

“HIDRO-MIN” d.o.o. Čačak



**IDEJNO REŠENJE MHE „STUDENICA S4 – GRADINA“
Elaborat – Hidrološka studija**




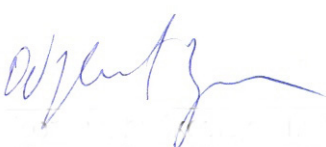
ИНСТИТУТ ЗА РУДАРСТВО И МЕТАЛУРГИЈУ БОР
Зелени булевар 35,
19210 Бор, Србија



Čačak, april 2021. god.



1.1.- NASLOVNA STRANA INŽENJERSKOG OBJEKTA MHE „STUDENICA S4 - GRADINA“

Investitor:	“HIDRO-MIN” d.o.o Nikole Tesle 21b, 32 000 Čačak, Srbija
Objekat:	Mala hidroelektrana (MHE) „Studenica S4 - Gradina“ brana sa mašinskom zgradom na k.p. br. 621/2, 5703 sve K.O. Tadenje i 2132 2044/1, 2045, 2046. 2044/2 sve K.O. Ušće; akumulacija na k.p.br 35, 38/1, 38/2, 60/2, 53/3, 61/1, 53/2, 545/2, 545/1, 552/2, 552/1, 620/2, 615/2, 610/2, 610/1, 621/1, 621/2, 5703 sve K.O. Tadenje i k.p. br. 2132, 1904/3, 1903/3, 1902/2, 1899/7, 1899/6, 1898/1, 1896/2, 1895, 1894, 1893, 1891, 1888, 1887, 1886/2, 1885/1, 1885/2, 1883, 1884/2, 1884/1, 1904/2, 1903/2, 1899/2, 1898/2, 1892 sve K.O. Ušće i interne saobraćajnice na k.p.br. 2044/2, 2044/1, 2047, 2051, 2045 sve K.O. Ušće, Grad Kraljevo
Vrsta teh. dokumentacije:	IDR - Idejno rešenje
Naziv i oznaka dela projekta:	HS – Hidrološka studija
Za građenje/izvođenje radova:	Nova gradnja
Projektant:	“ENHY GROUP” d.o.o., Čačak Danice Marković 67/17, Čačak
Odgovorno lice projektanta:	Zoran Bogdanović Potpis: 
Odgovorni projektant:	Zoran Obušковиć, dipl.inž.građ.
Broj licence:	313 4848 03 Potpis: 
Broj tehničke dokumentacije:	IDR-02/21-HS
Mesto i datum:	Čačak, april 2021. god.



1.2. SADRŽAJ HIDROLOŠKE STUDIJE OBJEKTA MHE „STUDENICA S4 - GRADINA“

1.1.	Naslovna strana projekta	
1.2.	Sadržaj projekta	
1.3.	Rešenje o određivanju odgovornog projektanta	
1.4.	Izjava odgovornog projektanta	
1.5.	Tekstualna dokumentacija	
1.5.1.	Uvod	
1.5.2.	Osnovne fizičko-geografske karakteristike analiziranog sliva	
1.5.3.	Izučenosť sliva, raspoloživa dokumentacija i podaci	
1.5.4.	Analiza srednjih voda	
1.5.5.	Analiza malih voda	
1.5.6.	Analiza velikih voda	
1.5.7.	Zaključak	
1.5.8.	Literatura	
Prilog 1	Pregledna karta sliva reke Studenice do profila MHE „Studenica S4 – Gradina“	



1.3. REŠENJE O ODREĐIVANJU ODGOVORNOG PROJEKTANTA HIDROLOŠKE STUDIJE ZA OBJEKAT MHE „STUDENICA S4 - GRADINA“

Na osnovu člana 128.Zakona o planiranju i izgradnji ("Službeniglasnik RS", br. 72/09, 81/09-ispravka, 64/10 odluka US, 24/11 i 121/12, 42/13–odluka US, 50/2013–odluka US, 98/2013–odluka US, 132/14, 145/14, 83/18, 31/19 ,37/19-dr.zakon i 9/2020) i odredbi Pravilnika o sadržini, načinu i postupku izrade i načinu vršenja kontrole tehničke dokumentacije prema klasi i nameni objekata ("Službeni glasnik RS", br. 23/2015, 77/2015, 58/2016, 96/2016, 67/2017, 72/2018 i 73/2019) kao:

ODGOVORNI PROJEKTANT

Za izradu Hidrološke studije, koja je deo Idejnog rešenja (IDR) za izgradnju objekta Mala hidroelektrana (MHE) "Studenica S4 - Gradina" –brana sa mašinskom zgradom na k.p. br. 621/2, 5703 sve K.O. Tadenje i 2132 2044/1, 2045, 2046. 2044/2 sve K.O. Ušće; akumulacija na k.p.br 35, 38/1, 38/2, 60/2, 53/3, 61/1, 53/2, 545/2, 545/1, 552/2, 552/1, 620/2, 615/2, 610/2, 610/1, 621/1, 621/2, 5703 sve K.O. Tadenje i k.p. br. 2132, 1904/3, 1903/3, 1902/2, 1899/7, 1899/6, 1898/1, 1896/2, 1895, 1894, 1893, 1891, 1888, 1887, 1886/2, 1885/1, 1885/2, 1883, 1884/2, 1884/1, 1904/2, 1903/2, 1899/2, 1898/2, 1892 sve K.O. Ušće i interne saobraćajnice na k.p.br. 2044/2, 2044/1, 2047, 2050, 2053, 2052/2, 2052/1, 2051, 2045 sve K.O. Ušće, Grad Kraljevo, određuje se:

Zoran Obušковиć, dipl.inž.grad.....broj licence 313 4848 03

Projektant: "ENHY GROUP" D.O.O.,
Danice Marković 67/17, Čačak

Odgovorno lice: Zoran Bogdanović, direktor

Potpis:

Broj tehničke dokumentacije: IDR - 02/21-HS
Mesto i datum: Čačak, april 2021.god.



1.4. IZJAVA ODGOVORNOG PROJEKTANTA HIDROLOŠKE STUDIJE ZA OBJEKAT MHE „STUDENICA S4 - GRADINA“

Kao odgovorni projektant za izradu Hidrološke studije, koja je deo Idejnog rešenja (IDR) za izgradnju objekta Mala hidroelektrana (MHE) „**Studenica S4 - Gradina**“ –brana sa mašinskom zgradom na k.p. br. 621/2, 5703 sve K.O. Tadenje i 2132 2044/1, 2045, 2046. 2044/2 sve K.O. Ušće; **akumulacija** na k.p.br 35, 38/1, 38/2, 60/2, 53/3, 61/1, 53/2, 545/2, 545/1, 552/2, 552/1, 620/2, 615/2, 610/2, 610/1, 621/1, 621/2, 5703 sve K.O. Tadenje i k.p. br. 2132, 1904/3, 1903/3, 1902/2, 1899/7, 1899/6, 1898/1, 1896/2, 1895, 1894, 1893, 1891, 1888, 1887, 1886/2, 1885/1, 1885/2, 1883, 1884/2, 1884/1, 1904/2, 1903/2, 1899/2, 1898/2, 1892 sve K.O. Ušće i **interne saobraćajnice** na k.p.br. 2044/2, 2044/1, 2047, 2050, 2053, 2052/2, 2052/1, 2051, 2045 sve K.O. Ušće, Grad Kraljevo

Zoran Obušković, dipl.inž.građ.

IZJAVLJUJEM

1. da je Hidrološka studija izrađena u skladu sa Zakonom o planiranju i izgradnji, propisima, standardima i normativima iz oblasti izgradnje objekata i pravilima struke;
2. da Hidrološka studija sadrži propisane i utvrdjene mere i preporuke za ispunjenje osnovnih zahteva za objekat.

Odgovorni projektant : Zoran Obušković, dipl.inž.građ

Broj licence: 313 4848 03

Potpis:

Broj tehničke dokumentacije: IDR-02/21-HS

Mesto i datum: Čačak, april 2021. god.



1.5.1. Uvod

Ove hidrološke podloge su deo Idejnog rešenja MHE „Studenica S4 - Gradina“, a rade se u cilju pouzdane ocene vodnosti reke Studenice u profilu vodozahvata, kao ključnog parametra isplativosti celog projekta. Pomenuta hidroelektrana, odnosno pregradni profil lociran je na reci Studenici levoj pritoci Ibra, oko 7 km uzvodno od mesta Ušće. Kako predviđena lokacija nije bila obuhvaćena Katastrom malih hidroelektrana Lit./1/ konceptijsko-idejno rešenje je preuzeto iz prethodne i tekuće dokumentacije ovog projekta, Prostornog plana grada Kraljeva (PPG), kao i Lit./4,11/.

U okviru ovih hidroloških podloga definisane su sledeće hidrološke karakteristike reke Studenice u profilu MHE, što ukratko podrazumeva:

- Definisanje bilansa voda sa sintetičkom krivom trajanja dnevnih proticaja,
- Definisanje velikih voda različite verovatnoće pojave,
- Definisanje karakterističnih malih voda različite obezbeđenosti,

Težilo se da se maksimalno iskoriste raspoloživi podaci i postojeća dokumentacija, a prvenstveno oni rađeni za izradu Vodoprivrenih osnova Srbije i podaci sa osmatračke mreže hidroloških stanica RHMZ Srbije. Lit./2,5,6/. Takođe je u toku izrade studije izvršen i detaljan obilazak sliva i uže zone lokacije brane.

- Kratak prikaz konceptijskog rešenja i lokacije MHE „Studenica S4 - Gradina“

Na teritoriji opštine Kraljevo, a posebno duž toka reke Studenice, postoji veći broj lokacija malih hidroelektrana (MHE) predviđenih i namenski razmatranih u Lit./4,11/. Investitor namerava da u skladu sa Zakonom o energetici, Zakonom o vodama, Zakonom o planiranju i izgradnji, izgradi i eksploatiše jednu malu hidroelektranu na teritoriji opštine Kraljevo, MHE „Studenica S4 - Gradina“ na reci Studenici, na kojoj je duž njenog toka predviđeno ukupno šest malih hidroelektrana Lit./4,11/.

Tabela 1: Osnovni podaci MHE „Studenica S4 - Gradina“

Mesto	Sliv	Vodotok	MHE	A (km ²)	Q _{sr} (m ³ /s)
Ušće	Z. Morava	Studenica	„Studenica S4 - Gradina“	514,7	6,96

gde su:

A - ukupna površina sliva do vodozahvata

Q_{sr} - srednji višegodišnji proticaj do profila brane-vodozahvata

Prema Idejnom rešenju predviđeno je pribransko postrojenje u neposrednoj blizini Kamenjara. Koncentracija pada bi se postigla betonskom ili kombinovano betonskom-nasutom branom visine oko 15 m u koritu reke, i zapremine akumulacije oko 0,5x10⁶ m³ vode. Mašinska zgrada je locirana na levoj obali, sa zahvatom vode direktno iz male akumulacije koja se formira izgradnjom brane. Konačno, precizno rešenje biće definisano u daljoj razradi projekta.

Lokacija brane, vodozahvata, i mašinske zgrade prikazana je na slici 1 i prilogu 1.

1.5.2. Osnovne fizičko-geografske karakteristike analiziranog sliva

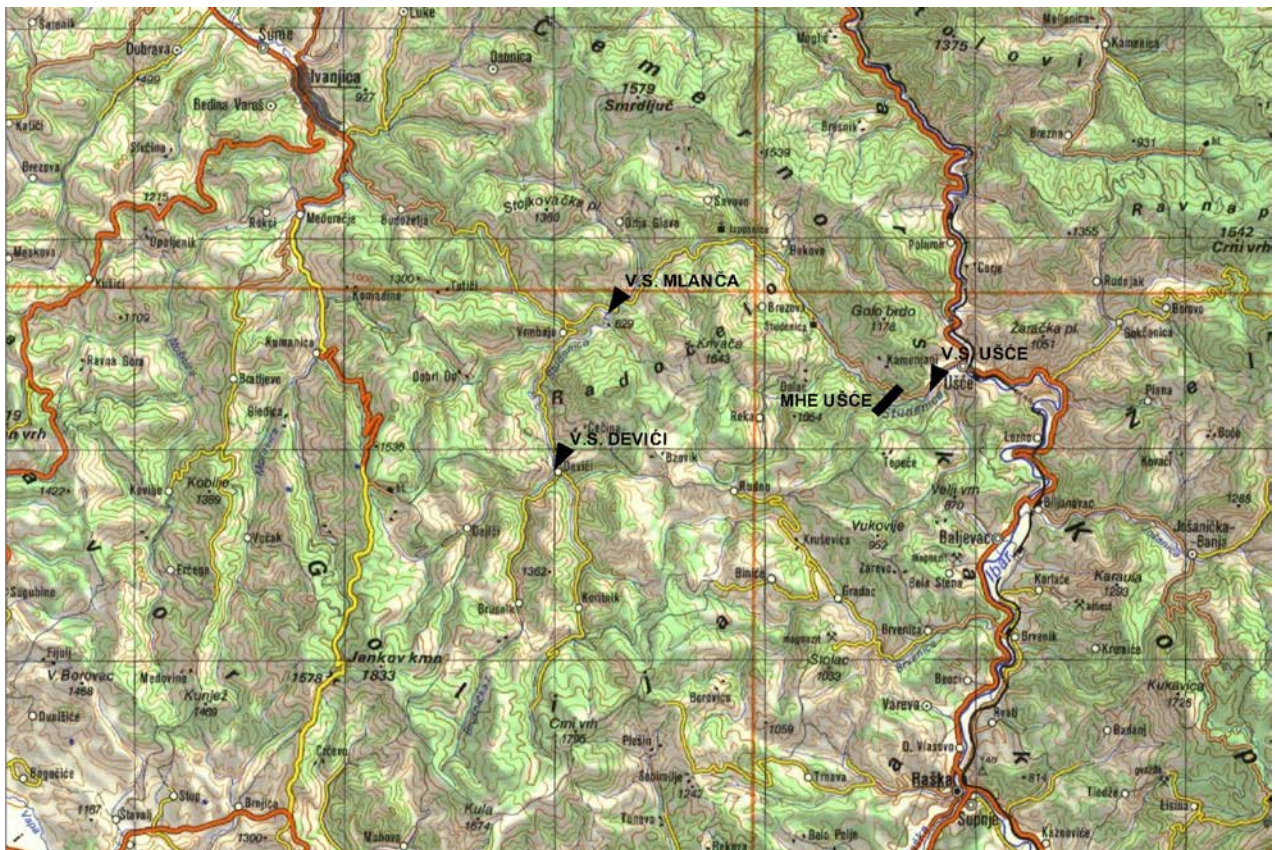
Sliv reke Studenice se nalazi u centralnom delu Srbije i oivičavaju ga vrhovi planina. Čemerno sa severa i severozapada, Golije sa jugozapada i juga, a sa istočne strane je Ibarska klisura i obronci Kopaonika i planina Željina. Najviši vrhovi su po južnoj vododelnici sliva planine Golija (Jankov kamen – 1833 mm, i Crni Vrh 1795 mm), a zatim opadaju ka ušću Studenice u Ibar na 1000 mm. Sa zapadne i severne strane sliva, vododelnica ide po nadmorskim visinama 1300-1550 mm,

Donji delovi sliva i oni uz rečne doline su pretežno na nadmorskim visinama od 370 – 900 mm., a gornji i obodni od 1000 – 1700 mm.. Sliv reke Studenice je brdsko-planinskog tipa, pravougaonog oblika, izduženog u pravcu jugozapad - severoistok.

Reka Studenica izvire na padinama Golije u južnom delu sliva i ima razvijenu hidrografsku mrežu. Značajne pritoke reke Studenice su Brusnička reka, Izugra, Jastrebovac, Braduljička reka, Sklapijevac, Graička reka, Brevina.

Površina sliva reke Studenice do profila brane MHE „Studenica S4 - Gradina“ iznosi 514,7 km², a dužina glavnog toka iznosi oko 48 km sa prosečnim, uravnatim padom toka od oko 2,15%. Tok je planinskog karaktera, a odlikuju ga manji protoci u sušnom delu godine i velike, bujične vode posle jakih kiša i naglih otapanja snegova. Tok Studenice ne presušuje.

U slivu MHE »Studenica S4 - Gradina« prosečne godišnje sume padavine su oko 890 mm Lit./2,3,5/ i sa značajnim snežnim padavinama. Na slici 1 prikazana je šematska karta šire zone projekta sa lokacijama vodomernih stanica koje su direktno korišćene u analizi režima voda reke Studenice.





Slika 1. Šira zona projekta, sliva Studenice, sa lokacijom MHE, i vodomernih stanica

Detaljnija karta analiziranog dela sliva reke Studenice do profila MHE, prikazana je u prilogu 1 na topografskoj karti VGI u adekvatnoj razmeri.

1.5.3. Izučenost sliva, raspoloživa dokumentacija i podaci

Osnovne podloge za izradu ovih hidroloških podloga su raspoloživa dokumentacija koja je detaljno navedena u poglavlju 8, /Literatura/.

Osnovne i ključne su svakako Lit./2 i 5/ u kojoj su analizirane hidrološko meteorološke podloge i za šire područje sliva Studenice i dugoperiodska osmatranja vodostaja i merenja proticaja u slivu reke Studenice koja su u nadležnosti Republičkog Hidrometeorološkog Zavoda Srbije Lit./6/.

Vodomerna stanica »Ušće« kontroliše površinu sliva od 540 km² (podatak RHMZ Srbije) i od ušća u reku Ibar je udaljena oko 2,5 km. Kota takozvane »0« vodomera je 352,3 mm. Stanica je osnovana 1953. godine, a kvalitetni podaci o proticajima datiraju od 1954. godine. Stanica je opremljena limnigrafom koji je u najvećem delu analiziranog perioda bio u funkciji, pa se podaci sa ove stanice mogu smatrati pouzdanim.

Pored ove stanice za kontrolu i pouzdanu ocene vodnosti reke Studenice korišćene su i raspoložive analize i podaci sa uzvodnih vodomernih stanica »Mlanča« i »Devići«.

Vodomerna stanica »Mlanča« kontroliše površinu sliva od 310 km² (podatak RHMZ Srbije) i od ušća u reku Ibar je udaljena oko 27,1 km. Kota takozvane »0« vodomera je 625,0 mm. Stanica je osnovana 1949. godine, a kvalitetni podaci o proticajima su od 1963. godine. Stanica je opremljena limnigrafom, sa kvalitetnijim radom u novije vreme, pa se podaci sa ove stanice mogu smatrati zadovoljavajućim u bilansima srednjih voda.

Vodomerna stanica »Devići« kontroliše površinu sliva od 191,4 km² (podatak RHMZ Srbije) i od ušća u reku Ibar je udaljena oko 39,1 km. Kota takozvane »0« vodomera je 750,0 mm. Stanica je osnovana 1964. godine, a kvalitetni podaci o proticajima su od 1964. godine. Stanica je opremljena limnigrafom, sa znatno kvalitetnijim radom u novije vreme, pa se podaci sa ove stanice mogu smatrati zadovoljavajućim u bilansima srednjih voda. U ovoj Studiji su korišćeni samo za kontrolu podataka sa nizvodnih stanica i vrlo malu dopunu nedostajućih podataka na stanici Mlanča u januaru i februaru 2017. godine.

Blizina vodomerne stanice »Ušće« i profila MHE »Studenica S4 - Gradina« (razlika slivnih površina je oko 26 km²), predodređuje da se ona usvoji kao »sliv-analog«. Vrlo opširne analize i izučavanja sliva Studenice sprovedena su u okviru Lit./3/ na lokaciji velike i ključne projektne brane u profilu Preprana, pa su uzeta u obzir i tokom izrade ovog projekta.

Obzirom na postojanje tri vodomerne stanice u slivu i na lokaciju MHE blisko pouzdanj vodomernoj stanici »Ušće«, koja raspolaže sa dovoljno dugim periodom dnevnih proticaja, može se zaključiti da je izučenost sliva reke Studenice u profilu MHE dobra, i pruža osnovu za pouzdanu ocenu karakterističnih hidroloških veličina za potrebe ovog projekta.

1.5.4. Analiza srednjih voda

Kao što je već rečeno analiza srednjih voda najviše se bazirala na podacima i direktnim obradama sa vodomernih stanica. Kao bazne korišćene su serije dnevnih proticaja sa



vodomerne stanice „Ušće“, o kojoj je više rečeno u poglavlju 3. Karakteristični podaci razmatranih vodomernih stanica dati su u tabeli 2, a njihova lokacija je prikazana na karti na slici 1.

Tabela 2: Karakteristični podaci vodomernih stanica

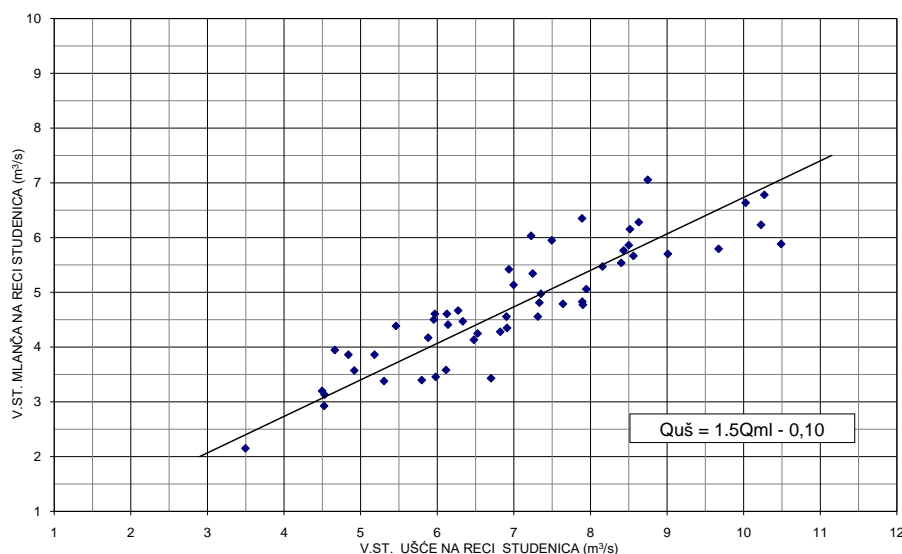
VOD.STANICA	RASPOLOŽIVI DNEVNI PROTICAJI (god)	POVRŠINA SLIVA (km ²)
Ušće	1954-2019, bez I,II,VIII,IX,X 2017.	540
Mlanča	1963-2019, bez 201, I i II 2017, 2018,2019.	310
Devići	1964-2019, bez IV-XI 2017, II 2018, VIII-XII 2019.	191,4

Iz Lit./6/ preuzeti su podaci srednjih dnevnih proticaja, kao i karakterističnih ekstremnih, na vodomernoj stanici »Ušće« za raspoloživi period od 66 godina. Da bi se proverio kvalitet i pouzdanost podataka i obrada sa vod. stanice »Ušće« urađena je i regresiona analiza srednjih godišnjih proticaja sa uzvodnom vodomernom stanicom »Mlanča« koja je detaljnije opisana u poglavlju 3. Da bi se ova analiza dovela na isti bilansno uporediv period obrade 1954-2019. god. korišćeni su za dopunu i podaci preuzeti iz Lit./2,5/ za vodomernu stanicu „Mlanča“ za nedostajući period 1954-1962. god.

U regresionu analizu srednjih godišnjih proticaja uključeni su svi podaci iz zajedničkog raspoloživog perioda rada od ukupno 53 godine. Bilansna usklađenost i pouzdanost podataka rezultirali su zadovoljavajućim koeficijentom korelacije i usvojenom sledećom relacijom.

$$Q_{Ušće} = 1,5Q_{ml} - 0,10 \quad R = 0,89$$

Ova analiza grafički je prikazana na slici 2.



Slika 2. Regresija srednjih godišnjih proticaja za zajednički period rada 1954-2019. god na vod. stanicama Ušće i Mlanča

Tabele srednjih mesečnih i godišnjih proticaja na vodomernim stanicama »Ušće«, i »Mlanča«, sa karakterističnim statističkim parametrima - prosečne višegodišnje vrednosti, standardna devijacija i koeficijent varijacije, prikazani su u tabelama 3 i 4.

Tabela 3: Srednji mesečni i godišnji proticaji, reka Studenica, vod. stanica Ušće

god.	JAN	FEB	MART	APRII	MAJ	JUNI	JULI	AVG	SEPT	OKT	NOV	DEC	sgod.
1954	2,21	2,26	8,36	9,44	16,31	6,19	3,19	2,88	2,66	5,39	12,14	11,77	6,90
1955	14,26	16,44	12,64	20,50	11,99	8,76	16,89	19,09	10,66	14,69	14,05	20,74	15,06
1956	10,91	8,30	11,83	24,66	20,76	10,43	7,05	3,85	3,37	3,39	4,39	4,64	9,46
1957	3,42	8,85	7,37	6,80	16,07	9,69	5,37	4,94	5,62	5,73	4,82	9,08	7,31
1958	6,99	7,04	11,32	20,97	16,46	4,91	3,03	2,41	2,47	3,11	4,36	3,71	7,23
1959	4,05	3,08	7,41	4,91	7,49	9,87	9,33	5,48	4,63	3,36	7,55	4,63	5,98
1960	4,70	10,39	8,21	8,56	12,72	9,63	5,64	3,91	3,08	2,79	5,18	5,00	6,65
1961	4,48	4,26	10,52	7,98	18,47	7,75	3,94	2,44	1,98	1,98	2,36	2,62	5,73
1962	2,75	3,49	12,65	24,82	12,87	6,06	4,11	2,36	1,84	2,23	2,28	2,34	6,48
1963	6,26	5,70	8,54	14,33	7,17	11,50	3,82	2,34	1,97	2,21	2,46	4,29	5,88
1964	1,91	4,30	10,88	9,41	10,10	5,00	5,20	3,28	7,99	6,51	10,12	8,52	6,94
1965	6,02	6,28	12,96	11,92	36,38	7,20	3,58	2,25	1,99	1,79	2,00	2,45	7,90
1966	2,33	9,87	5,96	9,34	6,78	5,02	3,21	2,21	1,94	1,84	2,43	3,33	4,52
1967	2,30	4,79	13,54	18,94	18,46	12,40	14,10	4,60	3,14	2,77	2,82	2,96	8,40



1968	3,58	9,20	11,86	10,81	4,90	4,72	3,00	3,99	4,08	3,70	4,70	7,21	5,98
1969	4,47	7,61	12,35	11,22	6,84	6,44	12,23	4,28	3,45	2,69	2,78	3,97	6,53
1970	9,81	11,96	14,24	20,72	23,23	13,60	7,97	3,72	2,84	3,79	4,39	4,02	10,03
1971	6,45	4,88	9,52	15,08	5,65	4,24	3,09	2,66	4,50	3,77	4,35	5,38	5,80
1972	4,26	3,97	5,05	5,96	8,26	4,47	4,54	5,00	12,03	15,62	8,58	6,21	7,00
1973	4,03	4,19	10,55	23,02	12,65	4,71	3,91	3,69	3,70	2,91	2,94	4,14	6,70
1974	4,89	7,61	7,68	6,75	13,11	8,59	5,52	2,85	2,98	5,50	6,71	9,71	6,82
1975	5,47	3,88	14,25	9,89	16,51	14,70	6,78	6,51	4,01	4,37	4,21	4,79	7,95
1976	3,80	4,02	6,90	14,06	6,11	11,19	4,53	11,13	9,47	4,52	4,53	9,68	7,50
1977	7,20	13,19	14,57	10,55	7,21	5,71	6,89	3,95	3,24	3,05	3,29	4,08	6,91
1978	3,81	7,73	15,01	13,95	17,69	11,04	5,29	3,43	9,98	5,57	3,51	6,57	8,63
1979	9,31	12,91	5,34	5,23	6,97	8,22	6,81	7,51	5,23	4,52	18,04	12,10	8,52
1980	9,44	13,19	14,92	14,93	21,67	13,44	7,11	5,42	4,30	4,88	7,23	6,72	10,27
1981	6,38	7,36	26,24	12,02	9,88	8,42	3,97	2,66	4,14	4,70	6,18	13,01	8,75
1982	8,94	4,47	8,92	19,10	10,39	4,66	3,57	3,15	2,14	2,18	1,94	2,00	5,96
1983	2,40	4,22	9,57	7,74	3,24	11,57	10,34	3,15	3,17	2,47	2,93	4,72	5,46
1984	4,76	6,52	12,32	25,58	18,98	5,08	2,61	2,26	2,51	2,09	2,16	1,83	7,22
1985	2,25	4,03	6,57	9,03	5,21	3,71	2,47	2,68	2,30	1,73	9,89	6,08	4,66
1986	5,89	10,36	9,54	6,77	5,56	9,65	11,52	3,86	2,41	2,30	1,94	1,82	5,97
1987	2,01	5,58	5,15	12,68	18,16	8,48	3,59	2,76	1,83	2,05	4,94	8,78	6,33
1988	5,29	5,77	11,31	15,92	8,53	9,26	3,95	2,20	2,27	1,81	2,77	4,29	6,11
1989	2,13	4,04	7,67	5,08	13,03	18,63	8,83	5,45	7,39	6,00	3,85	5,90	7,33
1990	3,74	5,17	5,44	5,47	5,11	3,99	2,24	1,87	2,14	1,90	2,08	2,80	3,50
1991	3,03	2,48	8,25	8,18	13,01	11,76	10,21	9,58	4,40	4,47	7,46	4,15	7,25
1992	3,19	3,78	11,96	15,79	7,07	8,20	4,90	2,95	2,47	2,95	5,37	4,88	6,13
1993	4,32	2,94	9,43	13,43	6,39	4,02	2,80	2,03	2,09	1,82	1,90	3,17	4,53
1994	3,42	4,87	8,28	7,39	8,57	7,07	6,72	2,82	2,69	2,59	2,37	2,23	4,92
1995	5,49	8,46	8,36	22,96	13,41	8,10	5,65	4,03	4,26	3,21	6,64	7,31	8,16
1996	4,87	4,38	7,77	26,69	20,26	8,35	3,70	3,23	12,05	9,51	11,33	13,72	10,49
1997	11,13	6,53	9,55	25,66	22,46	9,21	5,26	7,74	4,33	6,07	5,62	9,13	10,23
1998	7,14	10,27	7,48	13,91	7,71	6,68	3,77	2,70	3,93	6,59	10,23	7,37	7,31
1999	7,35	5,99	17,12	28,14	13,17	7,39	11,32	4,41	4,25	3,95	4,50	8,48	9,67
2000	5,39	8,09	18,78	23,43	5,66	3,46	2,12	1,69	2,25	2,03	2,32	2,52	6,48
2001	2,63	2,79	5,32	11,62	6,70	9,36	5,79	2,41	6,10	3,06	3,35	3,04	5,18
2002	4,14	8,87	8,84	13,87	9,13	8,24	3,82	5,69	6,84	12,62	5,64	7,00	7,89
2003	11,22	4,73	6,35	12,62	7,62	5,36	3,36	2,18	2,07	2,73	2,95	2,46	5,30
2004	5,19	9,98	17,60	11,02	8,67	7,70	4,28	3,44	2,90	2,89	6,71	7,85	7,35
2005	3,98	3,53	16,61	13,70	11,69	9,79	9,46	9,16	4,29	5,49	5,16	9,13	8,50
2006	5,77	6,85	20,17	23,01	11,27	9,84	4,60	4,59	3,98	3,63	5,36	3,67	8,56
2007	7,27	9,38	10,71	8,55	9,19	7,51	3,74	3,25	3,50	5,06	7,37	7,32	6,90
2008	6,12	7,56	12,64	10,15	9,50	4,66	4,66	3,12	3,11	3,08	3,07	7,60	6,27
2009	6,96	6,42	15,17	19,44	6,02	8,71	9,99	3,94	3,18	5,09	8,12	8,15	8,43
2010	7,44	9,91	15,40	14,60	10,60	8,53	6,36	3,82	2,75	2,67	3,19	6,42	7,64
2011	4,13	4,52	7,84	7,14	11,70	5,23	4,06	1,82	2,14	1,94	1,54	1,91	4,50
2012	2,34	2,61	19,63	22,27	11,00	5,07	2,39	1,56	1,38	1,65	1,48	2,29	6,14
2013	3,78	5,44	11,84	9,22	8,27	7,17	3,53	1,75	1,62	2,08	1,67	1,72	4,84
2014	2,05	1,90	4,03	15,00	24,10	8,77	5,38	5,03	8,35	5,86	5,03	9,16	7,89
2015	11,50	10,50	18,20	24,60	11,90	9,99	7,18	3,33	2,57	2,96	2,77	2,78	9,02
2016	4,34	8,43	19,70	13,20	16,90	10,90	4,96	5,15	3,61	6,68	12,00	5,34	9,27
2017	8,58	5,67	10,90	9,74	12,00	8,91	3,76	2,55	2,04	3,17	3,70	6,79	6,48



2018	4,94	7,42	16,20	14,20	6,21	7,56	18,30	8,95	4,48	3,16	3,04	3,40	8,16
2019	3,67	9,68	15,90	11,47	9,38	11,80	5,25	3,33	2,82	2,11	2,21	2,69	6,69
Qsr	5,37	6,68	11,32	14,02	11,83	8,16	5,86	4,13	4,00	4,08	5,05	5,81	7,19
St.dev	2,72	3,10	4,48	6,35	6,00	2,97	3,39	2,74	2,48	2,77	3,33	3,49	1,83
Cv	0,51	0,46	0,40	0,45	0,51	0,36	0,58	0,66	0,62	0,68	0,66	0,60	0,25

dopunjeno preko regresione veze sa vod. st Mlanča

Tabela 4: Srednji mesečni i godišnji proticaji reka Studenica, vod. stanica Mlanča

god.	JAN	FEB	MART	APRIL	MAJ	JUNI	JULI	AVGUST	SEPT	OKT	NOV	DEC	srgod.
1954	1,37	1,40	5,53	6,25	11,32	4,11	2,09	1,86	1,69	3,60	8,14	7,87	4,60
1955	9,72	11,43	8,50	14,69	8,03	5,79	11,78	13,55	7,09	10,05	9,55	14,88	10,42
1956	7,26	5,49	7,92	17,96	14,90	6,93	4,67	2,56	2,22	2,24	2,94	3,10	6,52
1957	2,26	5,85	4,88	4,51	11,13	6,42	3,59	3,30	3,75	3,82	3,22	6,01	4,89
1958	4,63	4,66	7,56	15,07	11,44	3,28	1,98	1,50	1,55	2,03	2,92	2,47	4,92
1959	2,70	2,01	4,90	3,28	4,96	6,54	6,18	3,65	3,09	2,21	5,00	3,10	3,97
1960	3,14	6,90	5,43	5,66	8,57	6,38	3,76	2,61	2,01	1,79	3,46	3,34	4,42
1961	3,00	2,85	6,99	5,28	13,04	5,13	2,63	1,53	1,26	1,25	1,47	1,66	3,84
1962	1,76	2,31	8,52	18,08	8,67	4,03	2,75	1,47	1,25	1,38	1,42	1,46	4,42
1963	5,50	7,21	5,18	9,35	4,14	6,87	2,85	2,10	1,10	1,21	1,30	3,25	4,17
1964	1,68	3,78	7,38	7,41	7,47	5,43	5,43	2,56	4,70	5,34	7,22	6,63	5,42
1965	4,42	4,02	8,62	8,48	18,95	4,21	2,47	1,63	1,17	0,98	1,09	1,24	4,77
1966	1,13	6,31	4,09	6,72	4,84	3,34	1,91	1,22	1,08	1,00	1,35	2,12	2,93
1967	1,37	2,97	8,06	12,05	13,02	8,85	10,30	3,01	1,84	1,56	1,59	1,81	5,54
1968	2,45	6,09	6,89	6,15	2,53	2,39	1,28	1,94	1,86	1,75	2,98	5,16	3,45
1969	3,54	4,40	7,70	7,49	5,23	3,95	8,28	2,98	2,06	1,38	1,57	2,39	4,25
1970	6,19	7,44	8,97	15,07	16,02	9,45	5,25	2,42	1,52	2,13	2,84	2,32	6,64
1971	3,40	2,56	4,51	9,72	3,99	3,03	1,85	1,57	2,82	2,28	2,17	2,86	3,40
1972	2,18	1,89	2,81	3,41	6,04	5,26	3,81	4,26	9,31	11,76	6,34	4,56	5,14
1973	2,23	2,07	3,98	11,47	7,61	2,66	2,06	2,02	2,09	1,26	1,36	2,35	3,43
1974	2,17	4,25	4,50	4,90	8,26	5,39	3,98	1,94	1,97	4,06	4,35	5,62	4,28
1975	3,68	2,78	8,74	7,30	8,72	6,77	4,82	4,48	2,85	3,68	3,46	3,43	5,06
1976	3,20	2,98	4,15	9,48	4,91	8,20	3,86	10,70	7,89	3,94	3,94	8,13	5,95
1977	4,13	7,57	9,72	6,74	4,44	3,59	4,64	2,84	2,05	2,06	2,16	2,25	4,35
1978	2,50	5,17	10,56	10,44	14,46	7,84	3,38	2,32	7,42	4,44	2,16	4,68	6,28
1979	8,97	8,80	2,81	3,10	4,14	5,54	4,05	5,02	3,48	2,91	16,26	8,74	6,15
1980	6,44	7,96	8,92	11,46	16,06	8,99	3,93	2,90	2,46	2,98	5,04	4,23	6,78
1981	4,11	5,43	21,31	10,58	8,37	5,58	3,22	2,80	4,01	3,93	5,08	10,23	7,05
1982	6,44	3,13	7,07	14,78	8,81	3,11	2,57	2,14	1,46	1,49	1,49	1,53	4,50
1983	1,78	3,34	7,53	6,40	2,62	9,68	8,67	2,66	2,42	1,93	2,18	3,42	4,39
1984	3,61	4,24	9,26	22,08	18,39	3,70	2,14	1,81	1,97	1,72	1,85	1,61	6,03
1985	1,93	3,13	5,08	8,96	5,25	3,04	1,93	1,88	1,70	1,52	8,08	4,86	3,95
1986	4,54	7,67	7,09	5,94	4,14	7,56	9,26	2,64	1,66	1,72	1,59	1,48	4,61
1987	1,82	3,74	3,46	10,77	13,14	5,36	2,14	1,71	1,30	1,45	3,08	5,66	4,47
1988	2,85	3,22	6,88	10,00	4,74	4,95	2,07	1,36	1,26	1,29	1,72	2,64	3,58
1989	1,64	2,40	4,30	3,22	9,17	13,65	6,31	3,35	4,11	3,24	2,16	4,19	4,81
1990	2,51	3,05	3,18	3,25	3,17	2,10	1,35	1,34	1,54	1,42	1,47	1,41	2,15
1991	2,59	2,40	6,50	6,19	10,18	8,69	6,29	6,75	2,94	3,03	5,56	3,00	5,34
1992	1,73	2,41	8,88	14,85	5,21	6,39	3,59	1,70	1,32	2,05	4,45	2,69	4,61

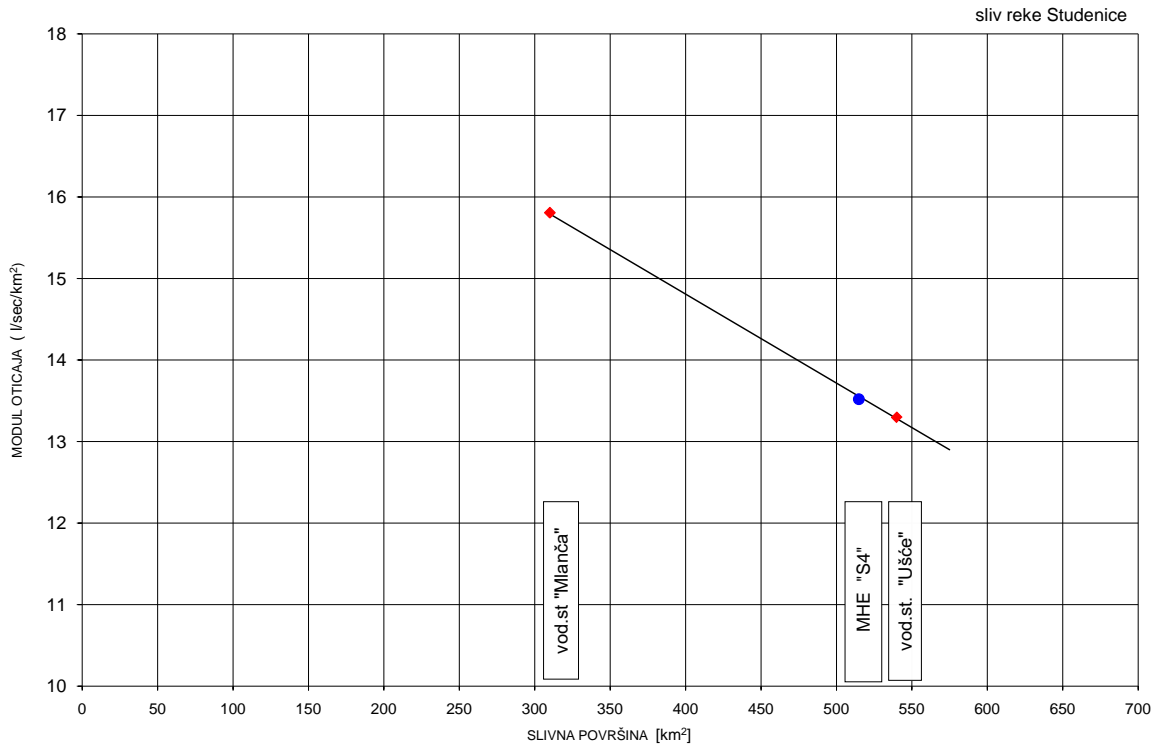


1993	2,75	1,99	6,70	11,60	5,04	2,32	1,63	0,99	1,01	1,01	0,80	1,71	3,13
1994	2,17	3,20	7,27	5,95	5,11	5,14	5,95	1,73	1,60	1,81	1,39	1,54	3,57
1995	2,02	4,86	5,42	18,41	8,69	5,44	3,86	2,57	2,41	2,09	4,98	4,91	5,47
1996	2,40	1,79	3,84	17,57	13,42	4,86	1,66	1,74	6,30	3,84	5,39	7,78	5,88
1997	5,65	2,98	4,04	15,60	16,91	6,82	3,03	4,94	2,32	3,64	3,31	5,55	6,23
1998	4,45	6,47	4,83	9,33	4,94	4,25	2,47	1,80	2,12	3,67	5,82	4,55	4,56
1999	4,39	3,63	8,25	16,76	9,17	4,17	6,70	3,07	2,77	2,30	2,73	5,57	5,79
2000	3,63	4,95	12,02	14,59	3,42	2,28	1,60	1,15	1,44	1,17	1,35	1,99	4,13
2001	1,46	1,72	2,67	9,74	6,19	8,08	4,09	1,87	3,89	2,12	2,29	2,21	3,86
2002	2,47	5,23	5,26	8,20	5,57	5,17	2,24	3,81	4,66	8,08	3,10	4,17	4,83
2003	6,91	2,78	3,86	7,93	4,81	3,39	2,20	1,44	1,59	1,81	1,94	1,87	3,38
2004	3,86	6,77	10,93	7,99	5,98	5,64	3,30	2,61	1,59	1,89	3,75	5,36	4,97
2005	3,01	2,55	12,11	8,52	6,96	5,86	5,71	6,61	3,74	4,55	3,73	7,00	5,86
2006	4,83	5,10	13,55	15,81	7,34	5,96	2,97	2,91	2,40	1,96	2,82	2,32	5,66
2007	4,32	5,68	6,59	5,73	6,07	4,77	2,27	2,46	1,99	3,07	6,44	5,28	4,56
2008	4,25	5,65	9,70	8,15	6,61	3,89	3,14	2,28	1,97	2,06	2,06	6,25	4,67
2009	4,86	4,12	9,37	15,20	4,28	6,54	7,27	2,09	1,29	3,23	5,34	5,58	5,76
2010	5,02	5,75	8,81	9,64	7,03	5,14	4,50	1,99	1,62	1,81	2,14	4,01	4,79
2011	3,02	3,04	5,39	4,92	7,67	3,74	3,69	1,46	1,47	1,47	1,20	1,31	3,20
2012	1,57	2,38	12,70	16,20	7,77	3,80	1,96	1,12	0,99	1,16	1,19	2,03	4,41
2013	3,72	4,64	9,44	7,24	6,17	5,33	3,19	1,47	1,22	1,23	1,25	1,43	3,86
2014	1,47	1,46	2,82	11,10	17,80	7,05	4,45	4,97	7,62	5,31	4,85	6,97	6,32
2015	7,78	6,58	10,50	15,70	8,12	6,48	4,58	2,08	1,67	1,80	1,59	1,48	5,70
2016	2,98	5,72	13,27	8,91	11,39	7,37	3,39	3,52	2,49	4,55	8,11	3,65	6,28
2017	5,79	3,85	7,15	5,89	7,12	5,59	2,53	1,77	1,43	2,18	12,74	3,41	4,95
2018	3,38	5,04	10,92	9,58	4,23	5,14	12,33	6,07	3,07	2,19	2,11	2,35	5,53
2019	2,53	6,56	10,72	7,75	6,35	7,98	3,59	2,30	1,96	1,48	1,55	1,87	4,55
Qsr	3,59	4,39	7,37	9,89	8,18	5,55	4,05	2,86	2,63	2,72	3,61	3,95	4,90
St.dev	1,89	2,05	3,28	4,50	4,15	2,12	2,43	2,10	1,84	1,97	2,83	2,52	1,25
Cv	0,53	0,47	0,44	0,46	0,51	0,38	0,60	0,73	0,70	0,72	0,79	0,64	0,25

dopunjeno preko vodomernih stanica Ušće i Devići

Kako se profil MHE »Studenica S4 - Gradina« nalazi između ovih vodomernih stanica, bilans i režim proticaja u tom profilu je definisan metodom interpolacije. Da bi se definisao dugoperiodski niz proticaja na profilu MHE „Ušće“ korišćena je regionalna zavisnost između prosečnih specifičnih godišnjih oticaja i površina međuslivova u slivu reke Studenice. Prema ovoj zavisnosti, datoj na slici 3, odnos prosečnih višegodišnjih proticaja na vodomernoj stanici »Ušće« i u profilu MHE »Studenica S4 - Gradina«, određen je relacijom:

$$Q_{MHE S4} = 0,968 Q_{vod.st Ušće}$$



Slika 3. Prosečan modul oticaja u funkciji slivne površine

Na osnovu ove relacije ocenjen je prosečni višegodišnji protok na MHE „Studenica S4 - Gradina“ od $Q_{sr}=6,96 \text{ m}^3/\text{s}$.

Već je ranije rečeno da su razmatrani slivovi sa aspekta fizičko-geografskih osobina, a samim tim i vodnosti vrlo slični. Koristeći vodomernu stanicu „Ušće“ kao „sliv-analog“ definisana je i unutar godišnja distribucija dnevnih proticaja u profilu MHE »Studenica S4 - Gradina«.

Tabela serije srednjih mesečnih i godišnjih proticaja u profilu MHE » Studenica S4 - Gradina« perioda 1954-2019. god. sa karakterističnim statističkim parametrima - prosečne višegodišnje vrednosti, standardna devijacija i koeficijent varijacije, prikazana je u tabeli 5.

Tabela 5: Srednji mesečni i godišnji proticaji, reka Studenica, MHE »Studenica S4 - Gradina«

god.	JAN	FEB	MART	APRIL	MAJ	JUNI	JULI	AVGU	SEPT	OKT	NOV	DEC	srgod.
1954	2,14	2,19	8,09	9,14	15,79	5,99	3,09	2,79	2,57	5,22	11,75	11,39	6,68
1955	13,80	15,92	12,23	19,84	11,61	8,48	16,35	18,48	10,32	14,22	13,60	20,08	14,58
1956	10,56	8,04	11,45	23,87	20,10	10,10	6,83	3,72	3,26	3,28	4,25	4,49	9,16
1957	3,31	8,56	7,14	6,58	15,55	9,38	5,20	4,79	5,44	5,55	4,66	8,79	7,08
1958	6,76	6,81	10,96	20,30	15,93	4,75	2,94	2,33	2,39	3,01	4,22	3,60	7,00
1959	3,92	2,98	7,17	4,75	7,25	9,55	9,03	5,30	4,48	3,25	7,31	4,48	5,79
1960	4,55	10,06	7,95	8,29	12,31	9,32	5,46	3,79	2,98	2,70	5,01	4,84	6,44
1961	4,34	4,12	10,18	7,72	17,87	7,51	3,82	2,36	1,92	1,91	2,29	2,53	5,55
1962	2,67	3,38	12,25	24,02	12,45	5,86	3,98	2,29	1,78	2,16	2,21	2,27	6,28



1963	6,06	5,52	8,27	13,87	6,94	11,13	3,69	2,27	1,91	2,14	2,38	4,15	5,69
1964	1,85	4,16	10,54	9,11	9,78	4,84	5,03	3,18	7,73	6,30	9,79	8,24	6,71
1965	5,82	6,08	12,54	11,54	35,22	6,97	3,47	2,18	1,92	1,73	1,94	2,38	7,65
1966	2,26	9,56	5,77	9,04	6,57	4,86	3,11	2,14	1,88	1,78	2,36	3,22	4,38
1967	2,22	4,64	13,11	18,33	17,86	12,00	13,65	4,46	3,04	2,68	2,73	2,86	8,13
1968	3,46	8,91	11,48	10,46	4,74	4,57	2,90	3,86	3,95	3,58	4,55	6,98	5,79
1969	4,32	7,37	11,95	10,86	6,63	6,24	11,84	4,14	3,34	2,60	2,69	3,84	6,32
1970	9,50	11,58	13,78	20,06	22,49	13,16	7,72	3,60	2,75	3,67	4,25	3,89	9,70
1971	6,25	4,72	9,22	14,60	5,47	4,10	2,99	2,57	4,36	3,65	4,21	5,21	5,61
1972	4,13	3,84	4,89	5,77	8,00	4,32	4,39	4,84	11,65	15,12	8,30	6,01	6,77
1973	3,90	4,05	10,21	22,28	12,25	4,56	3,78	3,57	3,58	2,81	2,84	4,01	6,49
1974	4,73	7,37	7,43	6,53	12,69	8,32	5,34	2,76	2,88	5,32	6,49	9,40	6,61
1975	5,29	3,76	13,79	9,58	15,98	14,23	6,56	6,30	3,88	4,23	4,08	4,63	7,69
1976	3,68	3,89	6,68	13,61	5,92	10,83	4,39	10,77	9,17	4,37	4,38	9,37	7,26
1977	6,97	12,77	14,10	10,21	6,98	5,52	6,67	3,83	3,13	2,96	3,19	3,95	6,69
1978	3,68	7,49	14,53	13,50	17,12	10,68	5,12	3,32	9,66	5,39	3,40	6,36	8,35
1979	9,01	12,50	5,17	5,06	6,75	7,96	6,59	7,27	5,06	4,37	17,46	11,72	8,24
1980	9,14	12,76	14,44	14,45	20,97	13,01	6,89	5,25	4,16	4,72	7,00	6,50	9,94
1981	6,17	7,13	25,41	11,64	9,56	8,15	3,84	2,57	4,01	4,55	5,99	12,59	8,47
1982	8,66	4,32	8,64	18,49	10,06	4,51	3,45	3,05	2,07	2,11	1,88	1,94	5,76
1983	2,32	4,09	9,26	7,49	3,14	11,20	10,01	3,05	3,07	2,39	2,84	4,57	5,29
1984	4,61	6,31	11,93	24,76	18,37	4,92	2,53	2,18	2,43	2,03	2,09	1,77	6,99
1985	2,18	3,90	6,36	8,74	5,05	3,59	2,39	2,60	2,22	1,67	9,57	5,89	4,51
1986	5,71	10,02	9,23	6,56	5,38	9,34	11,15	3,74	2,33	2,22	1,88	1,76	5,78
1987	1,95	5,40	4,98	12,27	17,58	8,21	3,48	2,67	1,77	1,98	4,78	8,49	6,13
1988	5,12	5,59	10,95	15,41	8,26	8,96	3,83	2,13	2,20	1,76	2,68	4,15	5,92
1989	2,06	3,91	7,42	4,92	12,61	18,03	8,55	5,28	7,15	5,81	3,73	5,71	7,10
1990	3,62	5,01	5,27	5,30	4,94	3,86	2,17	1,81	2,07	1,84	2,01	2,71	3,38
1991	2,93	2,40	7,98	7,91	12,59	11,39	9,89	9,27	4,26	4,32	7,22	4,01	7,01
1992	3,09	3,66	11,58	15,29	6,84	7,94	4,74	2,86	2,39	2,85	5,19	4,73	5,93
1993	4,18	2,85	9,13	13,00	6,19	3,90	2,71	1,96	2,02	1,76	1,84	3,07	4,38
1994	3,31	4,71	8,01	7,15	8,29	6,85	6,50	2,73	2,60	2,51	2,30	2,16	4,76
1995	5,31	8,19	8,09	22,22	12,98	7,84	5,47	3,90	4,13	3,11	6,42	7,07	7,90
1996	4,72	4,24	7,52	25,84	19,61	8,08	3,58	3,13	11,66	9,20	10,97	13,28	10,15
1997	10,77	6,33	9,25	24,84	21,74	8,92	5,09	7,49	4,19	5,88	5,44	8,84	9,90
1998	6,91	9,94	7,24	13,46	7,46	6,46	3,65	2,62	3,81	6,37	9,90	7,13	7,08
1999	7,11	5,79	16,57	27,24	12,75	7,15	10,96	4,27	4,12	3,82	4,36	8,21	9,36
2000	5,22	7,83	18,18	22,68	5,48	3,35	2,05	1,63	2,18	1,96	2,25	2,43	6,27
2001	2,55	2,70	5,15	11,25	6,48	9,06	5,60	2,33	5,91	2,97	3,24	2,94	5,02
2002	4,01	8,59	8,56	13,43	8,84	7,98	3,70	5,50	6,62	12,22	5,46	6,77	7,64
2003	10,86	4,58	6,15	12,22	7,38	5,18	3,25	2,11	2,01	2,64	2,85	2,38	5,13
2004	5,03	9,66	17,04	10,67	8,39	7,45	4,14	3,33	2,81	2,80	6,49	7,60	7,12
2005	3,86	3,42	16,08	13,26	11,31	9,48	9,16	8,86	4,16	5,31	4,99	8,84	8,23
2006	5,58	6,63	19,53	22,27	10,91	9,53	4,45	4,44	3,85	3,51	5,19	3,55	8,29
2007	7,04	9,08	10,36	8,27	8,89	7,27	3,62	3,15	3,39	4,89	7,13	7,09	6,68
2008	5,93	7,32	12,23	9,82	9,19	4,51	4,51	3,02	3,01	2,98	2,97	7,36	6,07
2009	6,74	6,21	14,68	18,82	5,83	8,43	9,67	3,81	3,08	4,93	7,86	7,89	8,16
2010	7,20	9,59	14,91	14,13	10,26	8,26	6,16	3,70	2,66	2,58	3,09	6,21	7,40
2011	4,00	4,38	7,59	6,91	11,33	5,06	3,93	1,76	2,07	1,88	1,49	1,85	4,35
2012	2,26	2,53	19,00	21,55	10,64	4,91	2,31	1,51	1,34	1,59	1,43	2,21	5,94



2013	3,66	5,26	11,46	8,92	8,00	6,94	3,41	1,70	1,57	2,01	1,61	1,66	4,68
2014	1,98	1,84	3,90	14,52	23,33	8,49	5,21	4,87	8,08	5,67	4,87	8,87	7,64
2015	11,13	10,16	17,62	23,81	11,52	9,67	6,95	3,22	2,49	2,87	2,68	2,69	8,73
2016	4,20	8,16	19,07	12,78	16,36	10,55	4,80	4,99	3,49	6,47	11,62	5,17	8,97
2017	8,31	5,49	10,55	9,43	11,62	8,62	3,64	2,47	1,97	3,07	3,58	6,57	6,28
2018	4,78	7,18	15,68	13,75	6,01	7,32	17,71	8,66	4,34	3,06	2,94	3,29	7,89
2019	3,55	9,37	15,39	11,10	9,08	11,42	5,08	3,22	2,73	2,04	2,14	2,60	6,48
Qsr	5,20	6,47	10,96	13,57	11,45	7,90	5,67	4,00	3,87	3,95	4,88	5,63	6,96
St.dev	2,64	3,00	4,34	6,14	5,81	2,88	3,28	2,65	2,40	2,68	3,23	3,38	1,77
Cv	0,51	0,46	0,40	0,45	0,51	0,36	0,58	0,66	0,62	0,68	0,66	0,60	0,25

U tabeli 6 date su oticajne karakteristike reke Studenice u višegodišnjem periodu u profilu MHE »Studenica S4 - Gradina«.

Tabela 6: Karakteristične prosečne višegodišnje vrednosti

profil	F (km ²)	Q _{sr} (m ³ /s)	q _{sr} (l/s/km ²)
MHE »Studenica S4 - Gradina«	514,7	6,96	13,52

U tabeli 7 prikazan je pregled prosečnih višegodišnjih vrednosti srednje mesečnih i godišnjih proticaja vode u profilu MHE »Studenica S4 - Gradina«.

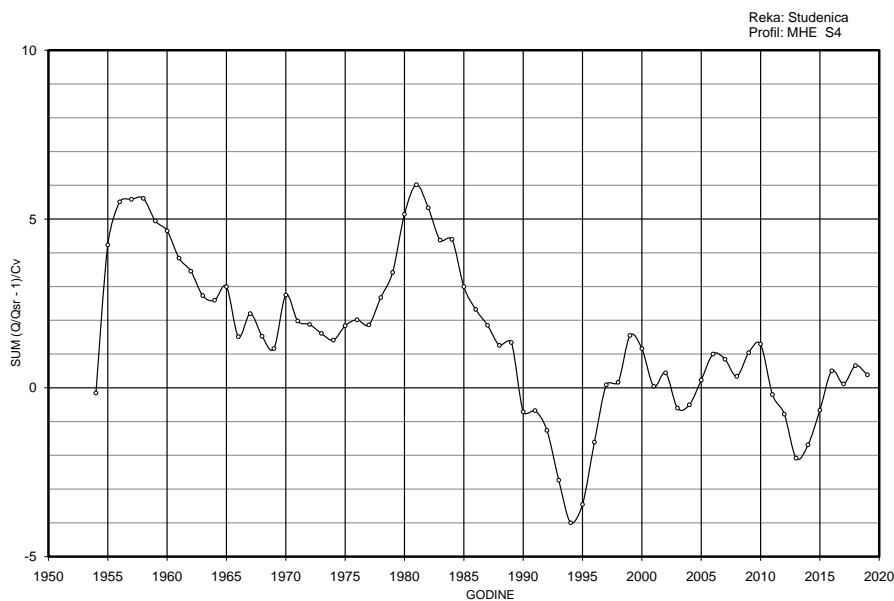
Tabela 7: Prosečni višegodišnji srednji mesečni proticaji na profilu MHE »Studenica S4 - Gradina«

mesec	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	god.
Q _i /Q _{sr}	0.75	0.94	1.52	1.94	1.64	1.13	0.81	0.58	0.57	0.58	0.72	0.84	1.00
Q _{sr} (m ³ /s)	5,20	6,47	10,96	13,57	11,45	7,90	5,67	4,00	3,87	3,95	4,88	5,63	6,96

Prosečni proticaj za analizirani period 1954-2019. god. iznosi 6,96 m³/s, ili specifični oticaj 13,52 l/s/km², što ukazuje na značajnu vodnost ovog sliva. U analiziranom periodu vrednost višegodišnjeg prosečnog proticaja u profilu MHE »Studenica S4 - Gradina« je varirala u intervalu od 3,38 m³/s u sušnoj 1990. godini, do 14,58 m³/s u kišnoj 1955. godini.

Neravnomernost protoka unutar godine prikazana je takođe u tabeli 7. Unutar godišnju raspodelu proticaja karakterišu vlažan period od marta do juna i sušni od jula do novembra.

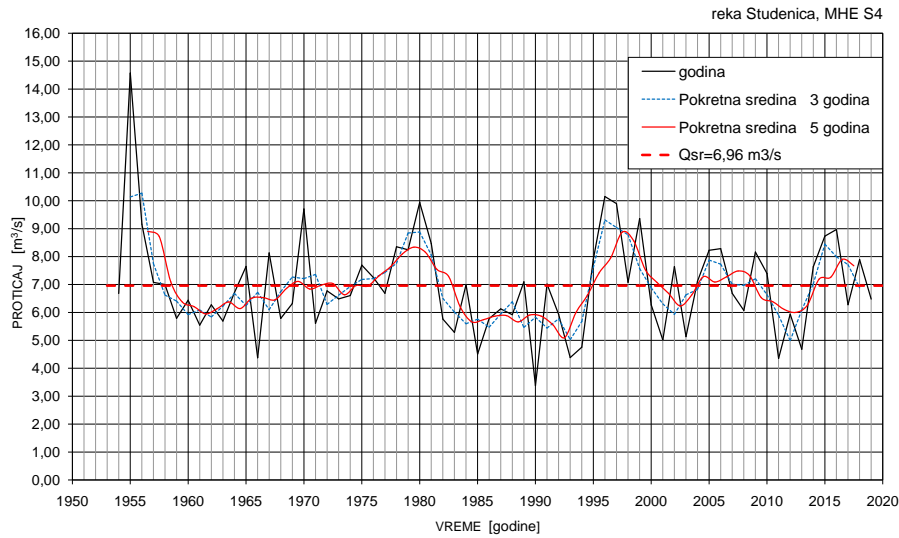
Analiza cikličnosti, odnosno hronološka zakonitost smenjivanja kišnih i sušnih godina, urađena je preko takozvane integralne krive modulnih odstupanja od prosečne vrednosti, koja je prikazana na slici 4.



Slika 4. Hronološka zakonitost smenjivanja kišnih i sušnih godina

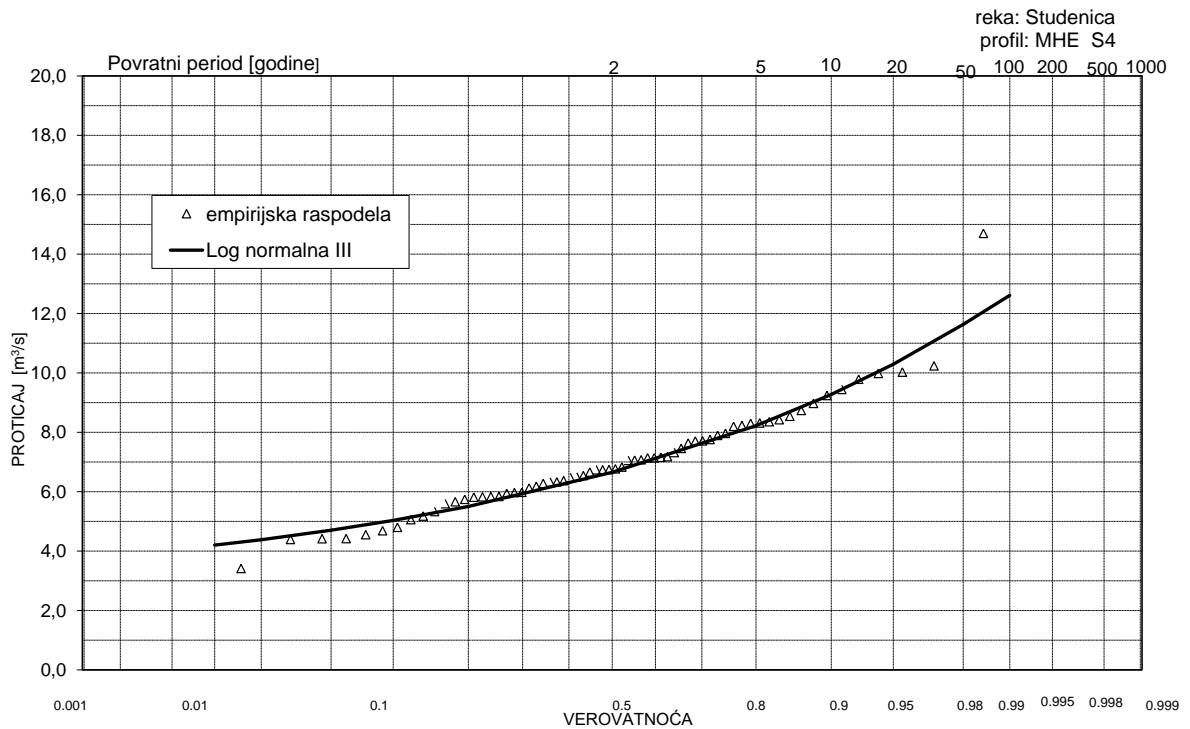
Vremenski period u kojima ordinata integralne krive ima pozitivan prirast karakteriše vodniji period, a obrnuto (suprotno) karakteriše sušniji period. Može se uočiti sa slike 5, da sliv Studenice ne karakterišu izraženi dužni vodni ili sušni periodi, to jest nije uočena cikličnost ili izrazitiji trend u vodnosti ovog sliva. Slična zapažanja su uočena i na susednim slivovima (sliv Moravice). Iz priložene krive, sledi da se kao merodavan period obrade srednjih voda u slivu Studenice može (treba), uzeti period 1954-2019. godina.

Takodje je izvršena analiza uzoraka pokretnih sredina srednjegodišnjih proticaja, od 1 do 5 godina koje daju uvid u hronološke promene srednjegodišnjih proticaja, kao i u cikluse vodnih i sušnih godina. Grafik pokretnih sredina za period 1954 – 2019. godina dat je na slici 5, sa istim pokazateljima vodnosti kao i prethodni prilog. Teško je prognozirati vodnost narednih perioda, no na osnovu istorijskog perioda nije uočen trend ni povećanja ni smanjenja srednjih godišnjih protoka.



Slik 5. Dijagram pokretnih sredina srednjih godišnjih proticaja

Numerički pokazatelji teorijskih vrednosti verovatnoće pojave srednjih godišnjih proticaja prikazani su u tabeli 8, a grafički prikaz na slici 6. Primenjeno je više teorijskih funkcija raspodele, a usvojena je Log Normalna 3 raspodela koja je po testovima dobrote prilagođavanja teorijske krive na empirijske podatke pokazala najbolje slaganje.



Slika 6. Dijagram verovatnoće pojave srednjih godišnjih proticaja

Tabela 8: Verovatnoća pojave srednjih godišnjih proticaja na profilu MHE »Studenica S4 - Gradina«.

P (%)	1	2	5	10	50	90	95	98	99
Q_{sr} (m^3/s)	12,61	11,62	10,29	9,27	6,65	5,03	4,70	4,60	4,20

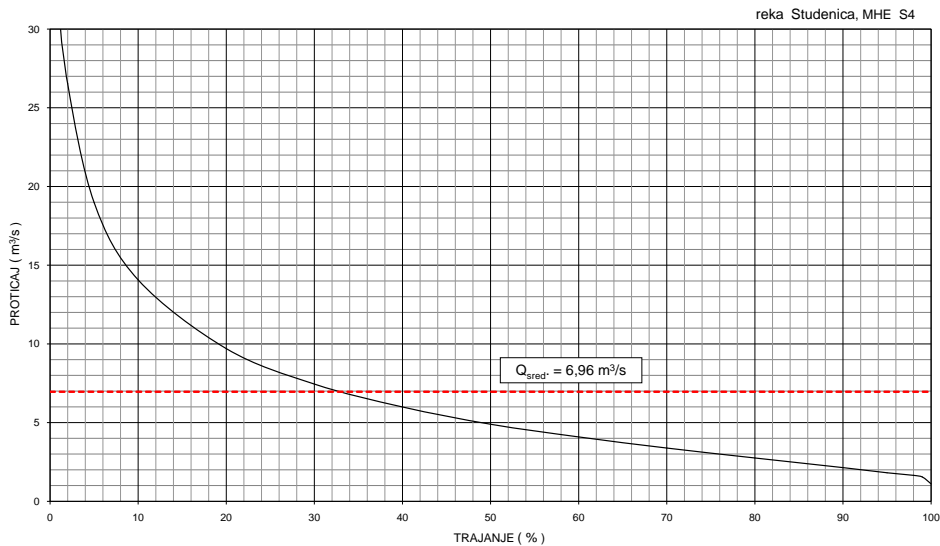
Najznačajniji hidrološki podatak za energetske proračune je svakako kriva trajanja dnevnih proticaja u profilu vodozahvata, odnosno na pragu mašinske zgrade MHE. Sprovedena je analiza raspoloživog niza dnevnih podataka perioda 1954-2019. godina u profilu vodomerne stanice Ušće i koristeći odnos $K=Q_i/Q_{sr}$ definisana bezdimenzionalna kriva trajanja dnevnih proticaja. Zatim je standardnim postupkom definisana kriva trajanja dnevnih proticaja u profilu brane-vodozahvata MHE „Studenica S4 - Gradina“ na reci Studenici za prethodno definisan prosečan višegodišnji proticaj od $6,96 m^3/s$ za period 1954-2019. godina.

Prikazana kriva predstavlja očekivanu najverovatniju krivu trajanja dnevnih proticaja pod logičnom pretpostavkom da bi se na reci Studenici i u narednom dugogodišnjem periodu ostvario sličan-isti režim i bilans proticaja kao i u analiziranom istorijskom periodu. Jasno je da se u pojedinim godinama (sušne ili kišne) mogu pojaviti značajne razlike u vodnosti.

Sintetička kriva trajanja dnevnih proticaja u profilu MHE »Studenica S4 - Gradina«. za analizirani period, 1954-2019. godina prikazana je u tabeli 9 i na slici 7.

Tabela 9: Sintetička kriva trajanja dnevnih proticaja u profilu MHE „Studenica S4 - Gradina“ (m^3/s)-period 1954-2019.god.

% Profil	0	1	2	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95	98	99	100
MHE S4	276	32,19	26,53	18,98	14,06	9,7	7,45	5,99	4,9	4,09	3,38	2,76	2,14	1,82	1,65	1,55	1,11



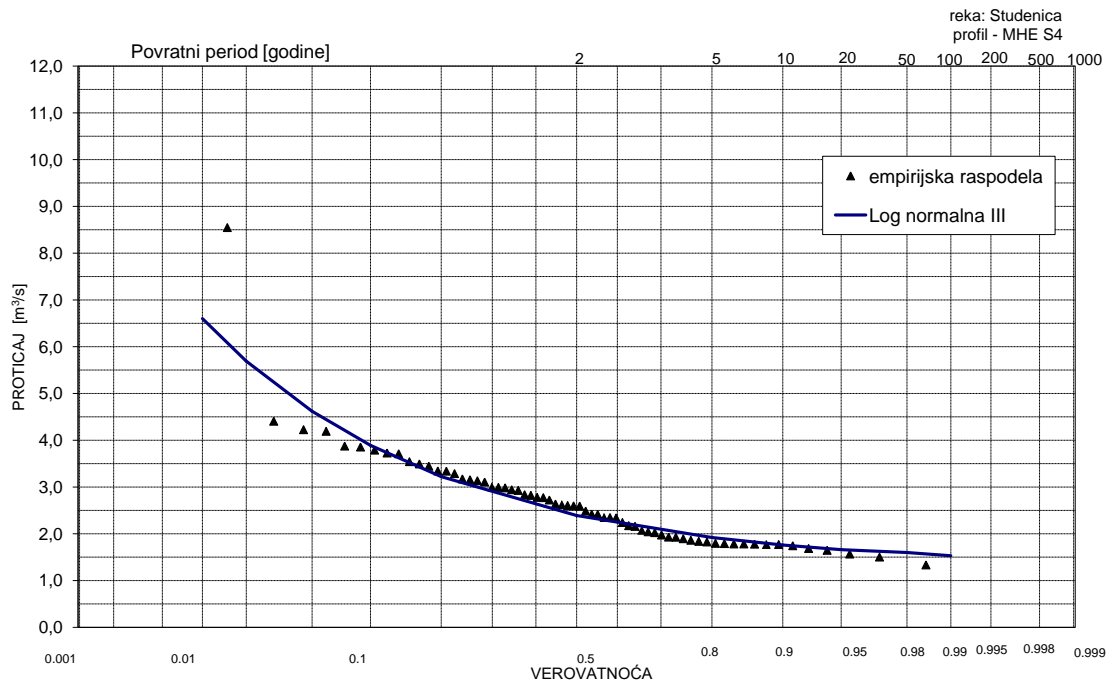
Slika 7. Sintetička kriva trajanja dnevnih proticaja u profilu MHE "Studenica S4 - Gradina"

Može se uočiti da su proticaji veći od višegodišnjeg proseka zastupljeni u oko 33% trajanja vremena, što je u skladu sa karakteristikama i okolnih slivova centralne Srbije. Treba istaći i povoljnost, a sa aspekta energetskog korišćenja ovog vodotoka, na relativno ustaljene bazne protoke.

1.5.5. Analiza malih voda

Minimalni proticaji u slivu reke Studenice po pravilu se javljaju u letnjem periodu od avgusta do novembra. Male vode u profilu MHE »Studenica S4 - Gradina« ocenjene su na osnovu statističkih analiza minimalnih srednjih mesečnih proticaja iz perioda 1954-2019 godina, koji obezbeđuje dug i pouzdan niz podataka o minimalnim srednjim mesečnim proticajima.

Na formirane serije minimalnih srednjih mesečnih proticaja u analiziranom periodu primenjeno je više tipova teorijskih raspodela. Najbolje prilagođavanje na empirijske podatke prema testovima saglasnosti, (hi kvadrat test i metod devijacije), pokazala je Log Normalna 3 raspodela. Na slici 8 prikazan je dijagram verovatnoće pojave minimalnih srednjih mesečnih proticaja u profilu MHE »Studenica S4 - Gradina«, a u tabeli 10 minimalni srednji mesečni proticaji različite obezbeđenosti (verovatnoće pojave).



Slika 8. Verovatnoća pojave minimalnih srednjih mesečnih proticaja-MHE »Studenica S4 - Gradina«

Tabela 10: Rezultati statističke analize minimalnih srednjih mesečnih proticaja

P (%)	50	80	90	95	98	99
MHE Ušće Q_{minsmes} (m^3/s)	2.39	1.92	1.76	1.66	1.57	1.53

Karakteristični minimalni srednji mesečni proticaj 95% obezbeđenosti u profilu brane-vodozahvata MHE »Ušće«, iznosi $1,66 \text{ m}^3/\text{s}$.

1.5.6. Analiza velikih voda

Pošto se ne radi o profilu sa značajnim akumulacionim prostorom, velike vode u okviru ovog projekta su ocenjene samo sa aspekta pojave vršnog proticaja. Prostornim planom grada Kraljeva Lit./4/ na energetski raspoloživom analiziranom potezu reke Studenice dužine oko 15 km, nizvodno od moguće lokacije velike projektne brane HE Studenica, odnosno akumulacije Preprana, predviđeno je šest malih hidroelektrana derivacionog tipa (uključuje i već izgrađenu kod manastira Studenica po kasnijoj numeraciji »S3«). Studijom izvodljivosti Lit./11/, pored takvog rešenja razmatrane su i MHE priborskog tipa koje su sa aspekta ekologije svakako prihvatljivije. Kako se radi o maloj hidroelektrani i nižoj brani sa manjim akumulacionim prostorom, analiza velikih voda je nešto nižeg ranga u odnosu na standard za visoke brane i velike akumulacije i ne obuhvata specifične analize rizika.

Kako je razmatrani profil MHE »Studenica S4 - Gradina«, sa aspekta pojave velikih voda, praktično identičan sa profilom vodomerne stanice »Ušće«, koja raspolaže se solidnom

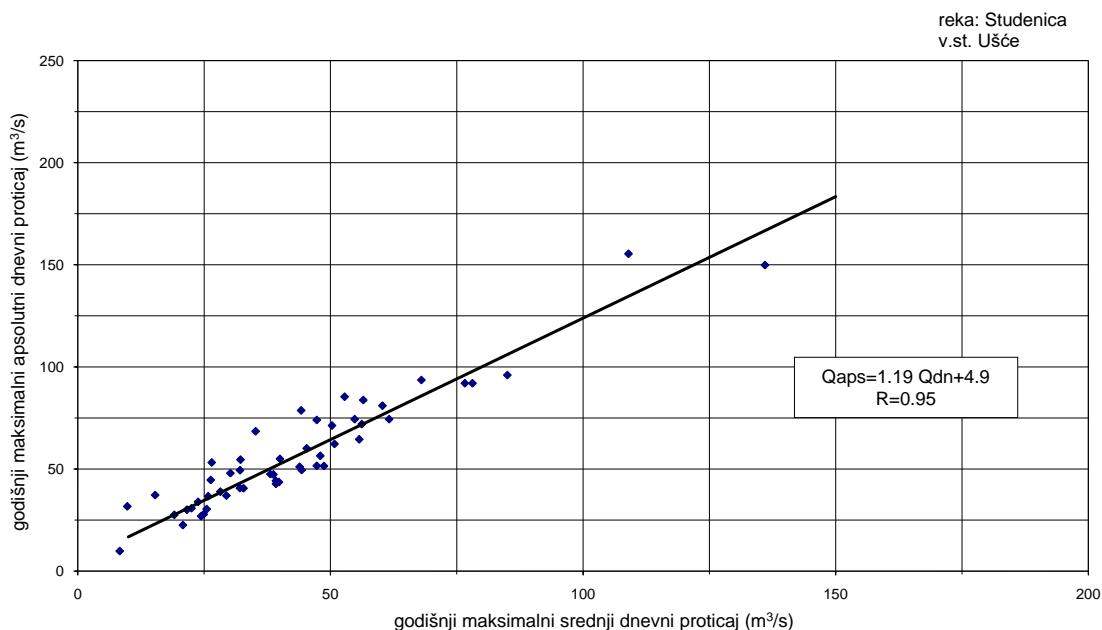
dužinom kvalitetnog niza maksimalnih proticaja (66 godina), jasno je da je za analizu velikih voda korišćena statistička metoda.

Za definisanje verovatnoće pojave apsolutnih maksimalnih godišnjih proticaja reke Studenice u profilu vodomerne stanice »Ušće«, korišćene su postojeće serije maksimalnih godišnjih proticaja, (trenutni i srednji dnevni ili jutarnji iz perioda kada nije radio limnigraf). Preuzeti su iz Lit. /6/, odnosno od RHMZ Srbije za raspoloživi period od 66 godina.

Za 13 godina iz ovog perioda (1956-58, 1960-62, 1965, 1972, 1978, 1980, 1982, 1986, 1996, 2015 i 2017 god.), nije se raspolagalo i apsolutnim maksimalnim proticajima. Ili limnigraf nije bio u funkciji, ili nije bilo vanrednih osmatranja ili neki treći razlog. Za sve ostale godine, za koje postoje podaci o srednjim dnevnim maksimumima i o apsolutnim-trenutnim maksimumima proticaja (ukupno 52 godina), sprovedena je regresiona analiza apsolutnih i srednjih dnevnih maksimuma, koja je prikazana na slici 9, sa sledećom usvojenom jednačinom:

$$Q_{apsmax} = 1,19 + 4,9 Q_{dnmax} \quad R = 0,95$$

koja je za ovakav tip analiza izuzetno dobra sa visokim koeficijentom korelacije od 0,95.

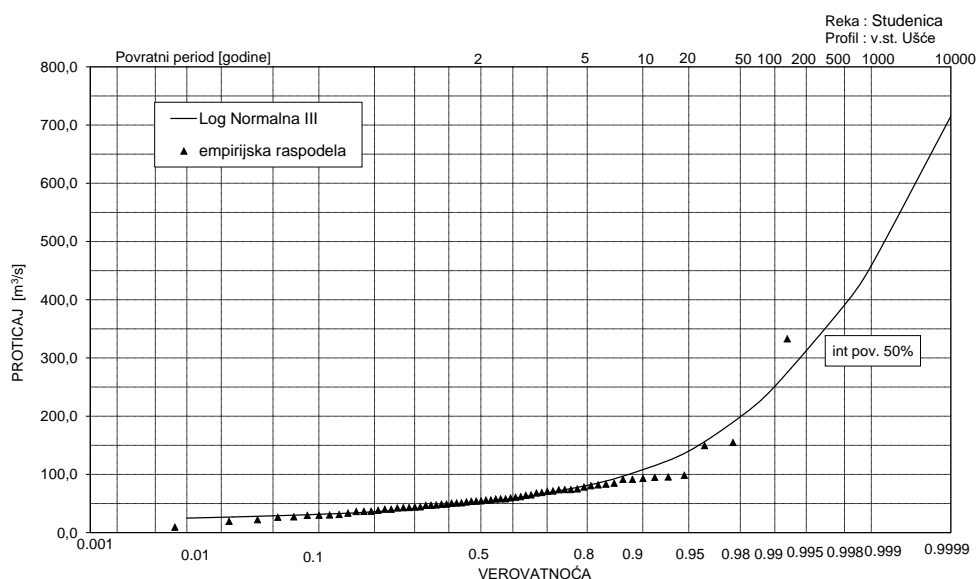


Slika 9. Regresiona analiza apsolutnih i srednjih dnevnih maksimalnih proticaja

Koristeći ovu relaciju formiran je ukupan niz od 66 godina (1954-2019. godina) apsolutnih maksimalnih godišnjih proticaja. Ove vrednosti i njihova empirijska raspodela (po modelu Hazen) grafički su prikazane na slici 10 za koji su izvršene dalje statističke analize.

Posle šire analize primene više različitih funkcija raspodele, najbolje prilagođavanje na osmotrene podatke o maksimalnim proticajima, prema testovima saglasnosti (hi kvadrat test i metod devijacije) pokazale su Pirson 3 i Log Normalna 3 raspodela koja je i usvojena za

dalje analize. Rezultati proračuna velikih voda u profilu vodomerne stanice »Ušće«, prikazani su grafički na slici 10, a numerički u tabeli 11.



Slika 10. Verovatnoća pojave velikih voda-MHE »S4«

Tabela 11: Verovatnoća pojave apsolutnih maksimalnih godišnjih proticaja na profilu vod. st. »Ušće«

vod. st. "Ušće"	P (%)	0,01	0,1	0.2	1	2	5	10	20	50
	(m ³ /s)		715	459	387	251	199	140	108	81

S obzirom na vrlo malu razliku u slivnim površinama između profila MHE »Studenica S4 - Gradina« i vod. st. »Ušće«, velike vode u profilu MHE »Studenica S4 - Gradina«, su ocenjene preko metode Andrijanova koristeći kao analog nizvodni profil vodomerne stanice »Ušće«.

$$Q_n = \left(\frac{A_n}{A} \right)^n \times Q$$

gde su:

Q_n – maksimalni proticaj u profilu MHE »Studenica S4 - Gradina«, (m³/s)
 A_n – površina sliva do profila MHE»Studenica S4 - Gradina«, (F= 514,8 km²)
 n – koeficijent stepena redukcije (n=0,6)

Tabela 12: Verovatnoća pojave apsolutnih maksimalnih godišnjih proticaja na profilu MHE »Studenica S4 - Gradina«



MHE "S4"	P (%)	0,01	0,1	0,2	1	2	5	10	20	50
	(m ³ /s)	695	446	376	244	194	136	105	79	50

U odnosu na rezultate analize velikih voda iz prethodnih dokumentacija i hidroloških studija reke Studenice za ovaj sektor reke, može se konstatovati da su prezentirane velike vode u ovoj Studiji značajno više od onih koje su date u dokumentaciji i studijama u Lit./2,7,8,9/. Razlozi su prvenstveno što su u nekima od njih tretirani samo maksimalni srednji ili jutarnji dnevni proticaji, a ne apsolutni-trenutni, zatim u dužini tretiranog niza, i donekle u izboru teorijske raspodele, odnosno usled primene različitih numeričkih šema u statističkim programima.

Prezentirane velike vode u ovoj Studiji vrlo su slične korespondentnim velikim vodama koje su date u studiji Lit./10/, odnosno vrlo malo su više od njih, a što je posledica nešto dužeg analiziranog niza od 2011 do 2019.godine u ovoj studiji.

U odnosu na analize velikih voda koje su prikazane u Lit./11/ one su praktično iste sa vrednostima velikih voda iz ove studije za sve povratne periode u intervalu od 2-200 godina, a značajnija razlika je samo u oceni velikih voda povratnog perioda 1000 godina koje su u studiji Lit./11/ više reda oko 20%. Razlog je što je u toj Studiji za analize korišćen skraćeni niz maksimalnih apsolutnih proticaja na ključnoj vodomernoj stanici Ušće od 1964. godine, a ne od 1954. godine (što u hidrološkoj praksi nije preporučljivo). Korišćenjem kompletnog niza od 1954, a kako je to i prikazano u toj studiji dobijaju se niže vrednosti. Ovaj skraćeni niz maksimalnih proticaja od 1964. godine ima znatno veći koeficijent varijacije čiji uticaj se dominantno uvećava na vrednosti velikih voda pri visokim povratnim periodima. Direktna posledica te »matematike« je povećanje velikih voda za veće povratne periode (u ovom slučaju 1000. god.). Projektanti su u toj Studiji težili što većoj sigurnosti i uvođenje i takozvane intervalne procene (intervala poverenja) kojima se smanjuje neizvesnost u proceni velikih voda. Verovatni cilj takvog pristupa je bio da se za ceo tok reke Studenice prikažu velike vode različitih povratnih perioda sa povećanom sigurnošću (nekim gornjom granicom), a i dalje jetada bilo otvoreno pitanje kakve i kolike MHE će se projektovati.

Inače u hidrološkoj praksi i po preporukama RHMZ Srbije za analize velikih voda za male hidroelektrane, kao merodavna koristi se bazna ili najverovatnija linija verovatnoće (interval poverenja 50%) i što duži raspoloživ niz osmotrenih maksimalnih proticaja, što je i primenjeno u ovoj Studiji. Ukoliko projektanti brane ocene da iz raznih razloga, pošto je projekat MHE »S4« u toku (možda veća zapremina akumulisane vode iza brane, visoka ili nasuta brana, povećan rizik od mogućeg proloma brane za nizvodno područje i.t.d.) mogu se razmatrati i veće velike vode to jest usvojiti viši povratni periodi ili proveriti (kontrolisati) sigurnost brane i na njih.

To bi bila i preporuka projektanta-hidrologa da ako se projektom usvoji konačno rešenje o kombinovanoj nasuto-betonskoj brani, ili zapremina akumulacije i visina brane budu rizični sa aspekta eventualnog proloma brane, izvrši i provera sigurnosti brane i na 10000-godišnju veliku vodu.

1.5.7. Zaključak

Izradom ovih hidroloških podloga kompletirani su i dopunjeni podaci, dosadašnja saznanja i raspoložive analize u slivu reke Studenice. Smatramo da se za potrebe ovog projekta došlo do pouzdanih pokazatelja hidrološkog bilansa i režima reke Studenice u profilu MHE



»Studenica S4 - Gradina«. Sistemizovani karakteristični rezultati izvršenih analiza, prikazani su u tabeli 13:

Tabela 13: karakteristični rezultati – profil MHE „Studenica S4 - Gradina“

Reka	Profil	Qsr (m ³ /s)	Qmin 95% (m ³ /s)	Maksimalni proticaji (m ³ /s) za povratni period T [god]						
				10	20	50	100	500	1000	10000
Studenica	MHE »S4«	6,96	1,66	105	136	194	244	376	446	695

1.5.8. Literatura

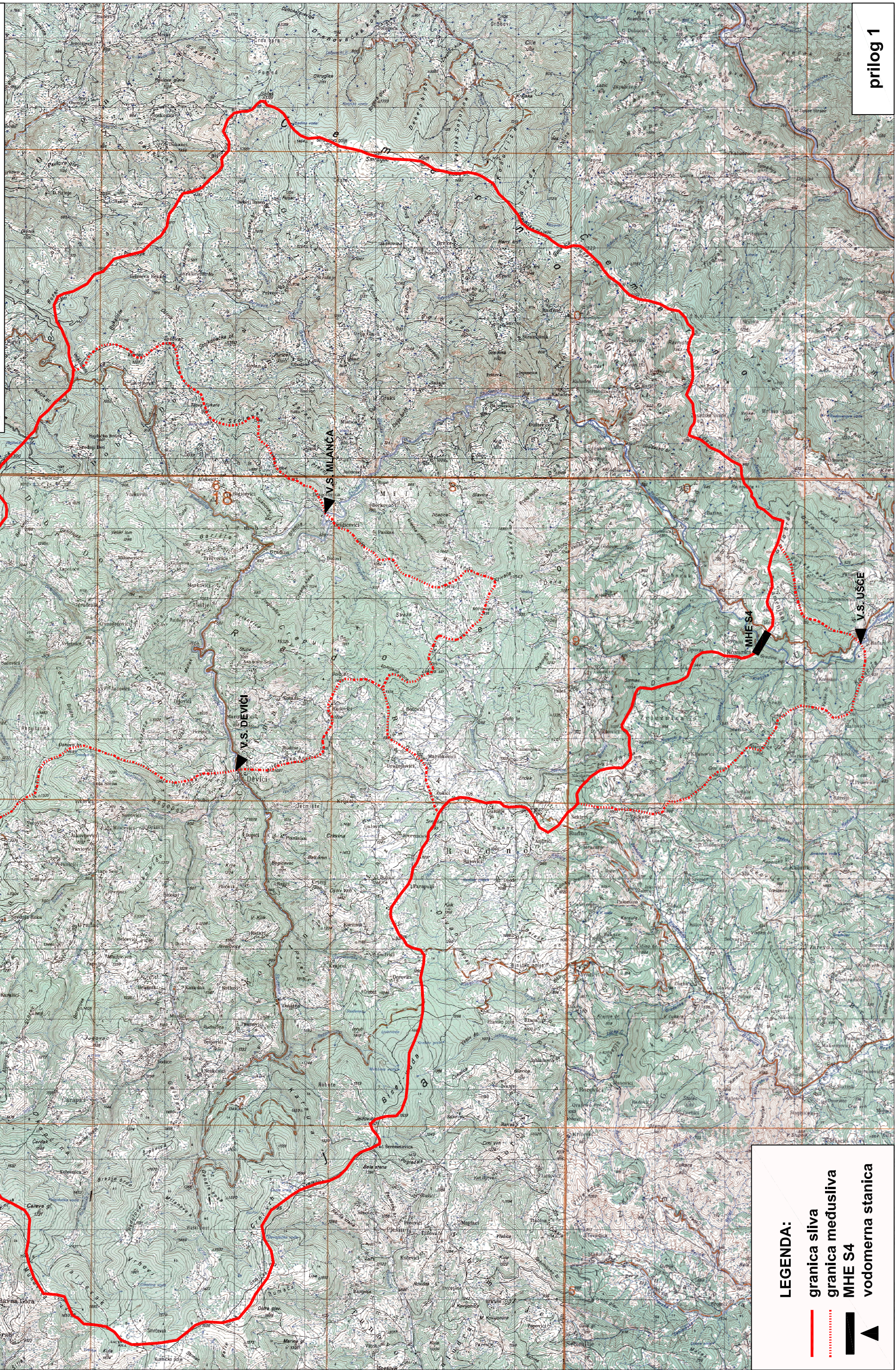
1. Katastar malih hidroelektrana na teritoriji SR Srbije van SAP, "Energoprojekt – Hidroinženjering", Institut za vodoprivredu »Jaroslav Černi« Beograd 1987.god
2. Vodoprivredna osnova Srbije, Hidrometeorološke podloge, Institut za vodoprivredu »Jaroslav Černi«, RHMZ Srbije, Beograd, 2009 god.
3. Idejni Projekat višenamenskog vodoprivrednog hidroenergetskog sistema "Studenica", Hidrologija, "Energoprojekt – Hidroinženjering", Institut za vodoprivredu »Jaroslav Černi«, Beograd 1987. godina.
4. Informacije i prethodna dokumentacija o lokaciji i istorijatu MHE »S1-S6«, , Prostorni plan grada Kraljeva, opština Kraljevo, Investitor, 2005-2019. godina.
5. Izveštaji, publikacije, obrade RHMZ Srbije
6. Godišnjaci RHMZ Srbije
7. Generalni projekat MHE »Ušće« na reci Studenici, »3CE Inženjering« d.o.o, Sarajevo, 2008. godine.
8. Generalni projekat za izgradnju MHE »Gradina« na reci Studenici, Univerzitet Beograd, Rudarsko-Geološki fakultet, 2010. godina.
9. Studija izvodljivosti MHE "Ušće" na reci Studenici, »3CE Inženjering« d.o.o, Sarajevo, 2011. godine.
10. Hidrološka studija za MHE "Ušće" na reci Studenici, Beograd, 2012. god.
11. Studija izvodljivosti za 5 planiranih i jednu izgradjenu MHE na reci Studenici, »Šumadija« d.o.o. Kraljevo, "Energoprojekt–Hidroinženjering", Beograd, 2015. godina



PRILOG

Pregledna karta sliva reke Studenice do profila MHE S4

R 1:100000



LEGENDA:

- granica sliva
- ⋯ granica međusliva
- ▬ MHE S4
- ▲ vodomerna stanica