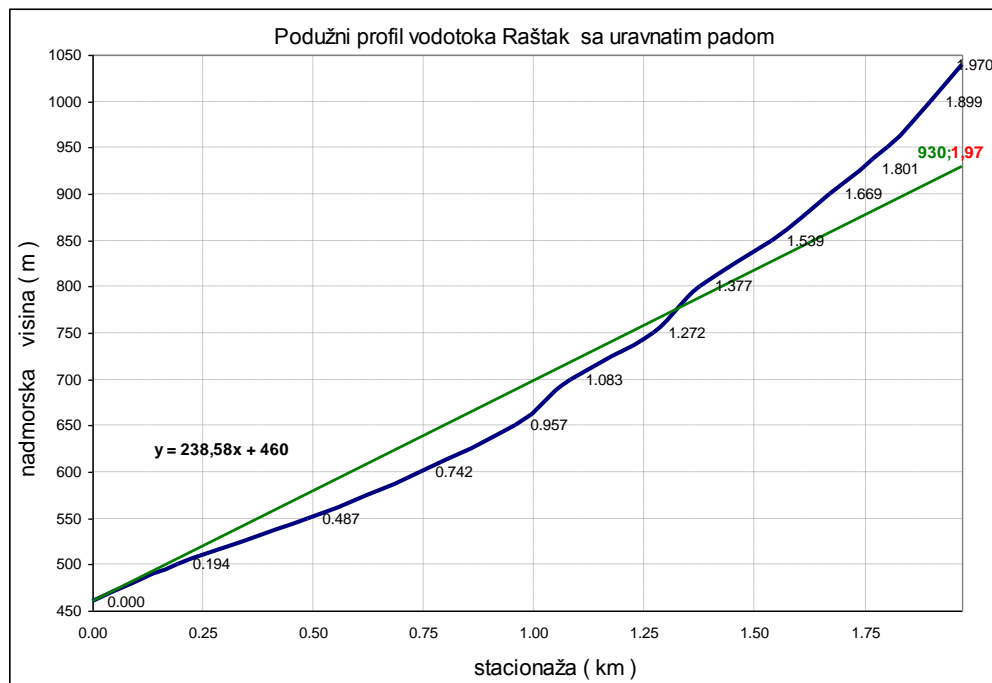
*Tabelarni pregled fizičkogeografskih karakteristika analiziranog slivnog područja*

1	Površina sliva $F$	4,95	[km <sup>2</sup> ]
2	Dužina toka $L_T$	1,97	[km]
3	Dužina sliva $L_s$	3,12	[km]
4	Obim sliva $S$	9,35	[km]
5	Srednja širina sliva $B=F/L_s$	1,59	[km]
6	Pravolinijska udaljenost izvor-ušće $L_i$	1,72	[km]
7	Pravolinijska udaljenost težišta sliva od ušća $U_T$	1,64	[km]
8	Koeficijent razvijenosti vododjelnice $K_s$	1,187	[ - ]
9	Koeficijent izduženja sliva $K_\sigma$	0,784	[ - ]
10	Koeficijent koncentracije sliva $K_c$	0,646	[ - ]
11	Koeficijent krivudavosti toka $K_L$	1,145	[ - ]
12	Maksimalna visina sliva $H_{max}$	1993	[m n. m.]
13	Minimalna visina sliva $H_{min}$	460	[m n. m.]
14	Srednji pad sliva $I_{sr}$	64,1	[%]
15	Maksimalni pad kosine doline $I_{max}$	87,6	[%]
16	Srednja nadmorska visina sliva $H_{sr}$	1145	[m n. m.]
17	Srednja visinska razlika sliva $\Delta H$	685	[m]
18	Uravnati pad toka $I_i$	23,86	[%]
19	Maksimalni pad toka $I_{i1}$	51,02	[%]
20	Srednji maksimalni pad toka $I_{i2}$	29,44	[%]

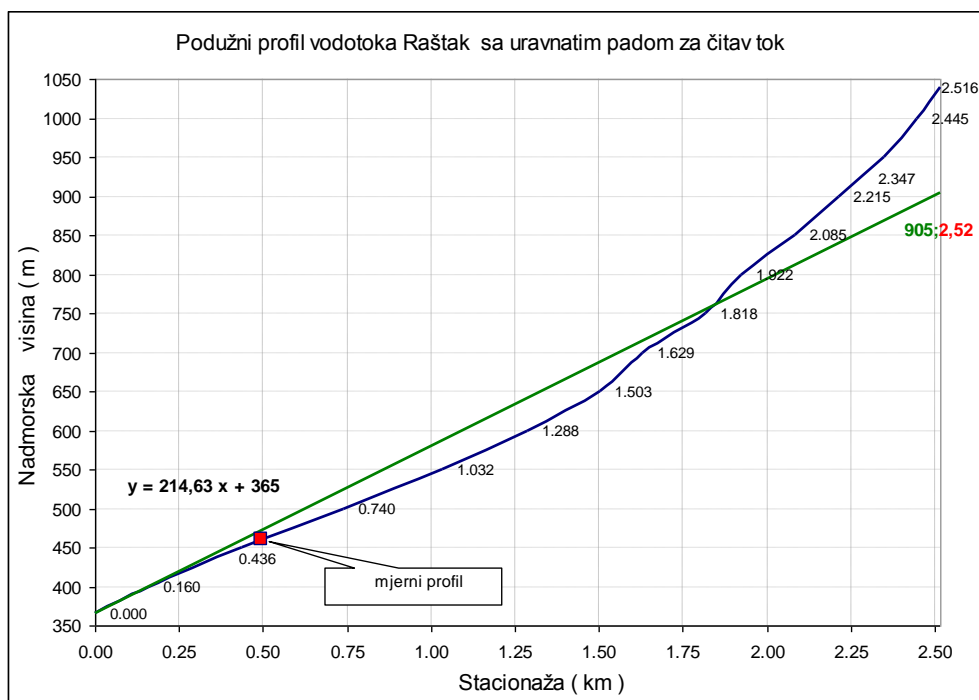
Površina sliva je 4,95 km<sup>2</sup>, dužina toka 1,97 km, srednja širina sliva 1,59 km, minimalna visina sliva 460 mm; maksimalna visina sliva 1993 mm. Srednji pad sliva je 64,1% ,srednja nadmorska visina sliva 1145 mm, uravnati pad toka 23,8% maksimalni pad toka 51,0% itd. Oblik sliva je lepezast što podrazumijeva naglu koncentraciju,velike mjerodavne intezitete i kratkotrajno otjecanje



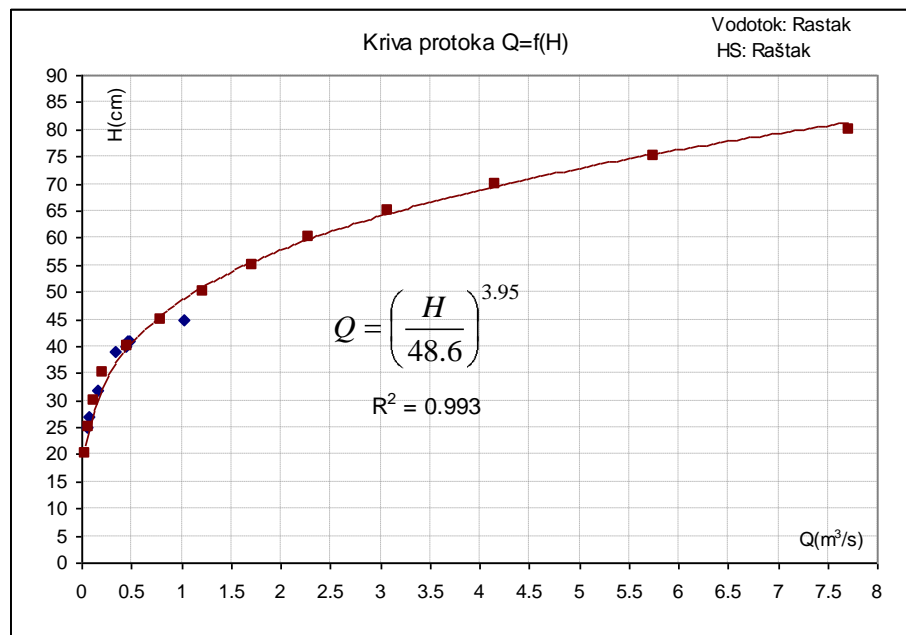
Srednja nadmorska visina sliva od 1145mm je bila dostignuta i prevaziđena u 48% površine sliva



Podužni profil vodotoka uzvodno od hidrometrijskog profila Raštak sa uravnatim padom od 23,8% je prikazan na gornjoj slici. Dužina vodotoka uzvodno je 1,97 km.



Na prethodnoj slici dat je podužni pad i uravnati tok za čitav Raštak kao lijevu pritoku Morače između Boana i Mioske. Ukupna dužina vodotoka je 2,97 km. Ono što ne bi smjelo proći kao nezapaženo kada je u pitanju ovaj vodotok to je: po našem mišljenju na ovom vodotoku nema mjesta za dvije mHE na glavnom toku. Smatramo da treba dati prioritet gornjem mjernom profilu sa kojeg bi se voda zahvatala i derivacijom prebacala u donji tok sa iskorišćenjem pada od oko 500 m.



Kriva protoka u izvornom obliku je stepena funkcija  $Q = \left(\frac{H}{48.6}\right)^{3.95}$  u funkciji registrovanih vodostaja u jednogodišnjem trajanju. Broj izvršenih hidrometrijskih mjerenja je devet, s tim

što je jedno odbačeno. Pokrivenost amplitude vodostaja hidrometrijskim mjerenjima je zadovoljavajuća u opsegu od 80%. Oblik hidrograma je radikalno drugačiji u odnosu na sve ostale crnogorske pritoke, što bi bilo dobro da se ubuduće pažljivije doistraži. Radikalno je drugačiji jer srednji protok najduže traje gotovo 55%

**Pregled proticaja**

Vodotok: Raštak

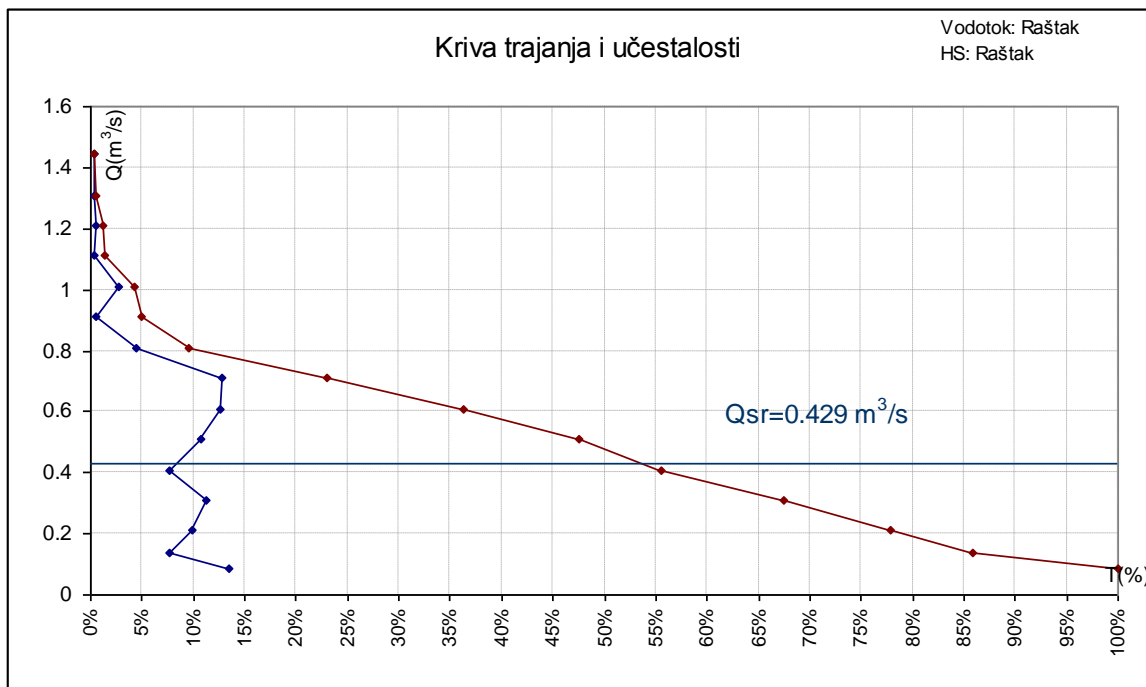
HS: Raštak

	2009					2010						
	nov	dec	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	aug	sep	oct
1	0.276	0.309	0.746	0.344	0.568	0.568	0.683	0.746	0.309	0.131	0.073	0.171
2	0.194	0.568	0.814	0.309	0.568	0.568	0.746	0.683	0.309	0.131	0.073	0.171
3	0.114	0.568	0.814	0.309	0.623	0.568	0.746	0.683	0.309	0.114	0.073	0.150
4	0.219	0.568	0.746	0.309	0.623	0.568	0.746	0.623	0.276	0.114	0.073	0.150
5	0.309	0.516	0.746	0.276	0.568	0.568	0.746	0.568	0.246	0.114	0.073	0.131
6	0.424	0.424	0.963	0.382	0.568	0.516	0.746	0.568	0.246	0.114	0.073	0.131
7	0.814	0.382	1.223	0.516	0.516	0.516	0.746	0.623	0.246	0.114	0.073	0.114
8	1.044	0.344	1.044	0.516	0.516	0.468	0.746	0.623	0.219	0.114	0.073	0.114
9	1.223	0.344	0.963	0.424	0.468	0.516	0.683	0.623	0.219	0.099	0.073	0.114
10	0.814	0.309	1.044	0.424	0.468	0.516	0.683	0.623	0.219	0.099	0.085	0.114
11	0.886	0.309	0.963	0.424	0.468	0.516	0.683	0.568	0.219	0.099	0.073	0.114
12	1.321	0.276	0.886	0.468	0.516	0.516	0.683	0.568	0.194	0.099	0.073	0.114
13	1.533	0.276	0.814	0.468	0.516	0.516	0.683	0.568	0.194	0.099	0.073	0.114
14	0.963	0.246	0.746	0.424	0.468	0.568	0.683	0.568	0.219	0.085	0.073	
15	0.382	0.276	0.683	0.382	0.468	0.623	0.683	0.568	0.194	0.085	0.073	
16	0.309	0.276	0.623	0.382	0.424	0.623	0.683	0.516	0.194	0.085	0.062	
17	0.468	0.309	0.568	0.424	0.424	0.683	0.683	0.516	0.194	0.085	0.073	
18	0.468	0.309	0.516	0.516	0.382	0.623	0.746	0.468	0.194	0.085	0.062	
19	0.468	0.309	0.468	0.623	0.382	0.746	0.746	0.468	0.194	0.085	0.073	
20	0.516	0.309	0.424	0.683	0.382	0.683	0.683	0.424	0.171	0.085	0.062	
21	0.424	0.276	0.382	0.814	0.382	0.746	0.623	0.468	0.171	0.085	0.062	
22	0.276	0.276	0.382	0.683	0.424	0.746	0.623	0.516	0.171	0.085	0.062	
23	0.246	0.516	0.344	0.683	0.424	0.746	0.623	0.468	0.171	0.073	0.062	
24	0.194	0.814	0.344	0.683	0.468	0.683	0.623	0.424	0.171	0.085	0.062	
25	0.194	0.814	0.309	0.683	0.516	0.746	0.623	0.424	0.150	0.073	0.073	
26	0.194	0.963	0.309	0.683	0.568	0.746	0.683	0.382	0.150	0.073	0.085	
27	0.171	1.044	0.309	0.623	0.623	0.746	0.683	0.344	0.150	0.073	0.131	
28	0.194	1.131	0.276	0.623	0.623	0.746	0.683	0.344	0.150	0.073	0.194	
29	0.219	0.963	0.276		0.623	0.683	0.683	0.309	0.131	0.073	0.194	
30	0.219	0.746	0.276		0.568	0.683	0.683	0.309	0.131	0.073	0.194	
31		0.746	0.344		0.568		0.683		0.131	0.073		
max	1.533	1.223	1.321	0.886	0.623	0.746	0.746	0.746	0.309	0.131	0.219	0.194
dat	13	27	6	21	1	19	1	1	1	1	10	1
sred	0.503	0.501	0.624	0.503	0.507	0.625	0.691	0.520	0.201	0.093	0.085	0.131
min	0.099	0.219	0.276	0.276	0.382	0.468	0.623	0.309	0.424	0.062	0.053	0.114
dat	3	1	27	4	17	8	21	29	29	26	23	7
Qmax = 1.53												
Qsr = 0.429												
Qmin = 0.053												
dat	13.11.2009									0.3.09.2010		



Hydrogram je prikazan za jednogodišnje trajanje novembar 2009 - oktobar 2010 godine. Veliki raritet za ovaj hidroenergetski profil je da u vodne mjeseci spadaju čak osam mjeseci, period novembar - jun, dok su sušna samo četiri jul - oktobar. Ova činjenica ovaj vodotok svrstava u prvi rang prioriteta, za hidroenergetsko iskorišćenje, od svih mjerenih do sada.

Špic talasa velike vode od  $1,53 \text{ m}^3/\text{s}$ . od 13.11. 2009. je trajao čitav dan, što se čini nemogućim i spada u sistemsku grešku instrumenta. Moguće da je razlika između špica i srednje dnevno protoka dosta manja, ali da razlike uopšte nema čini se nemogućim. Specifični modul srednje godišnjeg proticaja je  $86.7 \text{ l/skm}^2$  što je svakako vrijedno.



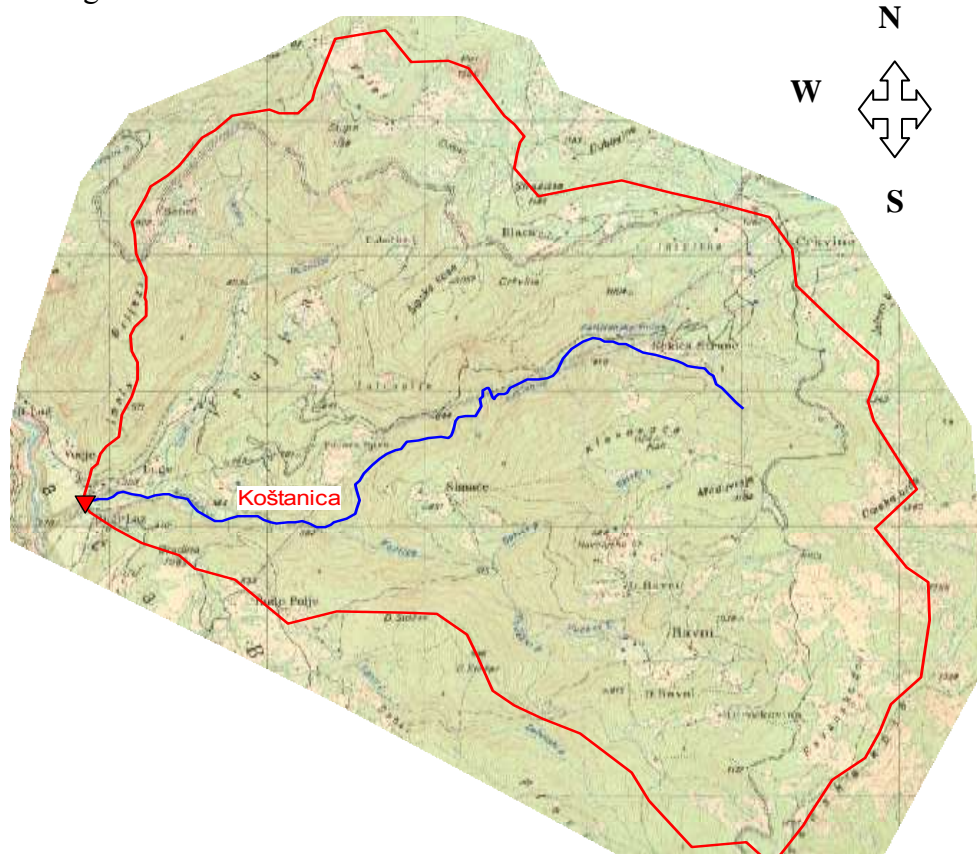
Već smo rekli da je kriva trajanja protoka neuobičajena, jer srednji godišnji protok traje oko 54% , što je još jedna potvrda da se ovaj vodotok u budućnosti mora još doistražiti.

Trajanje karakterističnih protoka po kapidama krive trajanja je iznosilo:

Trajanje(%)	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%
Protok (m <sup>3</sup> /s)	1.00	0.80	0.75	0.72	0.70	0.67	0.62	0.53	0.51	0.46
Trajanje (%)	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%
Protok (m <sup>3</sup> /s)	0.42	0.39	0.34	0.30	0.24	0.20	0.14	0.11	0.10	0.08

**4. VODOTOK: KOŠTANICA  
HS: ĐURĐEVINA**

## Pregled zahvaćenog sliva vodotoka Koštanica

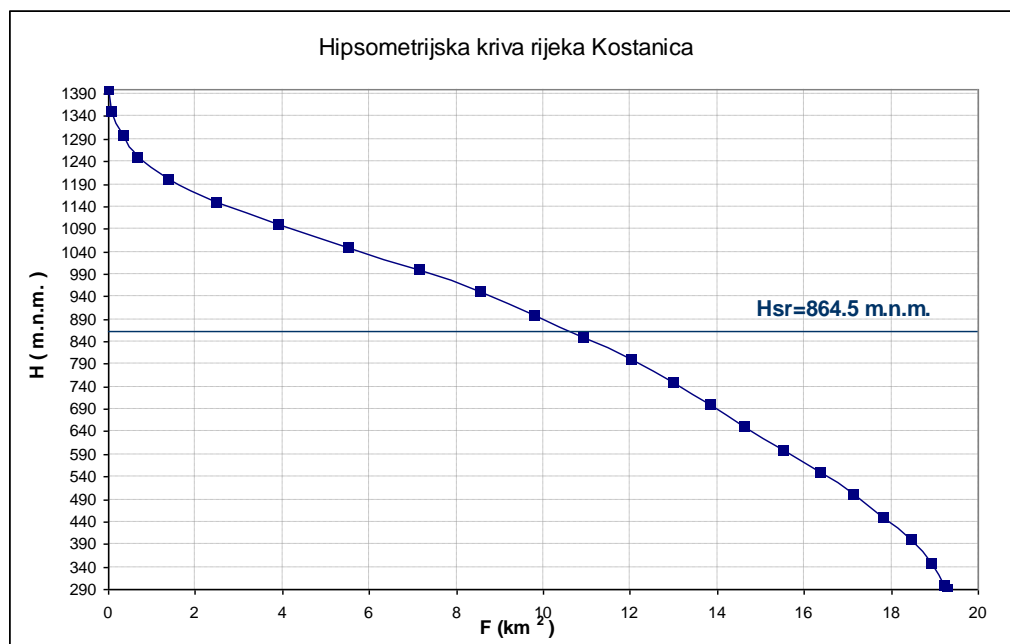


*Tabelarni pregled fizičkogeografskih karakteristika analiziranog slivnog područja*

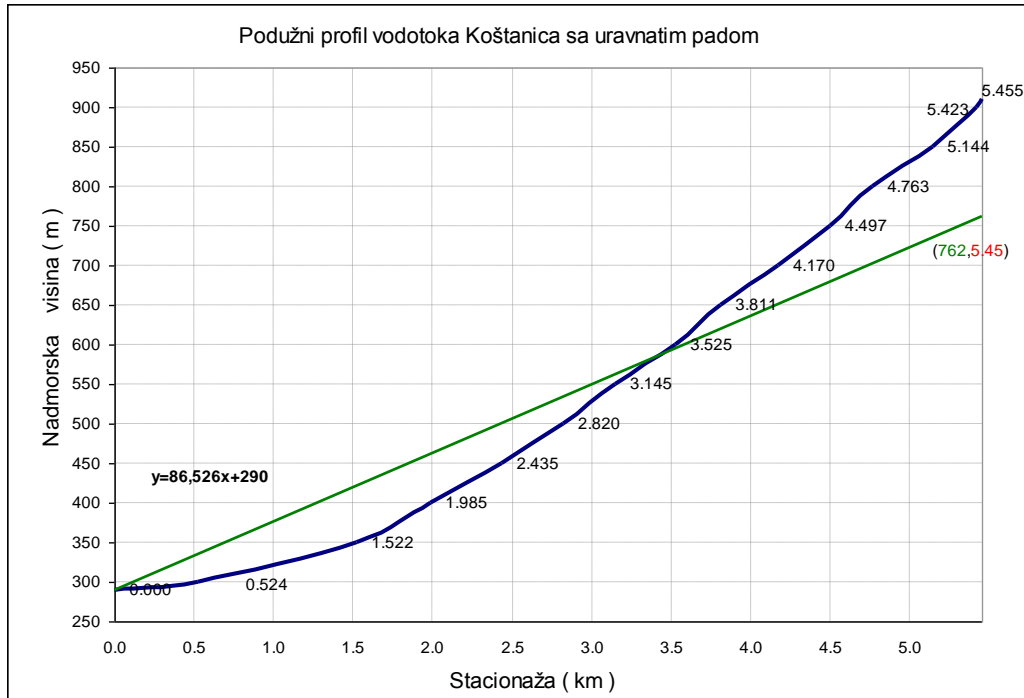
1	Površina sliva $F$	19.32	[km <sup>2</sup> ]
2	Dužina toka $L_T$	5.45	[km]
3	Dužina sliva $L_S$	5.34	[km]
4	Obim sliva $S$	19.20	[km]
5	Srednja širina sliva $B=F/L_S$	3.62	[km]
6	Pravolinijska udaljenost izvor-ušće $L_i$	4.24	[km]
7	Pravolinijska udaljenost težišta sliva od ušća $U_T$	2.68	[km]
8	Koeficijent razvijenosti vododjelnice $K_s$	1.23	[ - ]
9	Koeficijent izduženja sliva $K_\sigma$	1.54	[ - ]
10	Koeficijent koncentracije sliva $K_c$	0.751	[ - ]
11	Koeficijent krivudavosti toka $K_L$	1.28	[ - ]
12	Maksimalna visina sliva $H_{max}$	1386	[m n. m.]
13	Minimalna visina sliva $H_{min}$	290	[m n. m.]
14	Srednji pad sliva $I_{sr}$	53.03	[%]
15	Maksimalni pad kosine doline $I_{max}$	44.36	[%]
16	Srednja nadmorska visina sliva $H_{sr}$	864.5	[m n. m.]
17	Srednja visinska razlika sliva $\Delta H$	574.5	[m]
18	Uravnati pad toka $I_t$	8.66	[%]
19	Maksimalni pad toka $I_{t1}$	18.50	[%]
20	Srednji maksimalni pad toka $I_{t2}$	11.38	[%]

Površina sliva do HS Đurđevina je 19,3km<sup>2</sup>, dužina toka 5,45 km, dužina sliva 5,34 km, a srednja širina sliva 3,62 km. Minimalna visina sliva je 290 mm. a maksimalna visina sliva 1386 mm. Izračunat je srednji pad sliva od 53,03%, srednja nadmorska visina sliva od 864,5, uravnati pad toka 8,66% , maksimalni pad toka 18,5% i td.

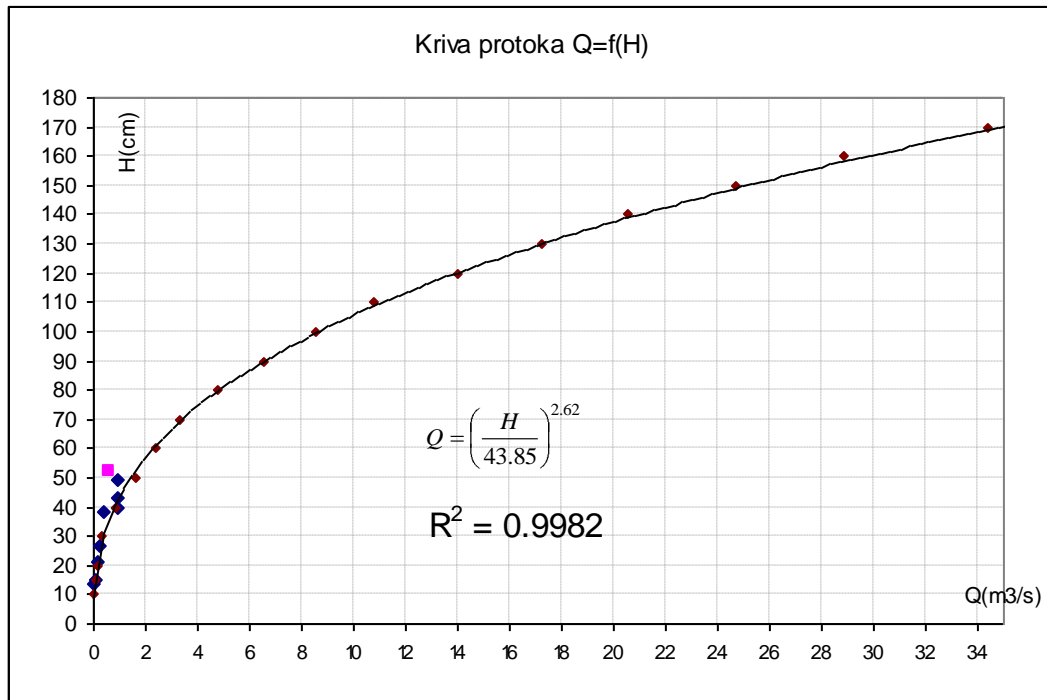
Sliv je lepezast, koncentracija nagla, mjerodavni intenziteti vrlo veliki a otjecanje kratkotrajno.



Srednja nadmorska visina sliva prema hipsometrijskoj krivoj od 864,5 mm je bila dostignuta i prevaziđena na oko 62% površine sliva.



Podužni profil vodotoka sa stacionažom i uravnatim padom toka prikazan je na prethodnoj slici. HS Đurđevina je praktično na ušću tako da je ovim obuhvaćen čitav tok. Jednačina za uravnati pad toka je  $H = 86,526 L + 290$  (mm). Dužina vodotoka je 5,45 km što ga čini jednim od respektibilnijim vodotocima za hidroenergetsko iskorišćenje, iako nema nekih izraženijih padova.



Kriva protoka je stepena funkcija  $Q = \left(\frac{H}{43.85}\right)^{2.62}$ . Broj izvršenih hidrometrijskih mjerenja je devet s tim što je jedno odbačeno, jer ne čini kontinuitet sa ostalima. Pokrivenost krive roticaja

hidrometrijskim mjerenjima po amplitudi vodostaja je svega 32%. Ekstarpolacija je izvršena prema parametrima proticajnog profila i srednje profilskim brzinama po amplitudi vodostaja.

**Pregled proticaja**

Vodotok: Koštanica

HS: Đurđevina

2010

	maj	jun	jul	aug	sep	oct	nov	dec
1		0.84	0.232	0.085	0.061	0.061	0.13	3.129
2		0.689	0.209	0.085	0.051	0.061	0.114	2.359
3		0.689	0.209	0.085	0.051	0.061	0.13	2.461
4		0.599	0.209	0.085	0.051	0.061	0.114	1.133
5		0.557	0.187	0.085	0.051	0.073	0.114	0.894
6	0.689	0.557	0.187	0.085	0.051	0.099	0.114	0.478
7	0.689	0.516	0.166	0.085	0.051	0.073	0.099	0.341
8	0.643	0.478	0.166	0.085	0.051	0.061	0.557	0.312
9	0.599	0.478	0.166	0.073	0.085	0.061	2.673	0.341
10	0.599	0.441	0.166	0.073	0.085	0.061	11.19	0.312
11	0.557	0.406	0.166	0.073	0.099	0.061	6.3	0.232
12	0.557	0.406	0.166	0.073	0.073	0.061	2.895	0.187
13	0.557	0.373	0.166	0.061	0.073	0.061	1.802	0.147
14	0.478	0.341	0.166	0.061	0.061	0.099	1.265	0.13
15	1.07	0.341	0.147	0.061	0.061	0.114	1.07	
16	2.359	0.341	0.147	0.061	0.061	0.209	0.894	
17	2.163	0.312	0.147	0.061	0.051	0.187	1.07	
18	1.802	0.312	0.147	0.061	0.051	0.13	1.198	
19	1.481	0.341	0.13	0.061	0.051	0.114	1.481	
20	1.335	0.341	0.13	0.061	0.051	0.114	1.718	
21	1.198	0.373	0.13	0.051	0.051	0.099	1.558	
22	1.07	0.341	0.114	0.051	0.051	0.099	3.011	
23	0.95	0.312	0.114	0.051	0.051	0.085	3.899	
24	0.894	0.283	0.114	0.051	0.051	0.085	3.631	
25	0.84	0.283	0.114	0.051	0.061	0.13	3.374	
26	0.788	0.283	0.099	0.051	0.114	0.232	4.323	
27	0.737	0.257	0.099	0.051	0.099	0.373	4.037	
28	0.689	0.257	0.099	0.051	0.085	0.209	3.25	
29	0.689	0.257	0.099	0.051	0.073	0.166	4.621	
30	0.643	0.232	0.099	0.051	0.061	0.147	6.3	
31	0.737		0.099	0.061		0.13		
max	3.129	1.265	0.232	0.099	0.209	0.557	30.87	11.19
dat	16	1	1	1	10	27	10	1
sred	0.954	0.408	0.148	0.066	0.064	0.115	2.431	0.89
min	0.478	0.232	0.085	0.042	0.042	0.051	0.099	0.13
dat	14	28	29	26	5	13	6	13

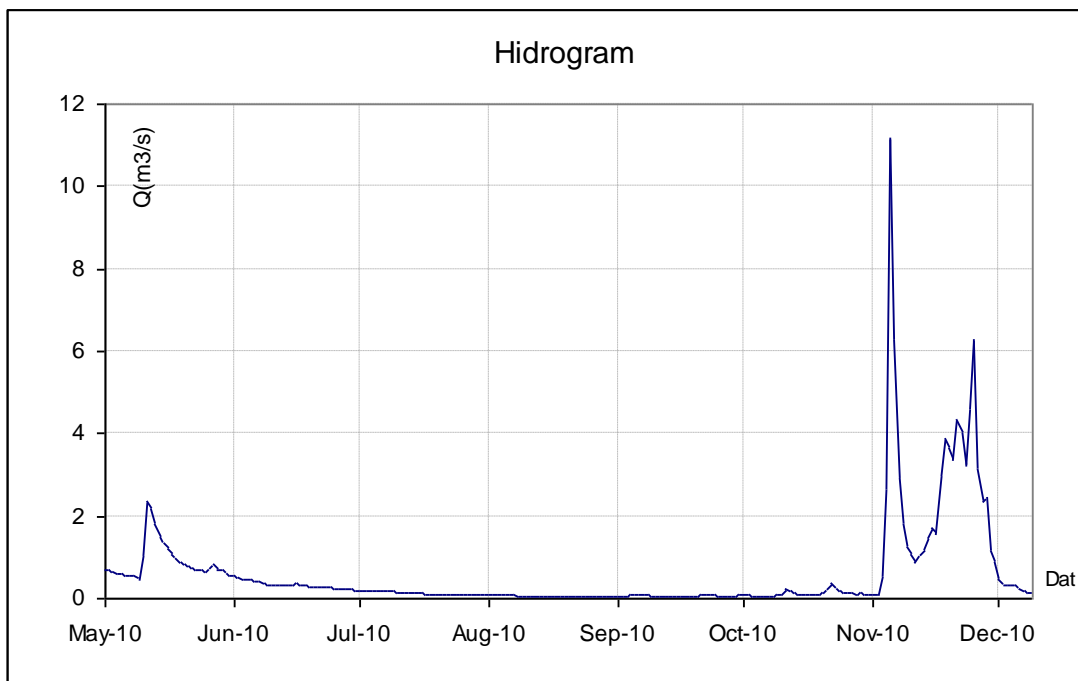
Qmax = 30.87

Qsr = 0.603

Qmin = 0.042

dat 10.11.2010

dat 5.09.2010

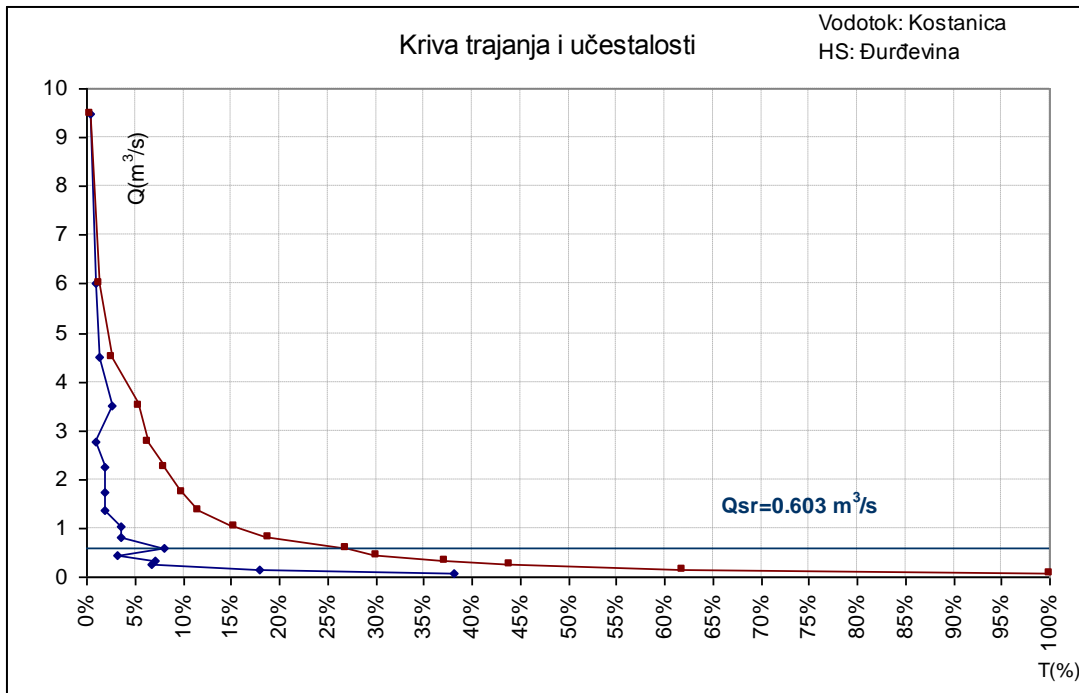


Hidrogram proticaja je prikazan u godišnjaku a analizirani period bio je maj - sredina decembra 2010. Najsušniji mjeseci bili su avgust, septembar i oktobar, a najvodniji februar, mart, april i novembar.

Srećna je okolnost što je u mreži stanica HMZ-a postojala hidrološka stanica Koštanica, za koju postoje obrađeni podaci za period 1985-1993 godina. Ako mjesecima koji nedostaju pridružimo podatke iz te obrade dobijamo srednji godišnji protok od **0,920  $\text{m}^3/\text{s}$** . Ovaj podatak i nije u koliziji sa srednjakom iz tih 9 godina koji iznosi 1,09  $\text{m}^3/\text{s}$ .

Špic talasa velike vode iz novembra 2010 godine od 30,9  $\text{m}^3/\text{s}$  bio je veći 2,8 puta od srednjeg dnevnog protoka, za dan 10.11.2011. god. Specifični modul oticaja za srednje godišnju vodu bio je 47,6  $\text{l/skm}^2$  što je respektibilan podatak.

Kada je u pitanju ovaj vodotok, treba naglasiti i to da je kota nivoa HS Koštanica na ulivu u Moraču od 290 mm negdje oko kote maksimalnog uspora u akumulaciji "Andrijevo".



Kriva trajanja protoka pokazuje da srednji protok i svi protoci veći od njega traju prosječno godišnje 26% ili oko 95 dana. Trajanje karakterističnih protoka po kampadama krive trajanja je iznosilo:

Trajanje(%)	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%
Protok (m3/s)	3.73	1.75	1.08	0.75	0.67	0.542	0.367	0.342	0.267	0.238
Trajanje (%)	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%
Protok (m3/s)	0.183	0.167	0.15	0.133	0.117	0.108	0.099	0.083	0.067	0.042

**- SLIV ČEHOTINE -**

**5. VODOTOK: KORITNIK  
HS: PROVALIJA**

Pregled zahvaćenog  
sliva vodotoka Koritnik

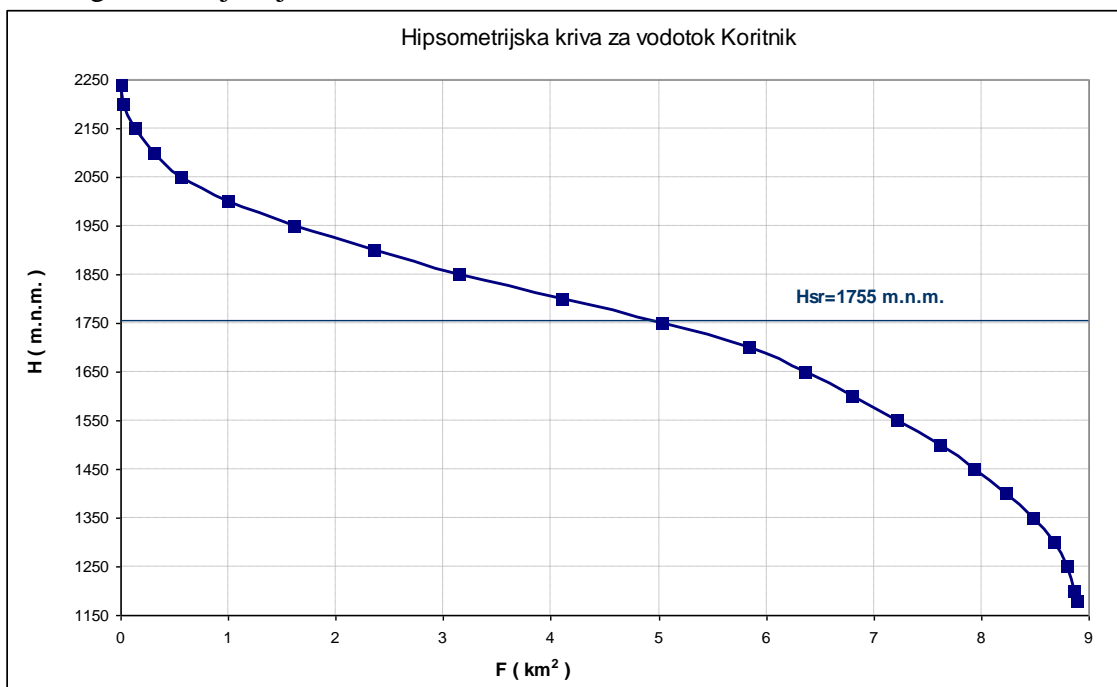


*Tabelarni pregled fizičkogeografskih karakteristika analiziranog slivnog područja*

1	Površina sliva $F$	8,90	[km <sup>2</sup> ]
2	Dužina toka $L_T$	2,27	[km]
3	Dužina sliva $L_s$	5,45	[km]
4	Obim sliva $S$	14,5	[km]
5	Srednja širina sliva $B=F/L_s$	1,63	[km]
6	Pravolinijska udaljenost izvor-ušće $L_i$	1,99	[km]
7	Pravolinijska udaljenost težišta sliva od ušća $U_T$	2,69	[km]
8	Koeficijent razvijenosti vododjelnice $K_s$	1,373	[-]
9	Koeficijent izduženja sliva $K_\sigma$	0,579	[-]
10	Koeficijent koncentracije sliva $K_c$	0,456	[-]
11	Koeficijent krivudavosti toka $K_L$	1,141	[-]
12	Maksimalna visina sliva $H_{max}$	2238	[m n. m.]
13	Minimalna visina sliva $H_{min}$	1180	[m n. m.]
14	Srednji pad sliva $I_{sr}$	42,2	[%]
15	Maksimalni pad kosine doline $I_{max}$	73,8	[%]
16	Srednja nadmorska visina sliva $H_{sr}$	1755	[m n. m.]
17	Srednja visinska razlika sliva $\Delta H$	575	[m]
18	Uravnati pad toka $I_t$	14,4	[%]
19	Maksimalni pad toka $I_{t1}$	38,3	[%]
20	Srednji maksimalni pad toka $I_{t2}$	20,3	[%]

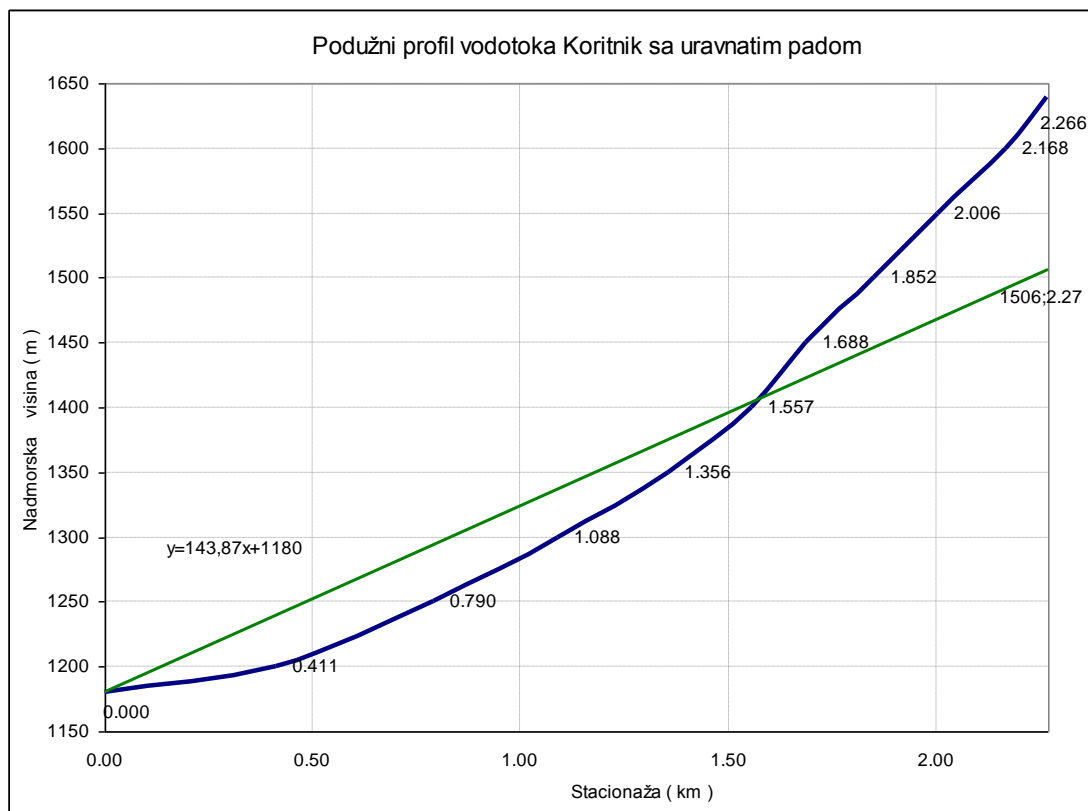
Sliv Koritnika do hidrološke stanice je 8.9 km<sup>2</sup> a dužina toka 2.27 km. Minimalna visina u slivu a to je ujedno i mjesto mjernog profila je 1180 mm a maksimalna 2238 mm. Srednja

nadmorska visina u slivu je 1755 mnmšto se može vidjeti i sa hipsometrijske krive sliva koja je data na grafiku koji slijedi.

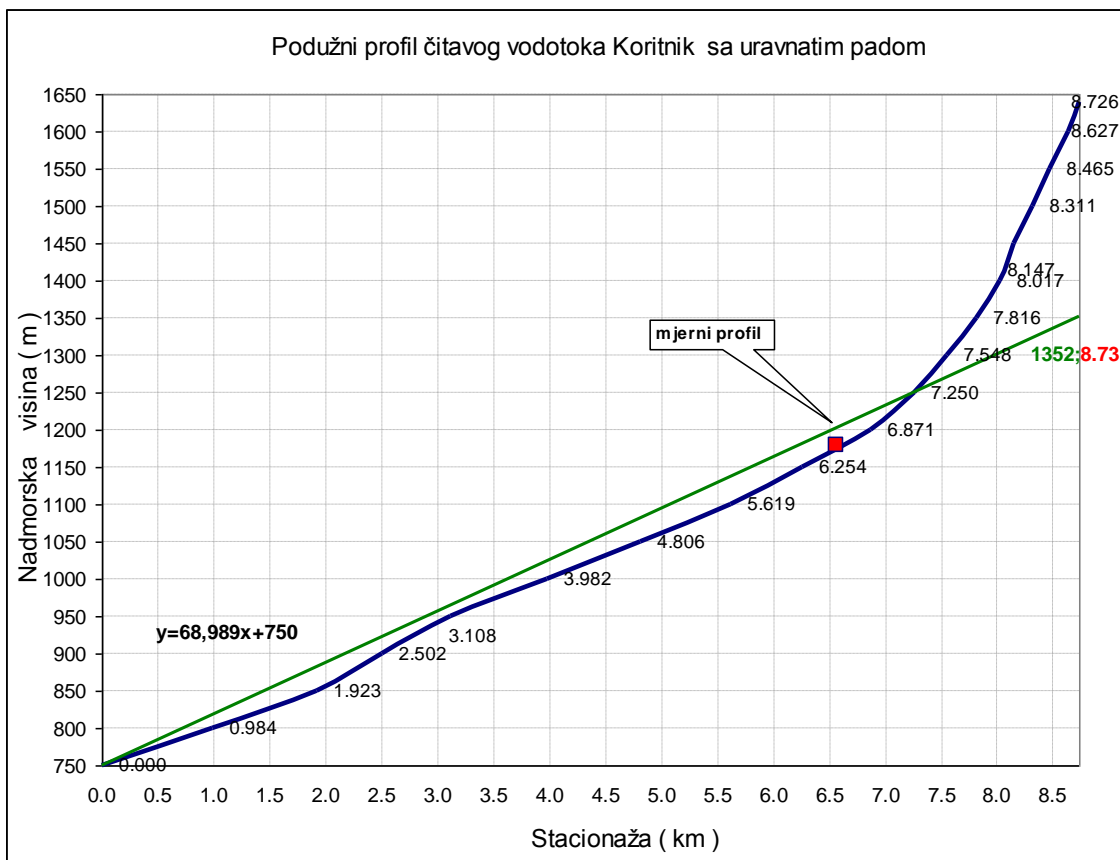


Oblok sliva ovog vodotoka duguljast ili izdužen. To podrazumijeva da je koncentracija spora, intenziteti slabi a oticanje dugotrajno.

Podužni profil Koritnika sa uravnatim padom do mjernog profila dat je na grafiku koji slijedi



Podužni profil Koritnika urađen je i za čitav tok iz razloga lakšeg određivanja optimalnog pada buduće hidroelektrane



Koritnik pripada slivu Čehotine, to je njena pritoka drugog reda. Hidrološka stanica za osmatranje vodostaja je formirana u profilu Provalija na koti 1180 mm, 6 novembra 2009 godine i radila je samo do 18.11.2010 godine.

Nakon ovog datuma stanica nije registrovala nivoe vode sve do 30. marta 2010. godine, zbog osjetljivosti senzora mjernog instrumenta na niske temperature koje vladaju na tom području.

Dakle period rada HS je nakon toga do 16. jula, kada vodotok presuše, i nakon toga registracija vodostaja počinje 28. novembra 2010 g. da bi tečenje prestalo 14 decembra.

Pregled izmjerenih vodostaja dat je na sledećoj strani.

## Pregle dvodostaja

Vodotok: Koritnik  
HS: Rađevići

	2009		2010											
	nov	dec	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	aug	sep	oct	nov	dec
1						26	29	31	37					51
2						26	29	30	38					50
3						26	29	31	36					45
4						26	28	30	36					42
5						26	28	30	34					37
6						26	29	30	33					34
7	38					25	29	29	32					31
8	34					25	29	29	32				28	28
9	31					25	28	28	31				31	28
10	30					25	28	28	30				39	28
11	30					25	28	27	30				45	30
12	30					25	27	27	30				43	29
13	29					25	27	26	30				40	25
14	28					25	27	26	28				37	24
15	27					25	29	26	27				35	
16	26					25	30	26					33	
17	24					25	30	25					33	
18	22					25	29	25					32	
19						29	29	25				29	31	
20						32	29	25				28	30	
21						30	29	28					29	
22						30	29	28					36	
23						29	29	28					37	
24						29	31	27					35	
25						29	31	26					34	
26						29	30	26					34	
27						30	31	28					33	
28						30	31	28					33	
29						29	31	29					39	
30					27	29	30	32					40	
31					26		31							
max						36	34	56	40				49	59
dat						20	31	30	1				10	1
sred						27	29	28	30				33	28
min						25	27	25					27	22
dat						4	11	17					1	26

Qmax 59

Qsr =

Qmin = 22

dat 01.12.2010

dat 26.12.2010

Iako je broj dana sa registrovanim tečenjem ovog vodotoka samo 158 za to vrijeme je izvršeno 7 hidrometrijskih mjerenja. Najveće mjerenje izvršeno je pri vodostaju H = 32 cm a proticaj koji je tada izmjeren izmosio je 41 l/s. Maksimalni vodostaj zabilježen za period osmatranja je 59 cm što bi značilo da je pokrivenost amplitude 54%. Sastavljanje krive proticaja i bilansa na osnovu nje u ovom slučaju nijesmo radili prevashodno radi problema u osmatranjima i registrovanjima vodostaja.

Međutim kako bi i za ovaj vodotok dali podatke o njegovom oticaju odlučili smo se da uradimo preliminarnu analizu oticanja metodam Predominantnih faktora i metodom Langbeina koje dajemo u nastavku.

### *Metoda predominantnih faktora*

Po ovoj metodi velike vode se dobijaju interpolacijom a ne ekstrapolacijom opaženih veličina, što je njena glavna odlika i preimućstvo. Hidrološki parametri koji su relativno konstantni po veličini i vremenu, a utiču na režim voda su:

- Prosječne godišnje padavine,
- Topografija sliva
- Pluvio topografski indeks

$$P_h = h \times I_{sl} \quad \begin{array}{l} h\text{-prosječna godišnja visina padavina na sliv u (m)} \\ I_{sl} \text{ – srednji pad sliva} \end{array}$$

- Linijski pluviotopografski indeks

$$P_l = \frac{P_h \times I_t}{L} \times 10^9 \quad \begin{array}{l} I_t \text{ – uravnati pad toka (\%)} \\ L \text{ – dužina toka (km)} \end{array}$$

- Koeficijent godišnjeg oticanja

$$\eta = \frac{A}{\frac{\pi}{2}} \times \arctg\left(\frac{P_h^{0.389}}{0.833}\right)$$

A – parametar stanja sliva koji varira od 0.90 do 1.10 i uključuje u sebi nedominantne faktore, koje je inače zametnije identifikovati.

$$h_0 = h \times h \quad \text{odnosno } q = \frac{h_0}{0.0315}$$

Parametar stanja sliva računa se po osnovu zastupljenosti vegetacije i pošumljenosti zemljišta.

$$A = (a_1 \times P_1 + a_2 \times P_2 + a_3 \times P_3 + a_4 \times P_4) \times a_5$$

$a_1 = 0.95$  za šume

$a_2 = 1.02$  za livade i pašnjake

$a_3 = 1.03$  za oranice

$a_4 = 1.04$  za goleti

$a_5 = 1.02$  za kompletan sliv

$P_1, P_2, P_3, P_4$  procentualno učešće zastupljenosti pojedinih struktura u slivu. ( $P_1 + P_2 + P_3 + P_4 = 1.0$ )

- Srednji godišnji protok

$$Q_{sr} = q \times F \text{ (m}^3\text{/s)}$$

Srednji godišnji protok je potreban da bi se preko njega odredila prosječna velika voda:

$$Q_0 = h_0 \times Q_{sr} \quad \text{gdje je} \quad h_0 = 5.2 \times P_i^{0.230} + 1$$

Velike vode različitih vjerovatnoća pojave dobijaju se u odnosu na prosječnu veliku vodu:

$$\begin{aligned} h_{10\text{god}} &= 0.51 \times P_i^{0.2315} + 1 \\ h_{20\text{god}} &= 0.84 \times P_i^{0.1880} + 1 \\ h_{50\text{god}} &= 1.12 \times P_i^{0.1855} + 1 \\ h_{100\text{god}} &= 1.31 \times P_i^{0.1985} + 1 \\ h_{1000\text{god}} &= 1.85 \times P_i^{0.2045} + 1, \quad \text{pa je} \quad \max Q_{n\text{god}} = h_{n\text{god}} \times Q_0 \end{aligned}$$

Kako je za sliv Vodotoka Koritnik određeno sledeće:

površina sliva  $F=8,90 \text{ km}^2$

prosječna godišnja visina padavina u slivu  $h= 1350 \text{ mm}$

srednji pad sliva  $I_{sr}=42,2\%$

uravnati pad toka  $I_t=14,4\%$

To slijedi:

$$P_h = h \times I_{sl} = 1,350 \times 0,422 = 0,5697$$

Parametar stanja sliva je  $A = 1,0$  pa je koeficijent godišnjeg oticaja

$$\eta = \frac{A}{\frac{\pi}{2}} \times \arctg\left(\frac{P_h^{0.389}}{0.833}\right) = \frac{1}{\pi/2} \times \arctg\left(\frac{0,5697^{0.389}}{0.833}\right) = 0,489$$

$$h_0 = h \times \eta = 0,489 \times 1,350 = 0,660$$

$$q = \frac{h_0}{0.0315} = \frac{0.660}{0.0315} = 20.95 \text{ l/seckm}^2 = 0,0209 \text{ m}^3\text{/seckm}^2$$

a srednji oticaj je

$$Q_{sr} = 0,0209 \times 8,9 = \mathbf{0,186} \text{ m}^3\text{/sec}$$

Linijski pluviotopografski indeks je

$$P_l = \frac{P_h \times I_t}{L} \times 10^9 = \frac{0.5697 \times 0,144}{2270} \times 10^9 = 36,14 = 36,1$$

prosječna velika voda iznosi:

$$h_0 = 5.2 \times 36,1^{0.230} + 1 = 12,87$$
$$Q_0 = 12,87 \times 0,186 = 2,39 \text{ m}^3/\text{sec}$$

velika voda (T = 10 god P = 10% ) je

$$h_{10\text{god}} = 0.51 \times P_i^{0.2315} + 1 = 0.51 \times 36,1^{0.2315} + 1 = 2,17$$

$$Q_{10} = 2,17 \times 2,39 = 5,18 \text{ m}^3/\text{sec}$$

velika voda (T = 20 god P = 5% ) je

$$h_{20\text{god}} = 0.84 \times P_i^{0.1880} + 1 = 0,84 \times 36,1^{0.1880} + 1 = 2,65$$

$$Q_{20} = 2,65 \times 2,39 = 6,33 \text{ m}^3/\text{sec}$$

velika voda (T = 50 god P = 2% ) je

$$h_{50\text{god}} = 1.12 \times P_i^{0.1855} + 1 = 1.12 \times 36,1^{0.1855} + 1 = 3,18$$

$$Q_{50} = 3,18 \times 2,39 = 7,60 \text{ m}^3/\text{sec}$$

velika voda (T = 100 god P = 1% ) je

$$h_{100\text{god}} = 1.31 \times P_i^{0.1985} + 1 = 1.31 \times 36,1^{0.1985} + 1 = 3,67$$

$$Q_{100} = 3,67 \times 2,39 = 8,77 \text{ m}^3/\text{sec}.$$

velika voda (T = 1000 god P = 0,1% ) je

$$h_{1000\text{god}} = 1.85 \times P_i^{0.2045} + 1 = 1.85 \times 36,1^{0.2045} + 1 = 4,85$$

$$Q_{1000} = 4,85 \times 2,39 = 11,60 \text{ m}^3/\text{sec}.$$

### *Metoda Langbein-a*

Za proračun vrijednosti srednjeg višegodišnjeg proticaja metoda Langbein-a koristi zavisnost

$$Q_{sr} / K = f ( P_{sr} / K )$$

$Q_{sr}$  - prosječni višegodišnji sloj oticanja u clivu u cm  
 $P_{sr}$  - prosječne višegodišnje padavine u slivu,  
 $K$  - temperaturni faktor koji se definiše preko izraza

$$K = 10^{(0.027 * T + 0.886)}$$

$T$  - prosječna višegodišnja temperatura vazduha u slivu u °C.

Na osnovu poznatih vrijednosti temperature vazduha, korišćenjem navedene jednačine dobija se odgovarajuća vrijednost promjenljive  $K$ . Preko zavisnosti Langbein-a (nomogram) za poznati odnos prosječnih višegodišnjih padavina i temperaturnog faktora  $K$  određuje se odnos  $Q_{sr} / K$ , a zatim i prosječni višegodišnji sloj oticanja  $Q_{sr}$  iskazan u cm. U donjoj tabeli prikazani su rezultati primjene metode Langbein-a za profil na vodotoku Koritnik.

Rijeka	F (km <sup>2</sup> )	P <sub>sr</sub>	T °C	K	Q <sub>sr</sub> / K	P <sub>sr</sub> / K	Q <sub>sr</sub>	q (l/s/km <sup>2</sup> )	Q (m <sup>3</sup> /s)
Koritnik	8,90	1350	2	8.71	10.46	15.5	91.1	28.9	0,257

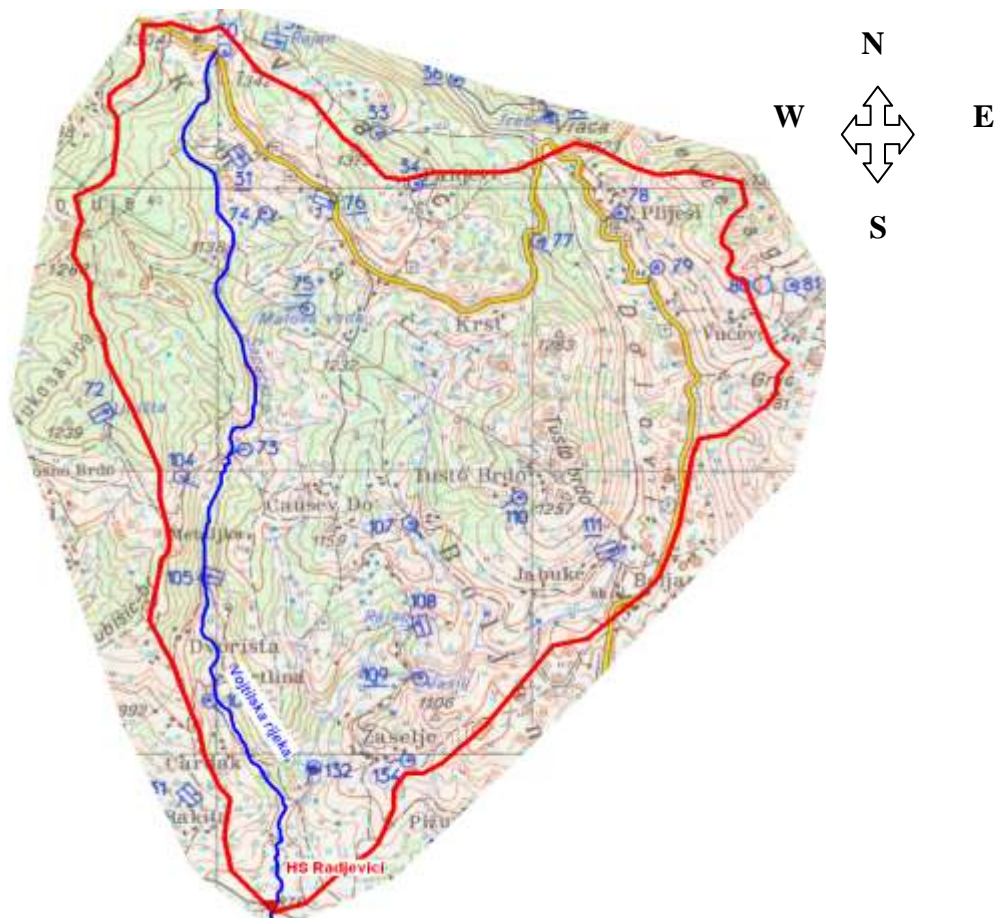
Analiza modula u slivu Čehotine (osmatrani vodotoci koji se nalaze u bazi HMZCG) pokazala je da je specifični modul oticanja za sliv Koritnika oko 17 l/s/km<sup>2</sup>, što bi značilo da je srednji višegodišnji protok na tom profilu  $Q_{sr} = 0.151$  m<sup>3</sup>/s.

Kako smo metodom predominantnih faktora dobili srednji višegodišnji protok u iznosu od 0.186 m<sup>3</sup>/s smatramo da smo na strani sigurnosti ako usvojimo za srednji višegodišnji potok koritnika u profilu Provalija

$$Q_{sr} = 0.151 \text{ m}^3/\text{s}$$

**6. VODOTOK: VOJTILSKA  
HS: RAĐEVIĆI**

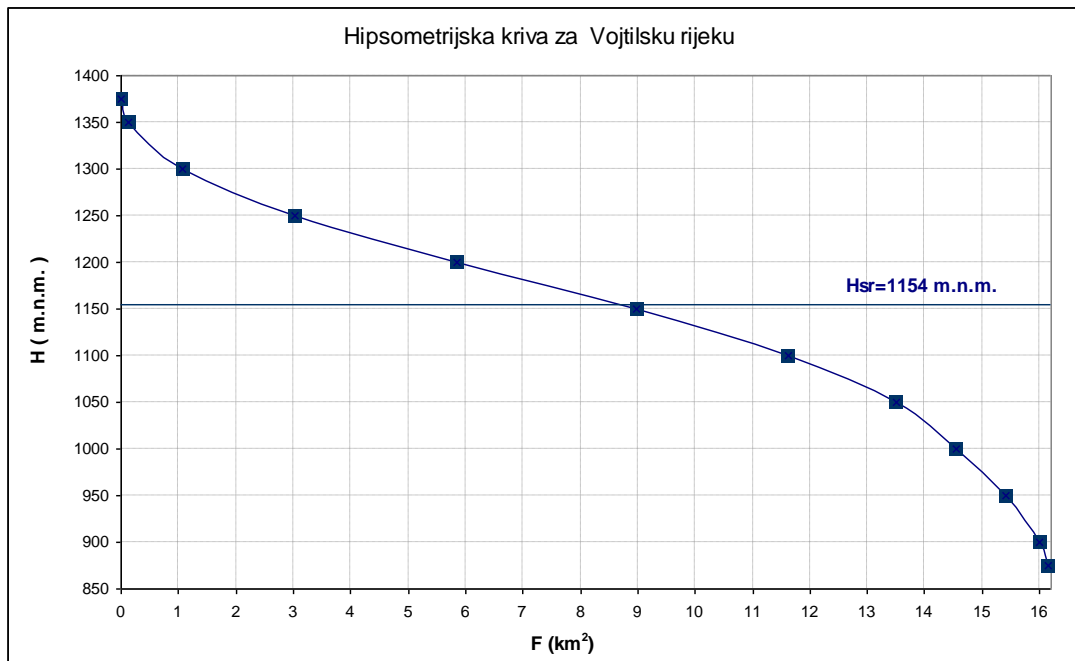
## Pregled zahvaćenog sliva vodotoka Vojtilske rijeke



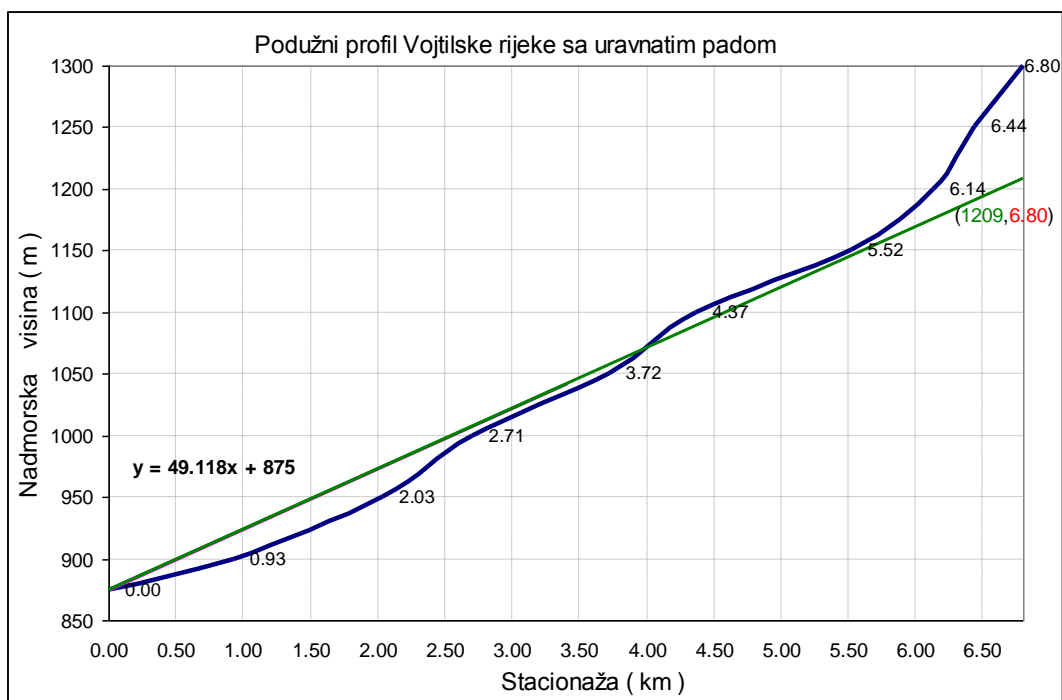
*Tabelarni pregled fizičkogeografskih karakteristika analiziranog slivnog područja*

1	Površina sliva $F$	16,2	[km <sup>2</sup> ]
2	Dužina toka $L_T$	6,80	[km]
3	Dužina sliva $L_s$	6,42	[km]
4	Obim sliva $S$	18,2	[km]
5	Srednja širina sliva $B=F/L_s$	2,52	[km]
6	Pravolinijska udaljenost izvor-ušće $L_i$	6,08	[km]
7	Pravolinijska udaljenost težišta sliva od ušća $U_T$	3,24	[km]
8	Koeficijent razvijenosti vododjelnice $K_s$	1,277	[ - ]
9	Koeficijent izduženja sliva $K_\sigma$	2,854	[ - ]
10	Koeficijent koncentracije sliva $K_c$	0,549	[ - ]
11	Koeficijent krivudavosti toka $K_L$	1,118	[ - ]
12	Maksimalna visina sliva $H_{max}$	1375	[m n. m.]
13	Minimalna visina sliva $H_{min}$	875	[m n. m.]
14	Srednji pad sliva $I_{sr}$	10,65	[%]
15	Maksimalni pad kosine doline $I_{max}$	28,6	[%]
16	Srednja nadmorska visina sliva $H_{sr}$	1154	[m n. m.]
17	Srednja visinska razlika sliva $\Delta H$	279	[m]
18	Uravnati pad toka $I_t$	4,91	[%]
19	Maksimalni pad toka $I_{t1}$	16,5	[%]
20	Srednji maksimalni pad toka $I_{t2}$	6,25	[%]

Površina sliva je 16,2km<sup>2</sup>, dužina toka 6,80 km, dužina sliva 6,42 km, srednja širina sliva 2,52 km. Maksimalna visina sliva je 1375 mmm, minimalna visina 875 mmm, srednji pad sliva 10,65% a srednja nadmorska visina 1154 mmm. Uravnati pad toka za analizirani profil je 4,91%, maksimalni pad toka na ovoj dionici je 16,5% i td. Sliv je lepezast, koncentracija nagla, mjerodavni intenziteti vrlo veliki a otjecanje kratkotrajno.

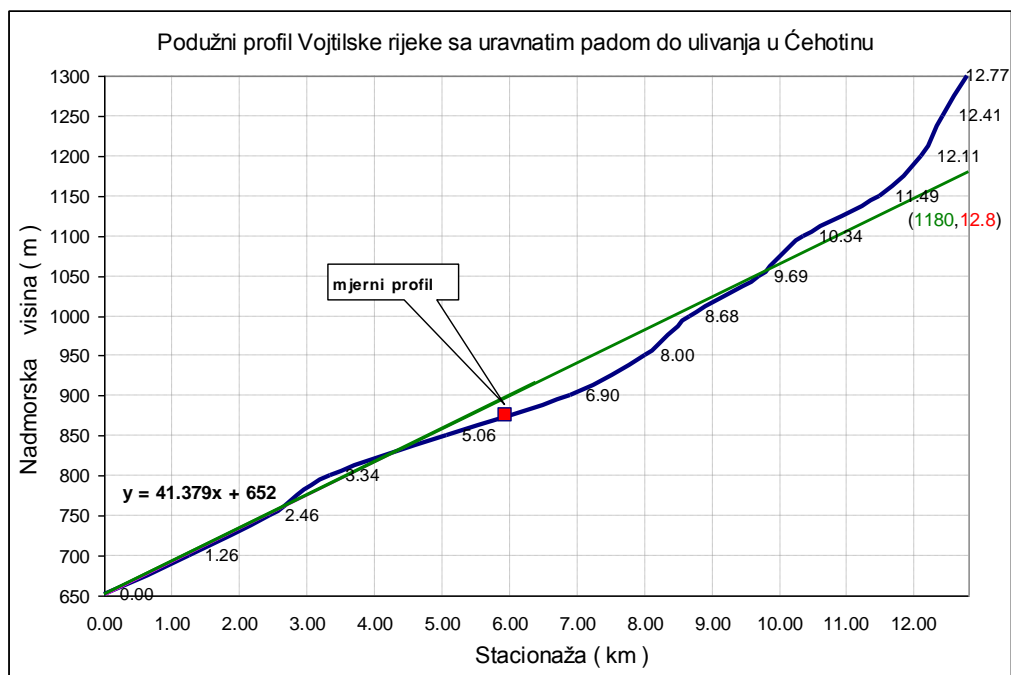


Srednja nadmorska visina sliva od 1154 mmm ili veća od nje čini oko 56,3% ukupne površine sliva Vojtilske rijeke u profilu Rađevići, sliv Čehotine.



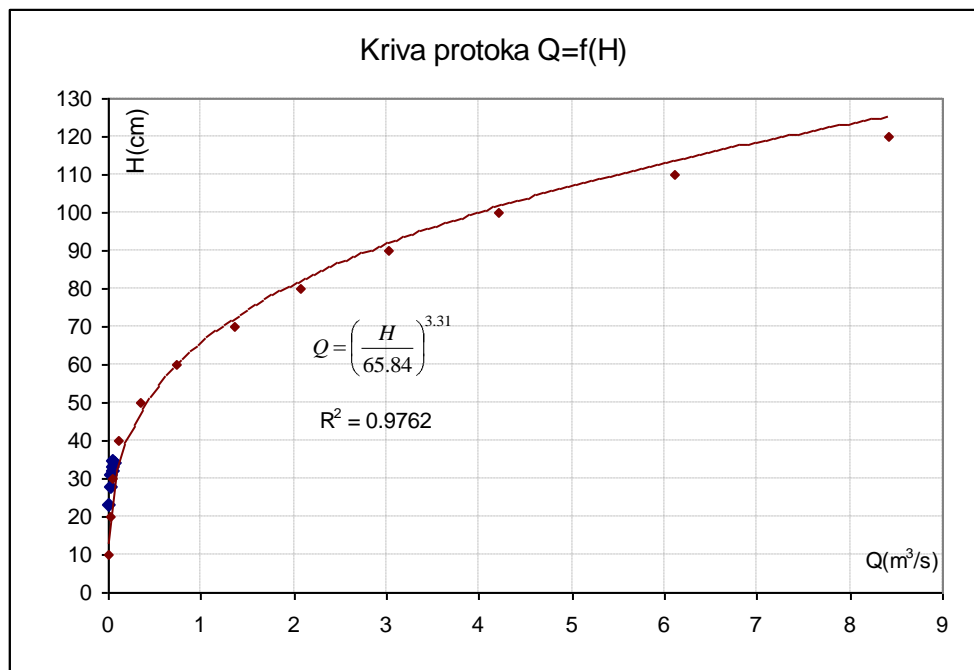
Na gornjem grafiku je prikazan podužni profil Vojtilske rijeke u profilu Rađevići i uzvodno od njega sa stacionažom od oko 6,80 km.

Jednačina uravnatog pada toka je:  $H = 49,12 L + 875$  (mm)



Podužni profil ukupne dužine toka Vojtilske rijeke od oko 12,8 km dat je gornjim grafikom.

Jednačina uravnatog pada čitavog toka je  $H = 41,38 L + 652$  (mm).



Broj izvršenih hidrometrijskih mjerenja na ovom profilu je 7 a pokrivenost mjerenja po amplitudi vodostaja je samo 30%. Ekstrapolacija krive protoka je urađena po iskustvenoj metodi. Kriva protoka je stepena funkcija  $Q = \left(\frac{H}{65.84}\right)^{3.31}$

### Pregled proticaja

Vodotok: Vojtilska rijeka

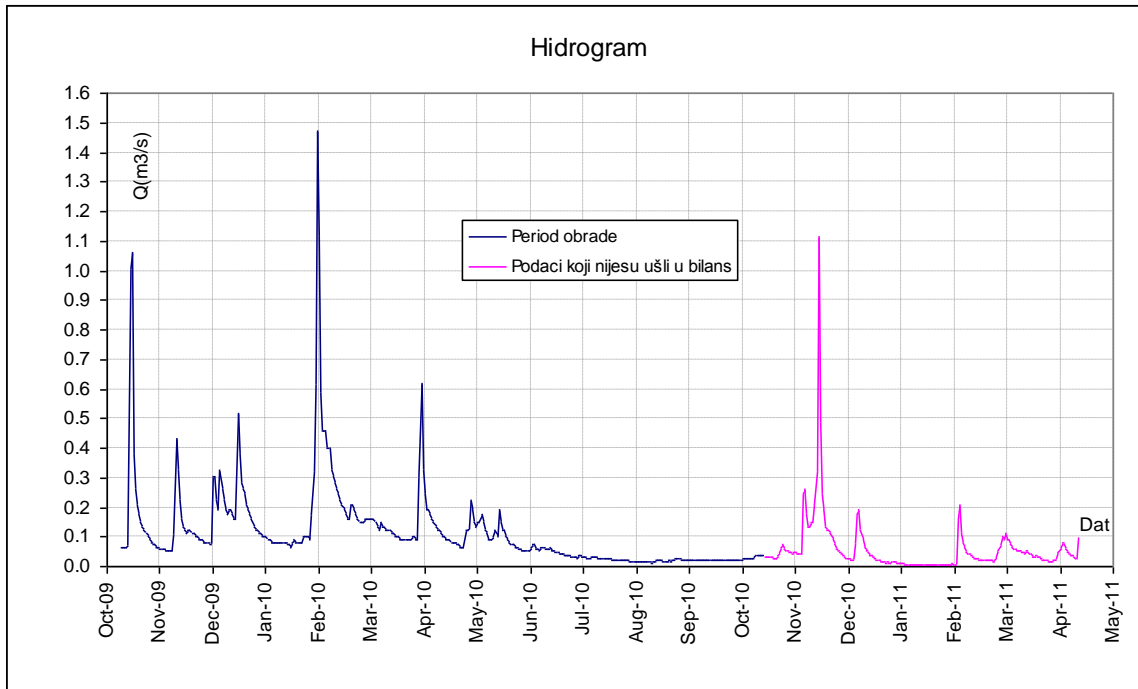
HS: Radjevići

	2009					2010						
	nov	dec	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	aug	sep	oct
1	0.066	0.112	0.192	0.083	0.305	0.124	0.112	0.124	0.059	0.027	0.019	0.019
2	0.066	0.429	0.192	0.083	0.284	0.124	0.102	0.102	0.066	0.027	0.019	0.019
3	0.066	0.328	0.177	0.074	0.263	0.112	0.102	0.192	0.052	0.027	0.019	0.019
4	0.066	0.226	0.162	0.074	0.244	0.112	0.092	0.148	0.052	0.027	0.016	0.019
5	0.074	0.162	0.162	0.066	0.226	0.102	0.092	0.124	0.046	0.027	0.016	0.019
6	1.008	0.136	0.519	0.083	0.209	0.102	0.092	0.124	0.046	0.023	0.016	0.023
7	1.060	0.124	0.376	0.092	0.192	0.102	0.083	0.102	0.041	0.023	0.019	0.023
8	0.376	0.112	0.284	0.083	0.177	0.092	0.083	0.092	0.041	0.023	0.016	0.023
9	0.263	0.124	0.263	0.083	0.162	0.092	0.083	0.083	0.041	0.023	0.019	0.023
10	0.209	0.124	0.244	0.083	0.162	0.092	0.074	0.074	0.035	0.023	0.023	0.023
11	0.177	0.112	0.209	0.083	0.209	0.092	0.074	0.074	0.035	0.019	0.027	0.023
12	0.148	0.112	0.192	0.102	0.209	0.092	0.066	0.066	0.035	0.019	0.027	0.023
13	0.136	0.102	0.177	0.102	0.192	0.092	0.066	0.066	0.035	0.019	0.027	0.023
14	0.124	0.102	0.162	0.102	0.177	0.092	0.066	0.059	0.031	0.019	0.023	0.023
15	0.112	0.092	0.136	0.102	0.162	0.102	0.124	0.059	0.031	0.019	0.023	0.023
16	0.102	0.092	0.124	0.092	0.148	0.102	0.124	0.052	0.031	0.016	0.019	0.023
17	0.092	0.092	0.124	0.177	0.148	0.092	0.136	0.052	0.027	0.016	0.019	0.023
18	0.083	0.083	0.112	0.328	0.148	0.092	0.226	0.052	0.035	0.016	0.019	0.023
19	0.074	0.083	0.112	0.621	0.162	0.305	0.192	0.052	0.035	0.016	0.023	0.027
20	0.074	0.083	0.102	1.472	0.162	0.621	0.148	0.052	0.031	0.016	0.023	0.027
21	0.066	0.074	0.102	1.113	0.162	0.328	0.136	0.066	0.031	0.014	0.023	0.027
22	0.066	0.083	0.102	0.585	0.162	0.244	0.148	0.074	0.031	0.014	0.023	0.027
23	0.059	0.305	0.092	0.458	0.162	0.192	0.148	0.074	0.027	0.014	0.023	0.027
24	0.059	0.305	0.092	0.458	0.162	0.192	0.177	0.059	0.027	0.014	0.019	0.027
25	0.059	0.226	0.083	0.458	0.148	0.177	0.148	0.059	0.031	0.014	0.019	0.027
26	0.052	0.192	0.083	0.402	0.136	0.162	0.124	0.052	0.031	0.014	0.019	0.031
27	0.052	0.328	0.083	0.402	0.124	0.148	0.112	0.066	0.031	0.014	0.019	0.035
28	0.052	0.263	0.083	0.328	0.148	0.136	0.092	0.066	0.031	0.011	0.019	0.035
29	0.052	0.226	0.083		0.136	0.124	0.092	0.059	0.027	0.014	0.019	0.035
30	0.052	0.192	0.083		0.136	0.124	0.092	0.059	0.027	0.014	0.019	0.035
31		0.177	0.083		0.124		0.102		0.027	0.019		0.031
max	6.90	0.657	0.864	2.329	0.351	1.284	0.263	0.263	0.102	0.031	0.052	0.035
dat	6	2	6	20	11	19	18	3	18	3	10	5
sred	0.165	0.168	0.161	0.292	0.179	0.152	0.113	0.079	0.036	0.019	0.021	0.025
min	0.052	0.052	0.074	0.066	0.124	0.083	0.066	0.046	0.027	0.011	0.016	0.019
dat	26	1	25	2	26	13	12	18	16	22	3	1

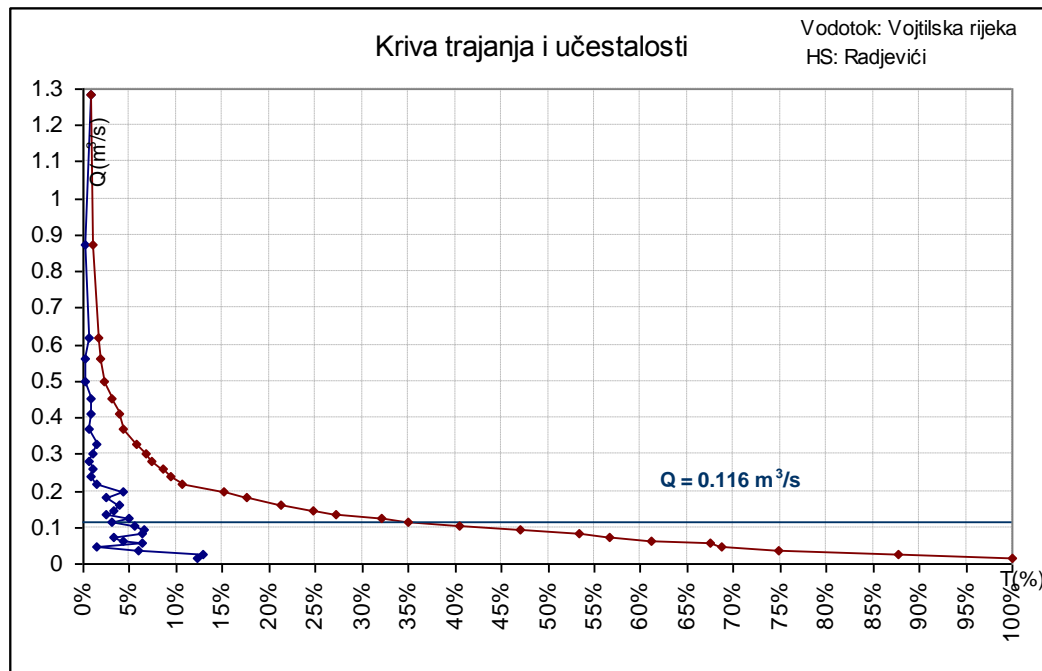
Qmax = 6.9  
dat 06.11.2009

Qsr = 0.116

Qmin = 0.011  
dat 22.08.2010



Godišnji hidrogram proticaja novembar 2009-oktobar 2010 godine je prikazan na slici iznad. Najvodniji mjeseci su u početnom periodu osmatranja, novembar 2009. do aprila 2010., a najsušniji jul, avgust, septembar i oktobar 2010.god.. Špic velike vode od 06. 11. 2009. je bio  $6,9 \text{ m}^3/\text{s}$  i bio je veći od srednje dnevnog protoka za taj dan za 6,9 puta što je prihvatljivo. Srednje godišnji protok od  $116 \text{ l/s}$  je imao specifični moduo godišnjeg oticaja od svega  $7,16 \text{ l/skm}^2$ .



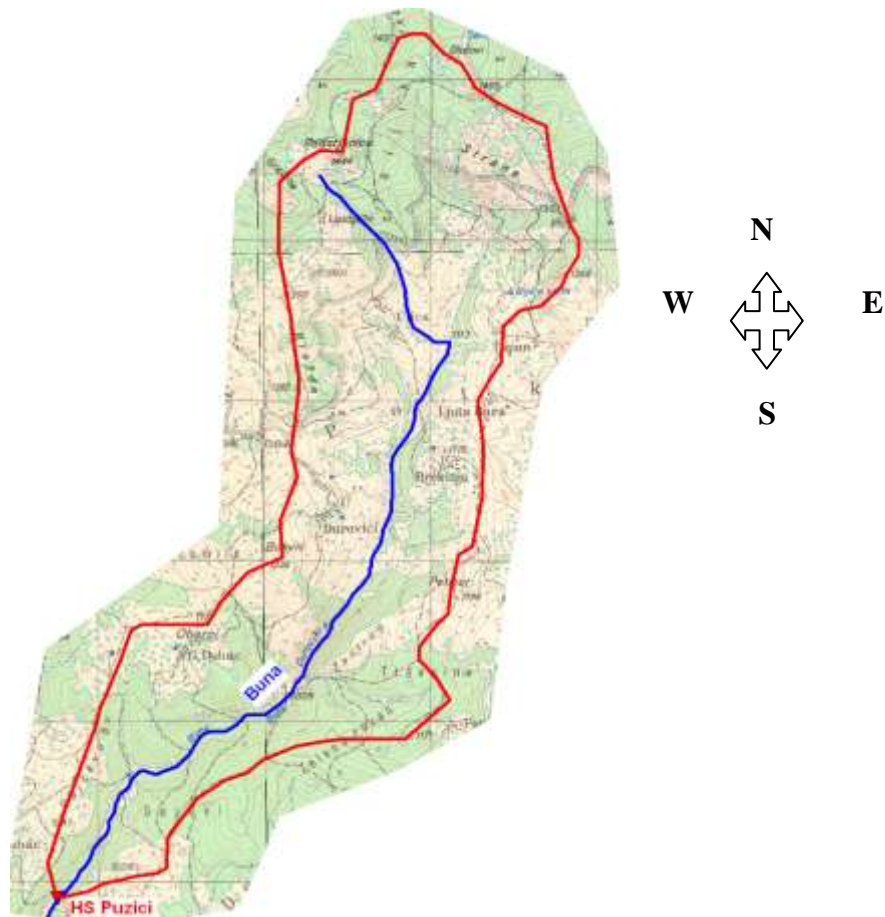
Kriva trajanja dnevnih protoka je prikazana na prethodnoj slici i može se zapaziti da srednji godišnji protoci ili veći od njih prosječno u toku godine traju oko 37% ili 135 dana.

Trajanje karakterističnih protoka tokom godine po kampadama krive trajanja je iznosilo:

Trajanje (%)	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%
Protok Q(m <sup>3</sup> /s)	0.355	0.231	0.189	0.167	0.144	0.131	0.122	0.112	0.1	0.094
Trajanje (%)	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%
Protok Q(m <sup>3</sup> /s)	0.083	0.076	0.061	0.044	0.034	0.028	0.020	0.017	0.011	0.01

**7. VODOTOK: BUNA  
HS: PUZIĆI**

## Pregled zahvaćenog sliva rijeke Bune

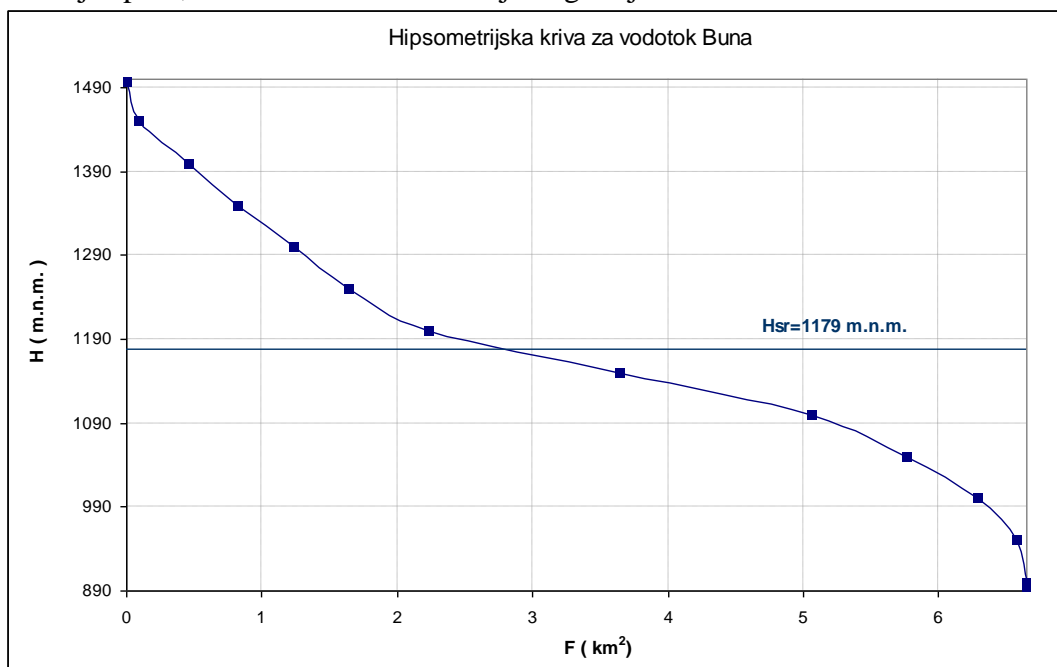


*Tabelarni egled fizičkogeografskih karakteristika analiziranog slivnog područja*

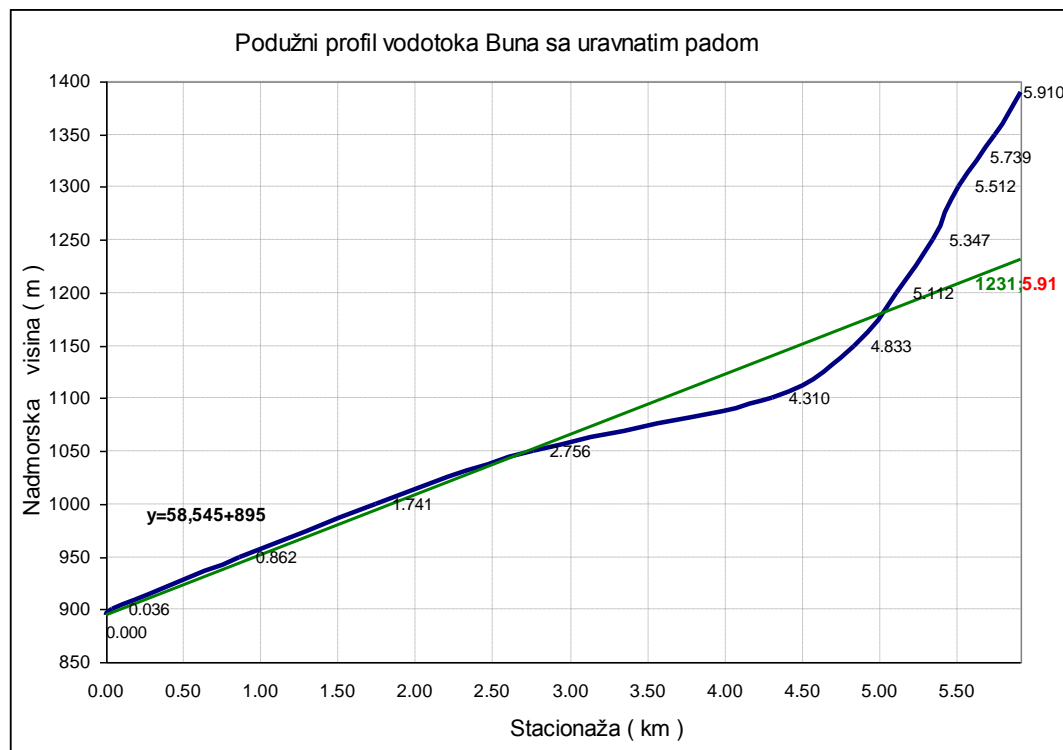
1	Površina sliva $F$	6,65	[km <sup>2</sup> ]
2	Dužina toka $L_T$	5,91	[km]
3	Dužina sliva $L_s$	6,10	[km]
4	Obim sliva $S$	14,6	[km]
5	Srednja širina sliva $B=F/L_s$	1,09	[km]
6	Pravolinijska udaljenost izvor-ušće $L_i$	4,72	[km]
7	Pravolinijska udaljenost težišta sliva od ušća $U_T$	3,12	[km]
8	Koeficijent razvijenosti vododjelnice $K_s$	1,599	[ - ]
9	Koeficijent izduženja sliva $K_\sigma$	5,25	[ - ]
10	Koeficijent koncentracije sliva $K_c$	0,292	[ - ]
11	Koeficijent krivudavosti toka $K_L$	1,252	[ - ]
12	Maksimalna visina sliva $H_{max}$	1497	[m n. m.]
13	Minimalna visina sliva $H_{min}$	895	[m n. m.]
14	Srednji pad sliva $I_{sr}$	34,1	[%]
15	Maksimalni pad kosine doline $I_{max}$	42,0	[%]
16	Srednja nadmorska visina sliva $H_{sr}$	1179	[m n. m.]
17	Srednja visinska razlika sliva $\Delta H$	284	[m]
18	Uravnati pad toka $I_t$	5,69	[%]
19	Maksimalni pad toka $I_{t1}$	30,4	[%]
20	Srednji maksimalni pad toka $I_{t2}$	8,37	[%]

Površina sliva iznad mjernog profila "Puzići" je 6,65 km<sup>2</sup>, dužina toka 5,91 km, dužina sliva 6,10 km, srednja širina sliva 1,09 km, maksimalna visina sliva 1497 mm, a minimalna je

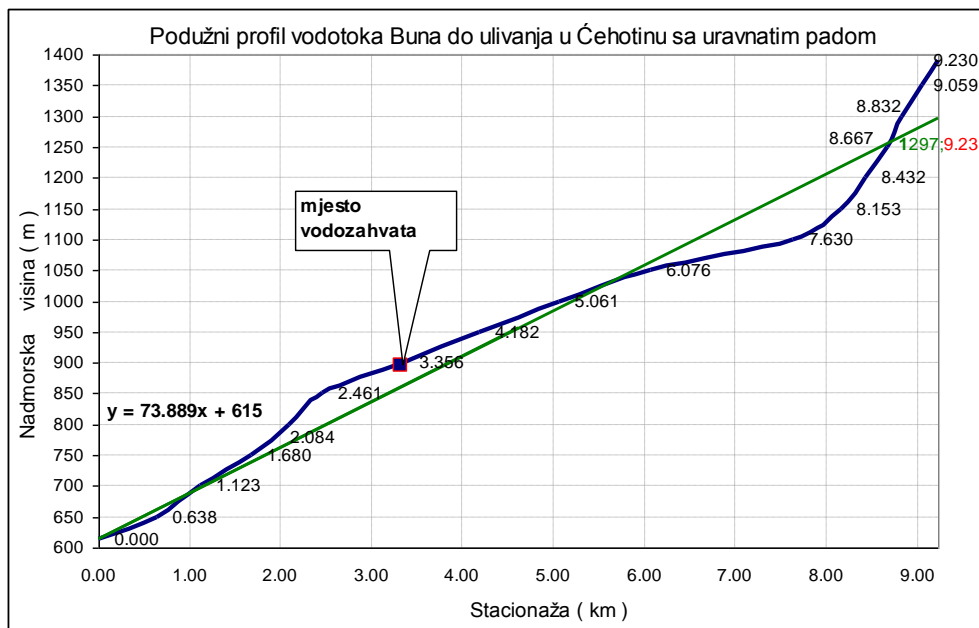
895 mm. Srednji pad sliva je 34,1%, srednja nadmorska visina sliva je 1179 mm, uravnati pad toka 5,69%, maksimalni pad toka 30,4% i td. Oblik sliva je vretenast a mogućnost nailaska velikih voda umanjena. Oblok sliva je duguljast ili izdužen što podrazumijeva da je koncentracija spora, intenziteti slabi a oticanje dugotrajno.



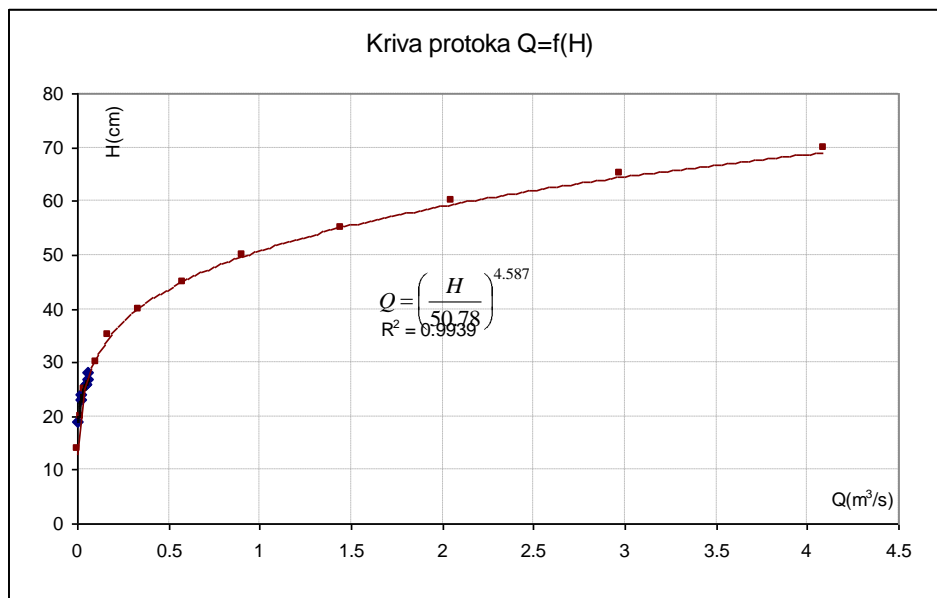
Hipsometrijska kriva površine sliva je prikazana na slici iznad. Srednja nadmorska visina sliva od 1179 mm biva dostignuta ili prevaziđena na 2,80 km<sup>2</sup> ili 42,1%.



Podužni pad toka sa stacionažom od 5,91km i uravnatim padom toka od 5,69% prikazan je ilustrativno. Jednačina uravnatog pada toka u funkciji stacionaže je oblika  $H = 58,55 L + 895$  (mnm).



Podužni profil ukupnog vodotoka Buna do uliva u Čehotinu prikazan je na gornjoj slici. Srednji uravnati pad toka je 7,39% , sa algebarskom jednačinom uravnatog pada toka  $H = 73,89 L + 615$  ( mnm ).



Ukupan broj izvršenih hidrometrijskih mjerenja brzina protoka je 8, s tim što jedno nije prihvaćeno, a pokrivenost krive protoka po amplitudi vodostaja je oko 50%, što je na rubu prihvatljivosti. Ekstrapolacija krive protoka je izvršena na uobičajen način po iskustvenoj metodi. Kriva protoka je stepena funkcija u obliku  $Q = \left( \frac{H}{50,78} \right)^{4,587}$  prema kojoj je izvršeno bilansiranje protoka.

## Pregled proticaja

Vodotok: Buna  
HS: Puzići

	2009				2010							
	dec	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	aug	sep	oct	nov
1	0.027	0.065	0.027	0.121	0.055	0.055	0.047	0.104	0.027	0.014	0.007	0.027
2	0.077	0.065	0.027	0.121	0.055	0.055	0.047	0.121	0.027	0.014	0.007	0.027
3	0.104	0.065	0.027	0.121	0.055	0.047	0.055	0.090	0.027	0.014	0.007	0.022
4	0.090	0.055	0.032	0.121	0.055	0.047	0.047	0.065	0.027	0.014	0.007	0.018
5	0.065	0.055	0.027	0.104	0.047	0.047	0.047	0.055	0.027	0.014	0.009	0.018
6	0.055	0.139	0.027	0.090	0.047	0.047	0.039	0.047	0.022	0.014	0.014	0.018
7	0.047	0.139	0.027	0.077	0.047	0.047	0.039	0.039	0.022	0.018	0.011	0.014
8	0.039	0.121	0.027	0.077	0.047	0.039	0.039	0.039	0.022	0.014	0.009	0.027
9	0.047	0.104	0.027	0.077	0.047	0.039	0.032	0.032	0.022	0.022	0.007	0.047
10	0.039	0.090	0.027	0.077	0.047	0.039	0.032	0.032	0.022	0.027	0.007	0.090
11	0.039	0.077	0.027	0.065	0.047	0.032	0.032	0.032	0.022	0.022	0.007	0.121
12	0.039	0.065	0.032	0.077	0.047	0.032	0.027	0.027	0.018	0.014	0.007	0.077
13	0.039	0.065	0.032	0.065	0.047	0.032	0.027	0.027	0.018	0.011	0.007	0.055
14	0.039	0.055	0.032	0.065	0.047	0.027	0.027	0.027	0.018	0.009	0.009	0.039
15	0.039	0.055	0.032	0.065	0.047	0.039	0.027	0.027	0.018	0.009	0.009	0.032
16	0.032	0.047	0.032	0.065	0.047	0.077	0.027	0.027	0.018	0.009	0.009	0.027
17	0.032	0.047	0.039	0.065	0.047	0.139	0.022	0.027	0.018	0.009	0.009	0.032
18	0.032	0.039	0.065	0.055	0.047	0.207	0.022	0.032	0.018	0.009	0.009	0.039
19	0.032	0.039	0.121	0.065	0.077	0.182	0.022	0.032	0.014	0.009	0.018	0.032
20	0.027	0.039	0.419	0.065	0.235	0.139	0.027	0.032	0.014	0.011	0.022	0.032
21	0.027	0.039	0.467	0.065	0.159	0.104	0.032	0.032	0.014	0.011	0.022	0.032
22	0.027	0.032	0.235	0.065	0.121	0.104	0.039	0.032	0.014	0.009	0.018	0.121
23	0.090	0.032	0.159	0.077	0.104	0.121	0.055	0.032	0.014	0.007	0.014	0.182
24	0.139	0.032	0.159	0.077	0.090	0.104	0.047	0.027	0.014	0.007	0.014	0.065
25	0.121	0.032	0.182	0.077	0.077	0.090	0.039	0.027	0.011	0.009	0.014	0.039
26	0.104	0.032	0.159	0.077	0.077	0.077	0.032	0.027	0.011	0.009	0.032	0.032
27	0.121	0.032	0.139	0.065	0.077	0.065	0.039	0.027	0.011	0.009	0.032	0.032
28	0.121	0.032	0.121	0.077	0.065	0.047	0.047	0.032	0.011	0.007	0.032	0.047
29	0.104	0.032		0.065	0.065	0.047	0.047	0.027	0.014	0.007	0.027	0.207
30	0.090	0.032		0.065	0.055	0.039	0.065	0.027	0.014	0.009	0.032	0.182
31	0.077	0.032		0.055		0.047		0.032	0.018		0.032	
max	0.182	0.159	0.849	0.121	0.265	0.235	0.121	0.159	0.027	0.047	0.039	0.773
dat	23	6	20	1	20	18	30	1	1	10	26	22
sred	0.063	0.058	0.097	0.078	0.069	0.071	0.037	0.040	0.018	0.012	0.015	0.058
min	0.018	0.032	0.027	0.055	0.039	0.027	0.022	0.022	0.009	0.007	0.005	0.014
dat	1	22	1	18	9	12	15	16	26	16	4	6

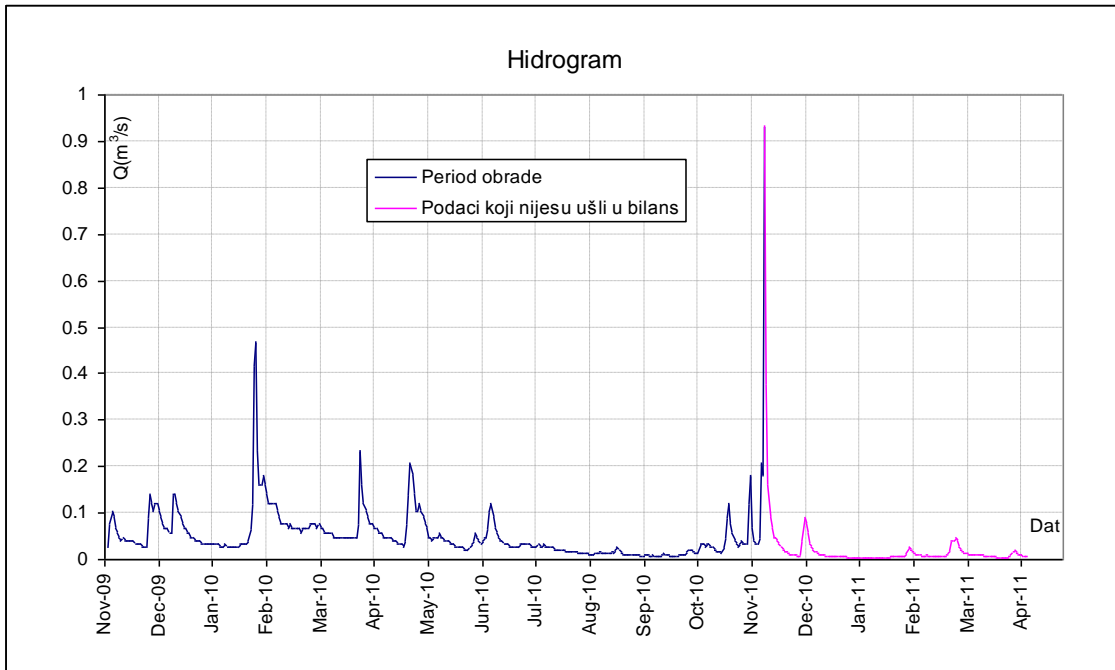
Qmax = 0.849

dat 20.02.2010.

Qsr = 0.051

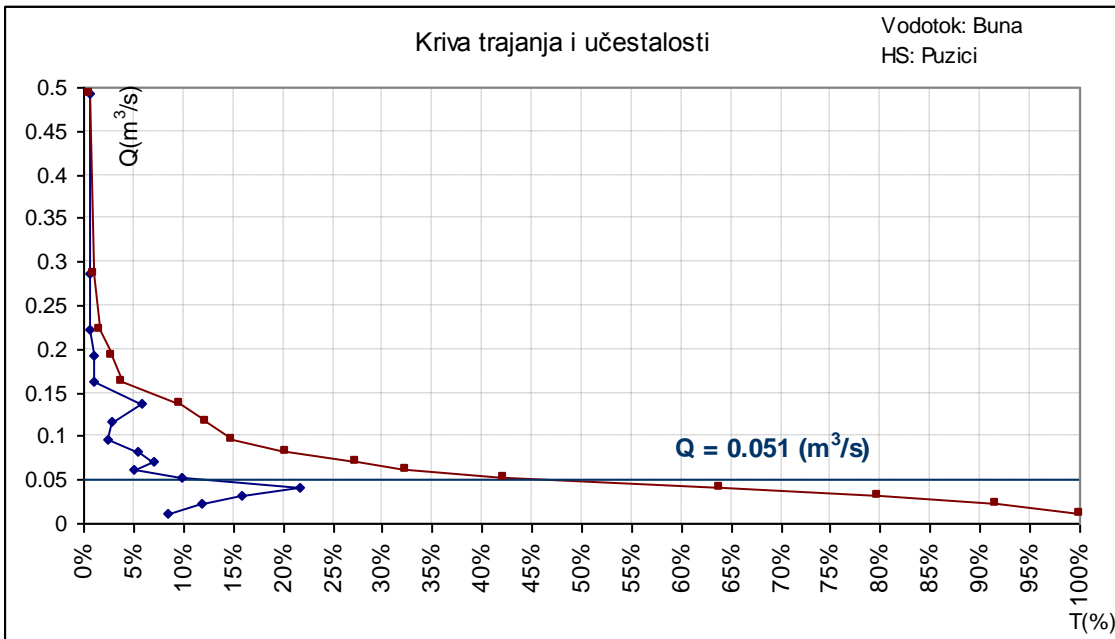
Qmin = 0.005

dat 04.10.2010



Proračun bilansa za kalendarsku godinu decembar 2009- novembar 2010, prema kojem je dobijen srednji godišnji protok od 51,0 l/s.

Špic vrha talasa od 20. 02. 2010.godine od 0,849 m<sup>3</sup>/s i veći je od srednje dnevnog protoka za taj dan za 2.03 puta. Modul oticanja srednje godišnje vode je 7.7 l/s/km<sup>2</sup>

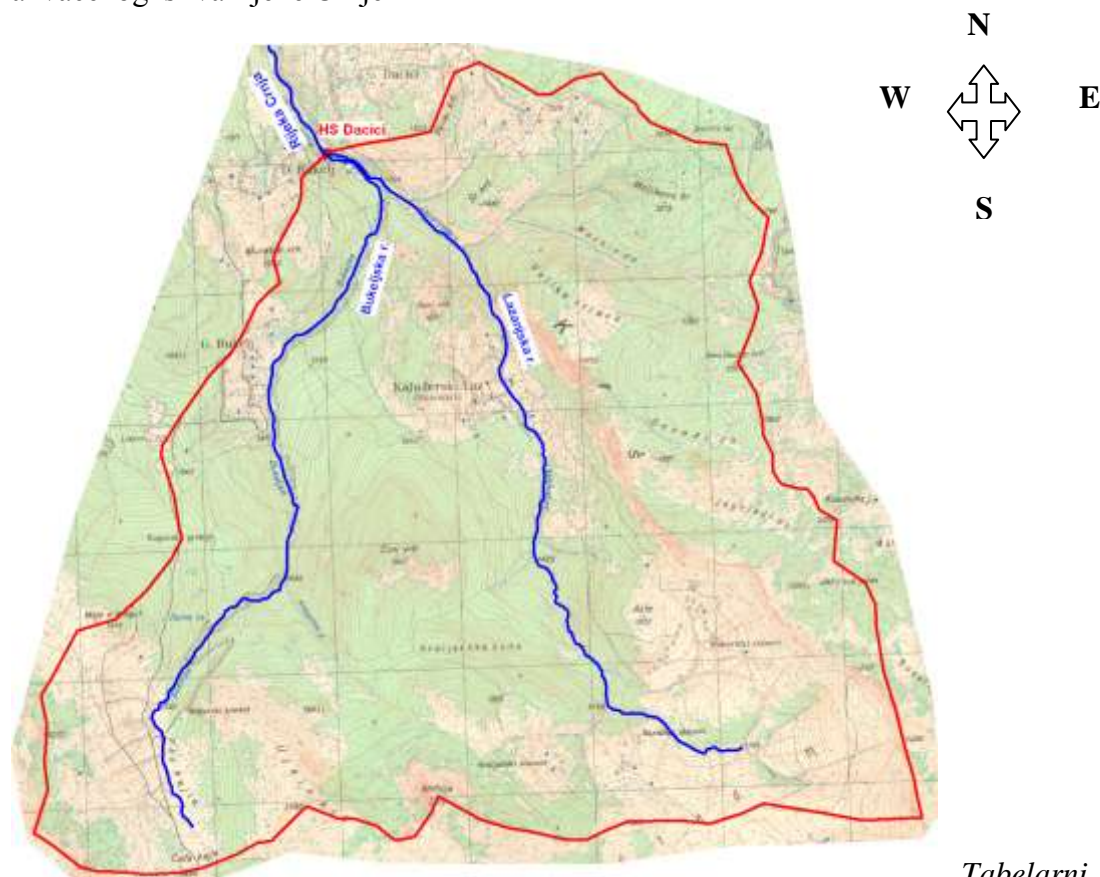


Trajanje (%)	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%
Protok Q(m <sup>3</sup> /s)	0.158	0.138	0.096	0.081	0.075	0.065	0.058	0.054	0.052	0.049
Trajanje (%)	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%
Protok Q(m <sup>3</sup> /s)	0.047	0.044	0.042	0.038	0.035	0.027	0.021	0.018	0.012	0.007

**- SLIV IBRA -**

**8. VODOTOK: CRNJA  
HS: DACIĆI**

## Pregled zahvaćenog sliva rijeke Crnje

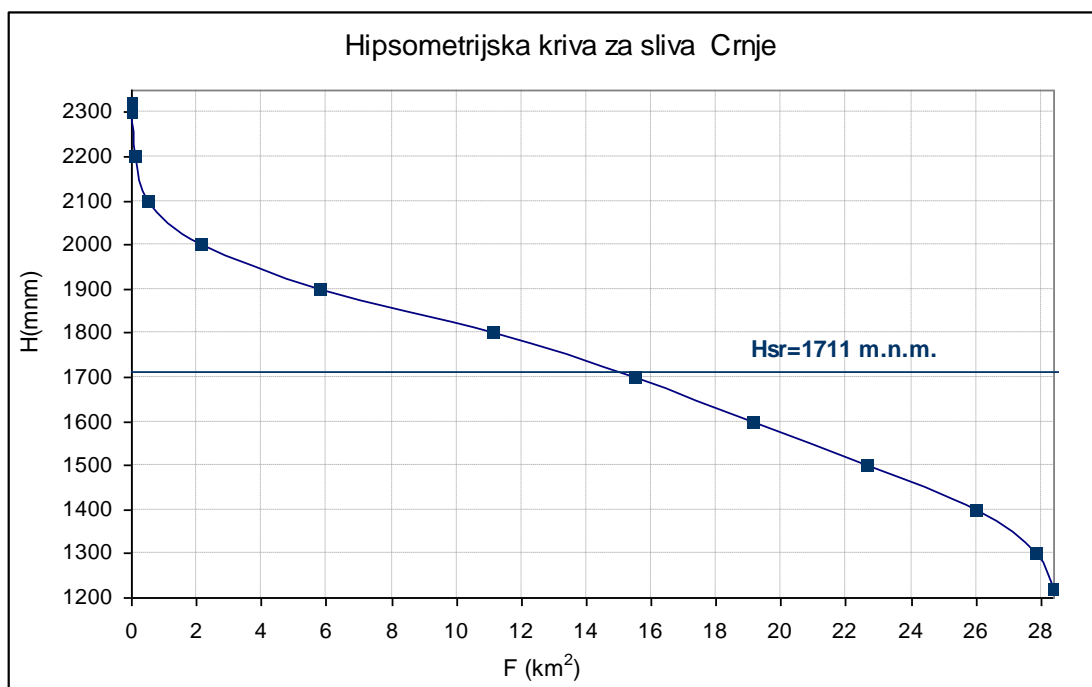


Tabelarni

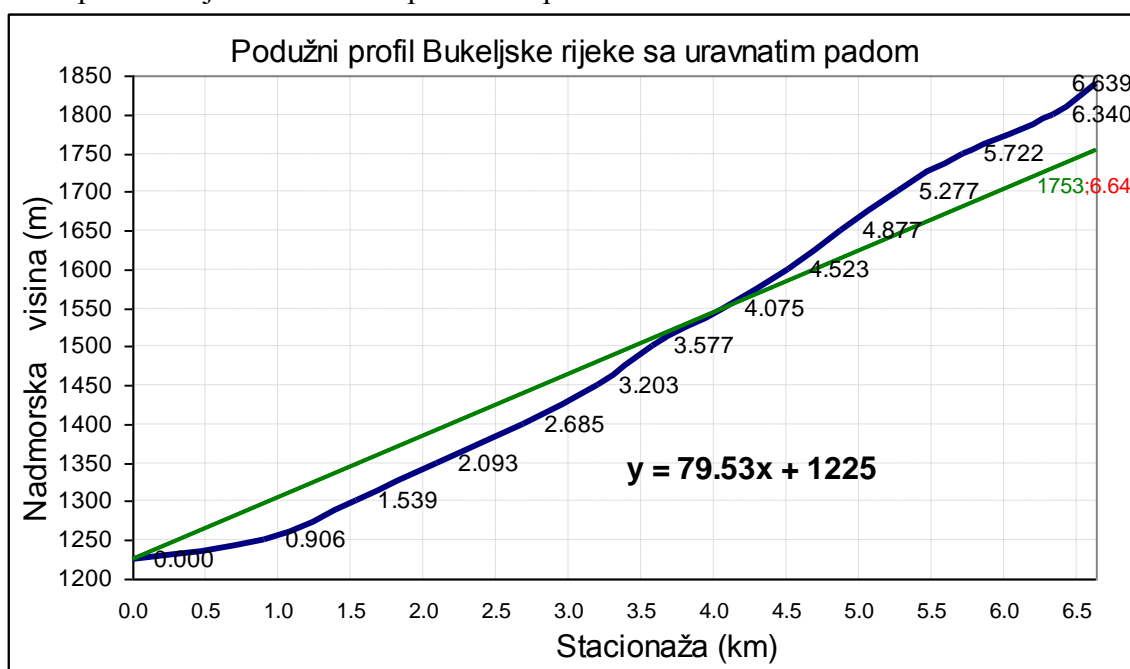
egled fizičkogeografskih karakteristika analiziranog slivnog područja

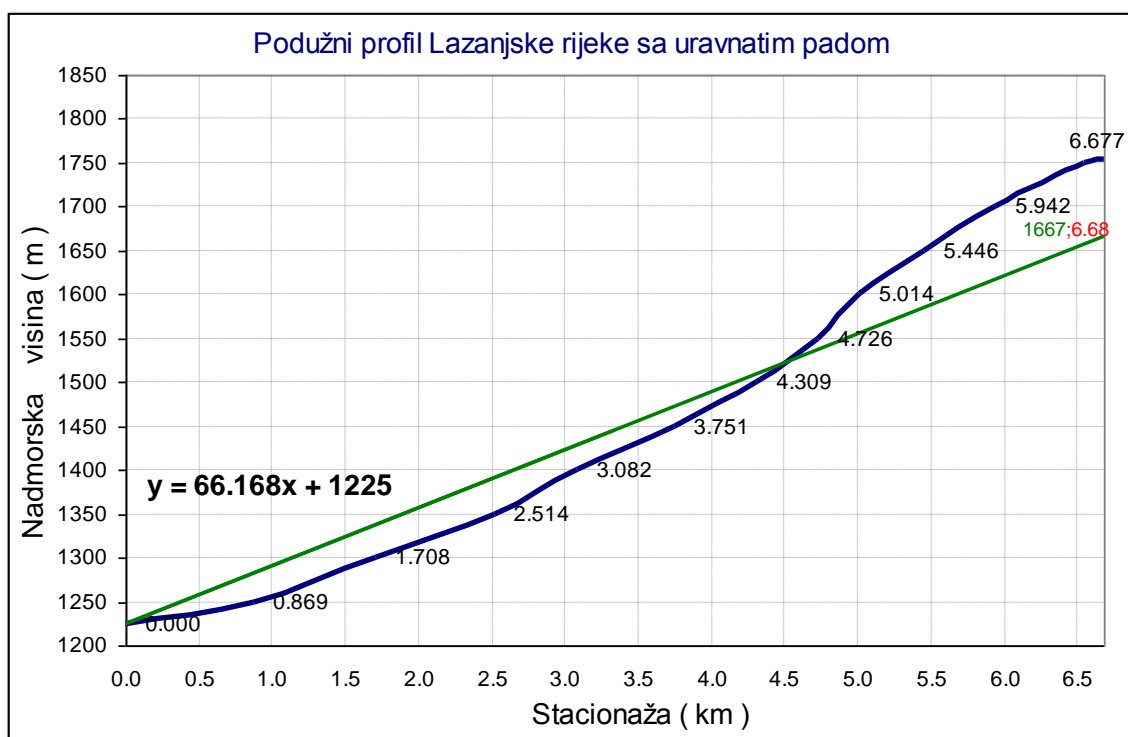
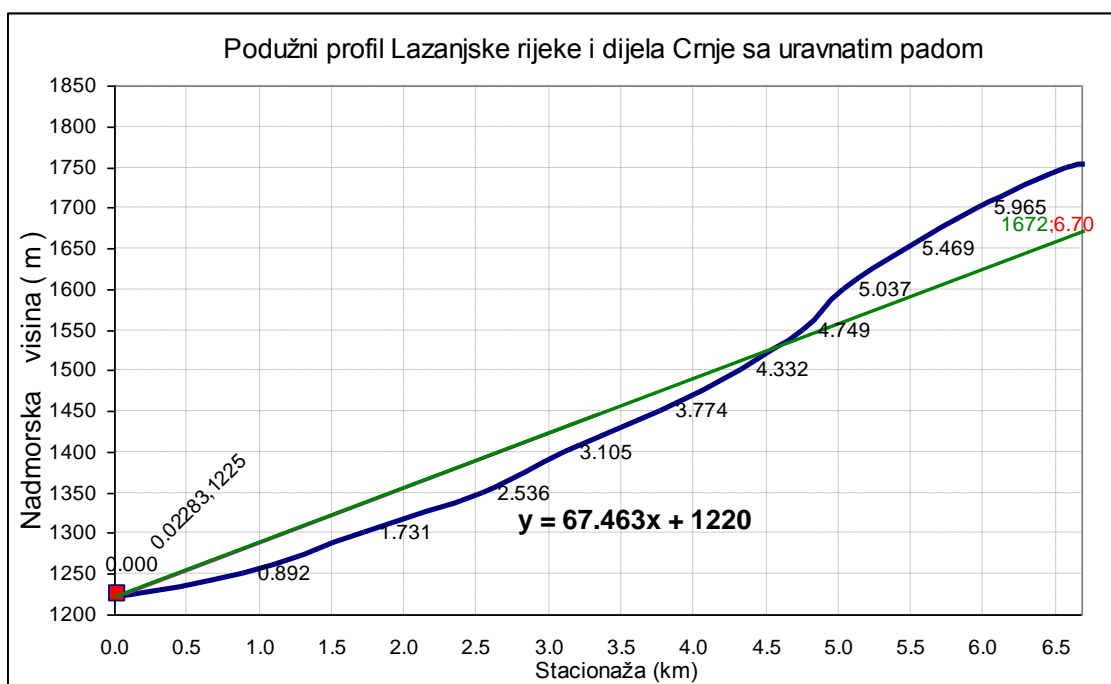
1	Površina sliva $F$	28,4	[km <sup>2</sup> ]
2	Dužina toka $L_T$	6,70	[km]
3	Dužina sliva $L_s$	7,05	[km]
4	Obim sliva $S$	23,7	[km]
5	Srednja širina sliva $B=F/L_s$	4,03	[km]
6	Pravolinijska udaljenost izvor-ušće $L_i$	5,69	[km]
7	Pravolinijska udaljenost težišta sliva od ušća $U_T$	2,74	[km]
8	Koeficijent razvijenosti vododjelnice $K_s$	1,256	[ - ]
9	Koeficijent izduženja sliva $K_\sigma$	1,580	[ - ]
10	Koeficijent koncentracije sliva $K_c$	0,875	[ - ]
11	Koeficijent krivudavosti toka $K_L$	1,177	[ - ]
12	Maksimalna visina sliva $H_{max}$	2320	[m n. m.]
13	Minimalna visina sliva $H_{min}$	1220	[m n. m.]
14	Srednji pad sliva $I_{sr}$	37,8	[%]
15	Maksimalni pad kosine doline $I_{max}$	56,3	[%]
16	Srednja nadmorska visina sliva $H_{sr}$	1711	[m n. m.]
17	Srednja visinska razlika sliva $\Delta H$	491	[m]
18	Uravnati pad toka $I_t$	6,75	[%]
19	Maksimalni pad toka $I_{t1}$	17,4	[%]
20	Srednji maksimalni pad toka $I_{t2}$	7,97	[%]

Rijeku Crnju čine Bukeljska i Lazanjska rijeka. To je desna pritoka Ibra prvog reda. Površina sliva do profila HS Dacići koji je analiziran u ovom elaboratu je 28.4 km<sup>2</sup> a dužina toka 6.70 km. Maksimalna visina u slivu je 2320 mm a srednja nadmorska visina u slivu je 1711 mm što se vidi sa grafika hipsometrijske krive sliva. Od ukupne površine sliva 83% se nalazi između kota 1400 i 1900 mm. Sliv je lepezast, koncentracija nagla, mjerodavni intenziteti vrlo veliki a otjecanje kratkotrajno.

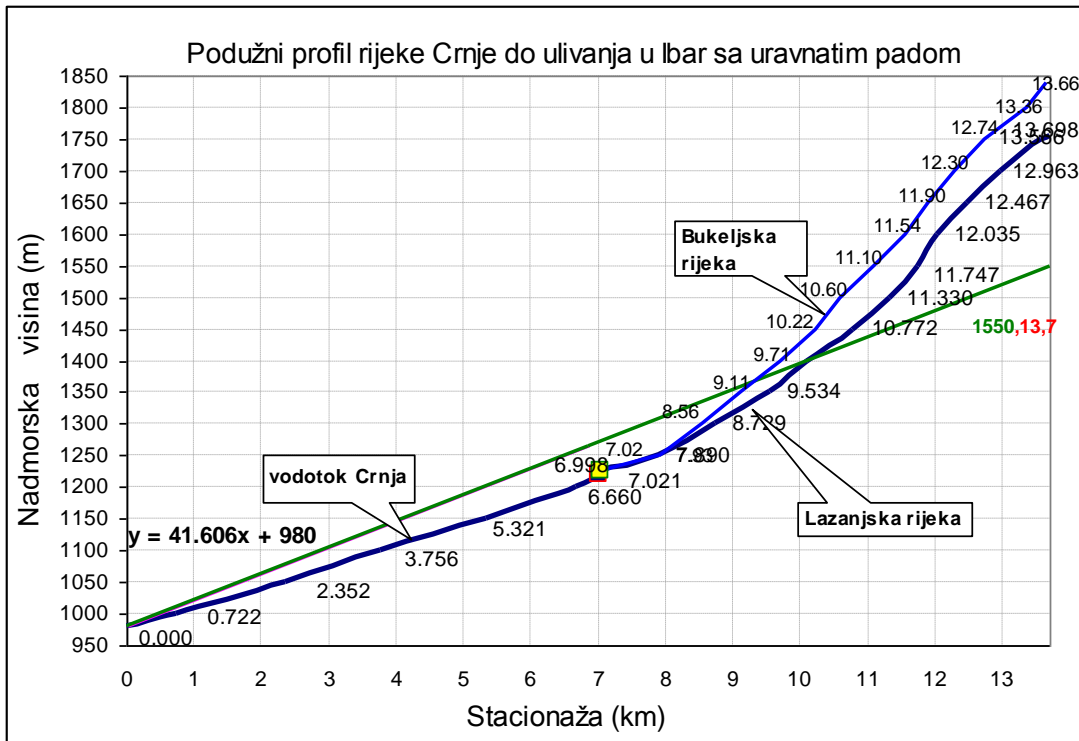


Podužni profil Crnje sa uravnatim padom do profila HS Dacići.

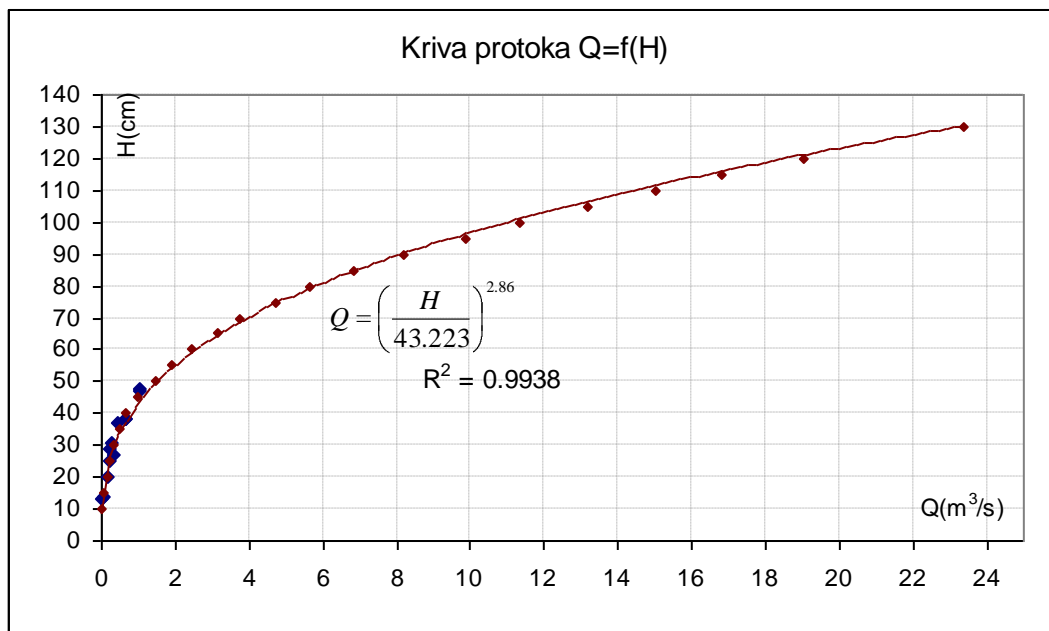




Podužni profil čitavog vodotoka do njegovog ulivanja u Ibar sa vodotocima koji je formiraju dat je na grafiku koji slijedi.



Na ovom vodotoku osmatranja i mjerenja trajala su od novembra 2009 do oktobra 2010 godine. Ukupan broj izvršenih hidrometrijskih mjerenja u tom periodu je 12 i sva mjerenja su se mogla koristiti pri formiranju krive protoka. Pokrivenost amplitude nije velika i iznosi svega 38%. Na osnovu veličine sliva, mogućeg oticanja u slivu i njegove maksimalne vrijednosti formirana je kriva protoka u obliku stepene fnkcije  $Q = \left( \frac{H}{43.223} \right)^{2.86}$



## Pregled proticaja

Vodotok: Crnja  
HS: Dacići

	2009				2010							
	nov	dec	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	aug	sep	oct
1	0.423	0.11	0.86	0.069	0.641	1.35	1.605	0.745	1.89	0.04	0.026	0.026
2	0.387	0.352	0.745	0.082	1.122	1.052	1.605	0.462	1.271	0.032	0.026	0.026
3	0.387	0.547	0.547	0.165	0.745	0.921	1.517	0.387	0.921	0.026	0.026	0.026
4	0.387	0.503	0.547	0.069	0.593	0.921	1.35	0.462	0.745	0.04	0.026	0.026
5	0.503	0.319	0.641	0.048	0.503	0.985	1.432	0.692	0.547	0.032	0.026	0.032
6	2.206	0.234	2.806	0.048	0.352	0.86	1.697	0.641	0.462	0.026	0.026	0.423
7	10.09	0.209	4.304	0.048	0.423	0.692	1.432	0.503	0.387	0.026	0.026	0.165
8	4.304	0.209	1.605	0.04	0.352	0.641	1.052	0.387	0.352	0.026	0.026	0.048
9	2.319	0.319	1.992	0.04	0.352	0.641	0.801	0.319	0.289	0.026	0.026	0.026
10	1.792	0.26	1.517	0.04	0.289	0.641	0.692	0.289	0.26	0.026	0.026	0.026
11	1.195	0.209	0.921	0.04	0.234	0.593	0.692	0.234	0.234	0.026	0.058	0.026
12	0.86	0.209	0.692	0.032	0.209	0.547	0.641	0.209	0.209	0.026	0.026	0.026
13	0.641	0.165	0.547	0.04	0.186	0.593	0.641	0.165	0.165	0.026	0.026	0.026
14	0.503	0.186	0.423	0.032	0.186	0.692	0.547	0.145	0.165	0.026	0.026	0.095
15	0.423	0.145	0.423	0.032	0.165	1.35	0.801	0.127	0.127	0.026	0.026	0.095
16	0.352	0.127	0.289	0.032	0.145	2.206	1.122	0.11	0.127	0.026	0.026	0.058
17	0.319	0.127	0.289	0.048	0.127	2.319	0.86	0.095	0.186	0.026	0.026	0.032
18	0.26	0.127	0.234	0.641	0.127	1.792	0.801	0.095	0.145	0.026	0.026	0.11
19	0.234	0.186	0.186	0.503	0.127	4.477	0.692	0.095	0.145	0.026	0.026	2.937
20	0.186	0.145	0.165	1.89	0.165	5.023	0.547	0.082	0.11	0.026	0.026	0.86
21	0.165	0.145	0.234	1.432	0.387	2.937	0.593	0.082	0.095	0.026	0.026	0.423
22	0.145	0.209	0.319	0.641	0.86	2.206	1.195	0.319	0.082	0.026	0.026	0.289
23	0.127	0.692	0.319	0.547	1.122	1.89	1.992	1.792	0.058	0.026	0.026	0.209
24	0.127	0.801	0.423	0.745	1.517	2.319	1.517	0.745	0.058	0.026	0.026	0.165
25	0.11	1.35	0.985	0.593	1.992	2.679	1.122	0.423	0.11	0.026	0.026	0.145
26	0.095	1.35	1.271	0.462	2.097	2.937	0.86	0.319	0.127	0.026	0.048	0.127
27	0.095	2.937	0.745	0.423	2.206	2.555	0.692	1.35	0.145	0.026	0.026	0.145
28	0.127	2.097	0.547	0.352	1.992	2.097	0.593	4.477	0.127	0.026	0.026	0.127
29	0.127	1.195	0.095		1.432	1.697	0.547	2.206	0.069	0.026	0.04	0.127
30	0.095	0.86	0.058		1.195	1.517	0.462	2.206	0.048	0.026	0.032	0.145
31		0.801	0.069		1.605		0.462		0.048	0.026		0.127
max	20.85	5.411	8.408	3.81	3.073	7.394	2.679	9.226	2.206	0.069	0.234	9.798
dat	7	27	7	20	27	19	22	27	1	4	11	19
sred	0.966	0.552	0.8	0.326	0.756	1.704	0.986	0.672	0.313	0.027	0.028	0.23
min	0.082	0.048	0.048	0.026	0.095	0.503	0.387	0.069	0.04	0.020	0.02	0.02
dat	30	21	30	16	19	12	31	17	30	3	20	5

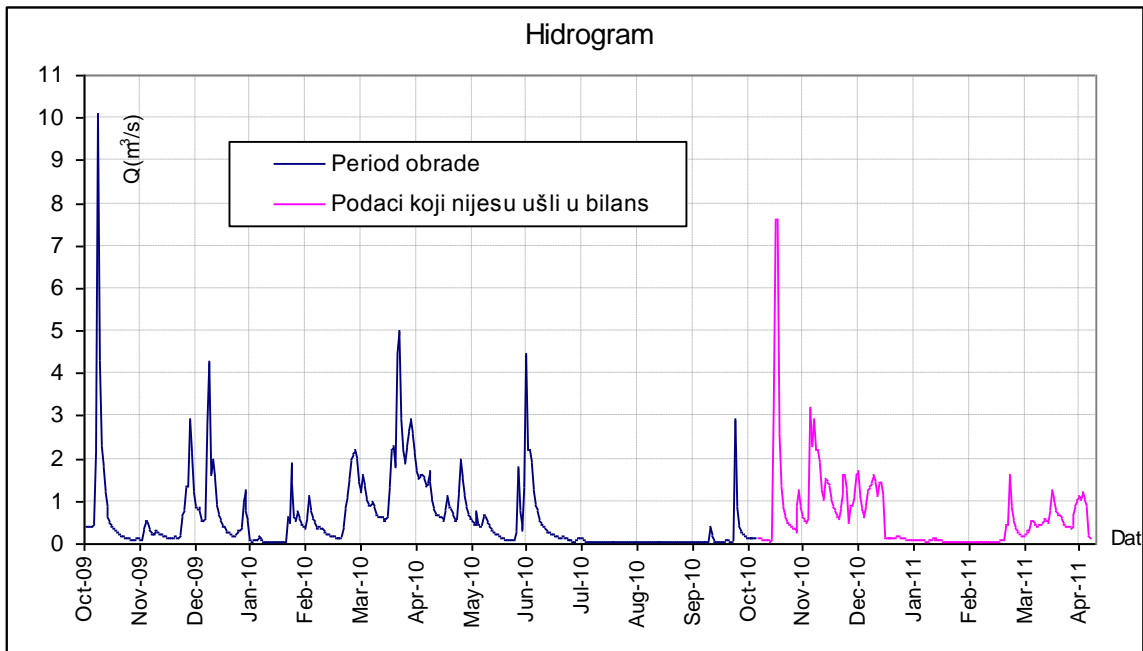
Qmax = 20.85

Qsr = 0.613

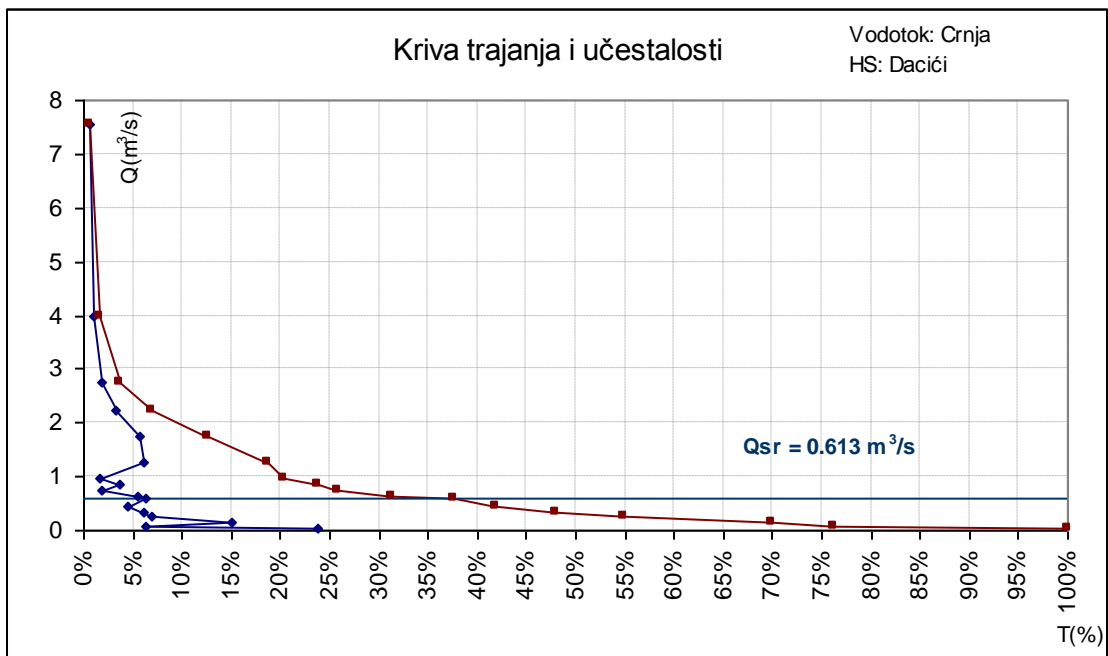
Qmin = 0.02

dat 07.11.2009

dat 03.08.2010



Kriva trajanja i učestalosti sa srednjim protokom, za period osmatranja i mjerenja, data je na slici koja slijedi.



Karakteristična trajanja data su u tabeli

Trajanje (%)	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%
Protok $Q(m^3/s)$	2.53	1.93	1.87	0.967	0.800	0.667	0.601	0.50	0.40	0.306
Trajanje (%)	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%
Protok $Q(m^3/s)$	0.267	0.200	0.153	0.127	0.100	0.08	0.053	0.041	0.031	0.02

## ZAVRŠNA RAZMATRANJA

U okviru ove tačke daćemo kratak osvrt na dobijene rezultate u odnosu na vodnost perioda koji je analiziran.

Za vodotoke iz sliva gornje Morače, Javorski potok, Koštanica i Raštak analizirani su podaci sa padavinskih stanica Dragovića Polje i Manastir Morača. Podaci koji su analizirani sa ovih stanica daju različitu procjenu vodnosti perioda obrade, urađena je njihova analiza u kontekstu šireg regiona i došli do rezultata da je analizirani period bio vodniji za sliv Morače za 28.5 % u odnosu na višegodišnji period tj klimatsku normalu koja je data u Vodoprivrednoj osnovi CG.

Što se tiče vodotoka iz sliva Čehotine, Buna, Koritnik, Vojtilska analizirani su podaci sa padavinskih stanica Gradac i Šupla stijena u odnosu na klimatsku normalu padavine za analizirani period su bile veće za 4%.

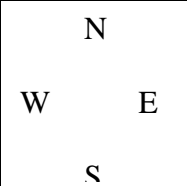
Za sliv Ibra i rijeku Crnju imali smo podatke sa padavinske stanice Rožaje. Vodnost perioda u ovom slučaju je bila veća 5% u odnosu na višegodišnji prosjek.

Kako su promjene vrijednosti vodnosti za Čehotinu i Ibar u odnosu na višegodišnji period jako male i mogu se smatrati u domenu stalnih greški obrade i mjerenja, to ćemo dobijene vrijednosti za njih smatrati reda veličine višegodišnjeg protoka tj. nećemo ih korigovati.

U nastavku daćemo tabelarni pregled dobijenih karakterističnih voda, njihove specifične module oticanja i koeficijente oticaja. Padavine koje smo koristili za izračunavanje ovih veličina su prosječne za taj sliv a vrijednosti proticaja su korigovane u odnosu na vodnost za sliv Morače, dok su za sliv Ibra i Čehotine ostale iste.

Kako je hidrološka stanica na Koštanici odnešena velikim vodama iz decembra 2010 godine to je za njenu obradu bilo na raspolaganju svega 223 dana u kontinuitetu. Za taj period je sastavljen bilans i kriva trajanja, međutim u okviru procjene na višegodišnji period nijesmo ulazili iz razloga što u okviru Hidrometeorološkog zavoda Crne Gore za ovaj vodotok postoje osmatranja i mjerenja u periodu 1985-1993 za koji je srednji protok  $0.920 \text{ m}^3/\text{s}$  i preporuka je obrađivača eventualnim zainteresovanim koncesionarima da se baziraju na te podatke.

Takođe za vodotok Koritnik iz sliva Čehotine bilo je nemoguće sastaviti bilans na osnovu sopstvenih osmatranja i mjerenja već je za njega srednji višegodišnji protok određen na osnovu parametarskih metoda i usvojen  $0.151 \text{ m}^3/\text{s}$  što podrazumijeva njegova dodatna osmatranja i mjerenja.



r b	Naziv stanice	Vodotok	F (km <sup>2</sup> )	Q <sub>max</sub> (m <sup>3</sup> /s)	q <sub>max</sub> (l/s/km <sup>2</sup> )	Q <sub>sr</sub> (m <sup>3</sup> /s)	q <sub>sr</sub> (l/s/km <sup>2</sup> )	Q <sub>min</sub> (m <sup>3</sup> /s)	q <sub>min</sub> (l/s/km <sup>2</sup> )	P (mm)	Koef otican
1	Zalom	Morača	10.1	6.94	687.4	0.808	80	0.071	7.01	2400	1.05
2	Raskrslac	Javorski p.	9.24	9.87	1068	0.202	21.9	0	-	1900	0.365
3	Raštak	Raštak	4.95	1.09	220.2	0.307	61.7	0.038	7.66	1983	0.991
4	Đurđevina	Koštanica	19.3	30.87	1599	0.920	47.7	0.042	2.18	1983	0.762
5	Provalija	Koritnik	8.9			0.151	17.0			1350	0.399
6	Rađevići	Vojtilska	16.2	6.9	425.9	0.116	7.2	0.011	0.679	920	0.247
7	Puzići	Buna	6.65	0.849	127.7	0.051	7.7	0.005	0.752	920	0.264
8	Dacići	Crnja	28.4	20.85	734.2	0.613	21.58	0.02	0.704	882	0.776

Koeficijenti oticaja su u tijesnoj vezi sa hidrogeološkim osobenostima sliva. Oni se kreću u dosta širokim granicama. Najmanji su u slivu Čehotine dok u slivu Morace, Zalom imaju vrijednost veću od 1. Poznato je da su koeficijenti oticaja u slivu Morače visoki i kreću se oko 0.8 dok na višim profilima prelaze tu vrijednost. Te visoke vrijednosti nastaju dijelom zbog prirode oticaja (oticanje sa stijenske mase) a dijelom su fenomen djelovanja karstnih fenomena, jer se voda koja ponire u karstnim formacijama podzemnim putem, bez većih gubitaka, pojavljuje na brojnim karstnim izvorima.

Upravo zbog pomenutih složenih formi oticanja u uslovima razvijenih oblika karstifikacije, kao i diskontinuiteta u tečenju koji zbog toga nastupa, nije moguće uobičajeno bilansiranje prosječnih protoka na ušćima rijeka kako se to radi na slivovima gdje taj fenomen nije izražen. U uslovima hidrografske-hidrološke diskontinuiteta u oticanju izlaz je u postavljanju gušće mreže vodomjernih stanica, kako bi se bilansno mogli pratiti proticaji prije i nakon svih većih karstnih izvora i ponora.

**Osvrt na vrijednosti dobijene u prethodnoj tabeli pokazuju veliku heterogenost po svim parametrima, kako u mjernim podacima tako i po njima izvedenim veličinama.**

**Iskustvo sa prethodnim obradama malih vodotoka u svrhu hidroenergetskog iskorišćenja takođe ovo potvrđuje.**

**Sve upućuje da se u narednim fazama sa daljim hidrološkim istragama mora nastaviti, a rezultate dobijene ovom hidrološkom obradom treba prihvatiti kao početak u detaljnijem definisanju svih vodnog bilansa svakog od ovih vodotoka.**