

UDK 556.012

## UNUTARGODIŠNJA RASPODELA I KRIVA TRAJANJA PROTOKA NA HIDROENERGETSKOM PROFILU KOZARNIČKE REKE

Dragan Radivojević<sup>1</sup>, Aleksandra Ilić<sup>2</sup>, Olivera Potić<sup>3</sup>

### *Rezime*

Pod hidrološki neizučeni slivovima podrazumevaju se slivovi vodotoka na kojima nema organizovanog osmatranja vodostaja i merenja protoka. Takvi vodotoci obično predstavljaju veliki potencijal za stanovišta hidroenergetike pa se primenjuje posebna metodologija za procenu unutar godišnje raspodele i krive trajanja protoka.

U ovom radu je razmatran sliv Kozarničke reke koja predstavlja izvorišni krak Crnovrške reke, leve pritoke Trgoviškog Timoka. Za potrebe dimenzionisanja vodozahvata male hidroelektrane bilo je potrebno proceniti krivu trajanja srednje dnevnih protoka.

Primenjena metodologija bazira se na uspostavljanju prostornih zavisnosti između različitih hidroloških i meteoroloških promenljivih u širem regionu i prostornoj interpolaciji dobijenih rezultata za razmatrani hidrološko neizučeni profil. Pri tome se teži da se odabere jedna hidrološka stanica kao „analog“, sa veoma sličnim fizičko-geografskim i morfološkim karakteristikama sliva, kao i neizučeni profil.

Na kraju rada rezultati su ilustrovani tabelarno i grafički.

**Ključne reči:** neizučeni profil, unutargodišnja raspodela protoka, kriva trajanja, VNC, hidroenergetski potencijal

## YEARLY DISTRIBUTION AND CURVE OF DISCHARGE DURATION ON THE HYDROELECTRIC POWER PROFILE OF THE KOZARNIČKA RIVER

### *Summary*

River basin without organized discharge and water level measurement is classified as an unskilled basin. In spite of lack of data, this kind of basin often have significant hydro energetic potential, so special methodology should be applied to estimate discharge distribution within a year and the duration curve.

This paper presents study of the catchment of the Kozarnička river performances, which is the source tributary of the Crnovrška river, the tributary of the Trgoviški Timok river. Estimation of the average daily discharge duration curve is the primary task in order to dimension water capture for a small hydroelectric power plant.

The applied methodology is based on defining spatial relation amongst the set of hydrological and meteorological data in the wider region and spatial interpolation of generated data for the considered unskilled catchment. The trend is to select one hydrological station as „analog“, with very close physical, geographic and morphological performances like as the selected profile on the unskilled basin.

Results are presented in tables and diagrams.

**Key words:** Unskilled basin, discharge distribution within a year, discharge duration curve, VNC, hydro energetic potential

<sup>1</sup> Asistent, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu

<sup>2</sup> Asistent, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu

<sup>3</sup> Redovni profesor, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu

## 1. UVOD

Za sagledavanje režima voda na definisanoj lokaciji vodozahvata MHE, kao i za definisanje merodavnih računskih protoka neophodanih za izradu tehničke dokumentacije tj. dimenzionisanje objekata potrebno je proceniti raspodelu protoka u toku godine i krivu trajanja.

U osnovi, primenjene metodologije baziraju se na uspostavljanju prostornih zavisnosti između različitih hidroloških i meteoroloških promenljivih u širem regionu i prostornoj interpolaciji dobijenih rezultata. Pri tome se teži da se odabere jedna hidrološka stanica kao „analog“, sa veoma sličnim fizičko-geografskim i morfološkim karakteristikama sliva, kao i razmatrani hidrološko neizučeni profil.

Za potrebe definisanja serija srednje mesečnih proticaja u potencijalnom profilu vodozahvata MHE korišćen je matematički model VNC za prostorno prenošenje hidrometeoroloških parametara, razvijen u Institutu "Jaroslav Černi".

Sušтина modela VNC se sastoji u uspostavljanju linearnih korelacionih zavisnosti između odgovarajućih standardizovanih promenljivih serija srednje mesečnih proticaja na širem regionu i odgovarajućih klimatskih parametara relevantnih za formiranje rečnog oticaja.

Cilj ovih analiza je da se dobije pouzdana vremenska serija proticaja na odabranom hidroenergetskom profilu i podloga za projektovanje objekata.

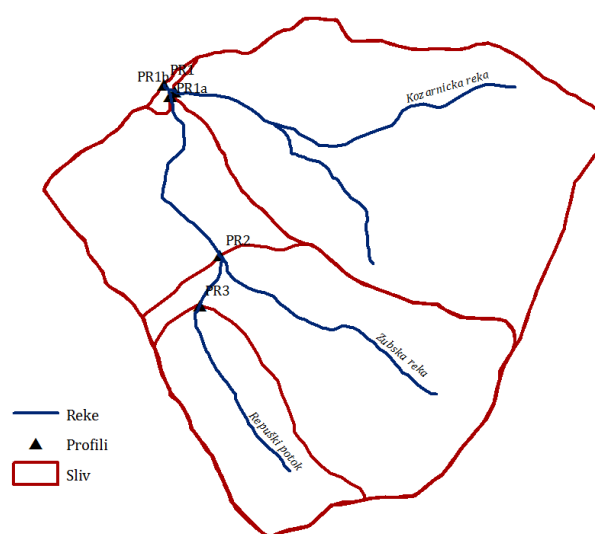
## 2. RAZMATRANO PODRUČJE I RASPOLOŽIVI HIDROLOŠKI I METEOROLOŠKI PODACI

Predmetno područje se nalazi na teritoriji opštine Knjaževac, u blizini Babinog Zuba naspram najvišeg vrha stare Planine Midžora. Kozarnička reka pripada vršnom delu Crnovrške reke koja predstavlja levi izvorišni krak Trgoviškog Timoka.

Pregledna karta sliva sa hidrografskom mrežom i analiziranim hidrološkim profilima prikazana je na Slici 1.

U pogledu hidrometeoroloških pokazatelja, ne postoje raspoloživi podaci u slivu tako da su razmatrane padavine na tri najbliže padavinske stanice, u širem području sliva: Aladinac (650 mm), Kalna-Timočka (400 mm) i Topli Do (700 mm), a u blizini se nalazi i m.s. Knjaževac. Protoci su

razmatrani na hidrološkoj stanici Donja Kamenica na Trgoviškom Timoku.



Slika 1 Hidrografska mreža sliva Kozarničke reke

Analize i proračuni, izloženi u ovom radu, zasnovani su na podacima o svim raspoloživim protocima vode Trgoviškog Timoka u profilu h.s. Donja Kamenica kao i podacima o padavinama za padavinsku stanicu Topli Do koji su preuzeti iz Novelirane vodoprivredne osnove Republike Srbije, 2009.

Kako profil vodozahvata MHE spada u hidrološki neizučene profile, na njemu nema merenja vodostaja i protoka, karakteristični protoci se određuju na osnovu režima meteoroloških podataka.

Za potrebe definisanja serije srednje mesečnih protoka na odabranom profilu korišćeni su sledeći podaci:

- Serije srednje mesečnih protoka Trgoviškog Timoka u profilu h.s. "Donja Kamenica";
- Serije mesečnih suma padavina na p.s. Topli Do;
- Serije srednje mesečnih temperatura vazduha na m.s. Knjaževac;
- Serije srednje mesečne vlažnosti vazduha na m.s. Knjaževac;
- Serije srednje mesečnog napona vodene pare na m.s. Knjaževac.

Raspoloživi meteorološki podaci su za period od početka rada stanice do 2006. godine, kao i hidrološki podaci.

Hidrološka stanica „Donja Kamenica“ je osnovana 1996. godine i radi do danas. Opremljena je limnigrafom za kontinualna osmatranja, a povremeno se vrše merenja protoka, saglasno pravilima hidrometeorološke službe. Pre nje je merenje

vodostaja vršeno na hidrološkoj stanici Gornja Kamenica (od 1955. godine) koja je imala površinu sliva  $F=331 \text{ km}^2$ .

Površina sliva Trgoviškog Timoka do profila h.s. Donja Kamenica je  $F=360 \text{ km}^2$ , udaljenost od ušća  $L=14.1 \text{ km}$ , a kota nule vodomera  $Z=270.17 \text{ mm}$ .

Unutar godišnja raspodela hidroloških i meteoroloških parametara prikazana je u *Tabeli 1*.

**Tabela 1. Unutar godišnja raspodela ulaznih parametara modela VNC**

	meseci												GOD
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
h.s. Gornja/Donja Kamenica , srednje mesečni protoci ( $\text{m}^3/\text{s}$ ), period 1946-2006. godina													
SR	3.288	4.505	5.427	5.937	4.894	3.645	2.060	1.276	1.157	1.447	2.169	2.981	3.232
MAX	9.89	16.13	15.10	14.37	15.57	13.02	8.39	5.95	5.05	8.03	7.74	10.55	4.91
MIN	0.538	0.452	0.734	0.743	0.423	0.633	0.430	0.227	0.365	0.370	0.449	0.492	1.287
m.s. Topli Do, suma padavina (mm), period 1949-2006. god													
SR	59.98	62.61	52.60	69.70	83.98	86.93	63.90	53.92	56.33	53.06	69.73	68.41	781.15
MAX	196.4	165.0	143.6	164.8	173.2	294.1	151.1	179.5	252.5	165.6	219.1	208.7	1127.4
MIN	6.60	7.40	2.70	15.70	11.20	10.40	6.50	7.80	5.70	0.20	3.20	1.50	447.30
m.s. Knjaževac, temperature vazduha ( $^{\circ}\text{C}$ ), period 1949-2006. god													
SR	-0.91	0.93	5.11	10.97	16.00	19.39	21.11	20.51	16.14	10.61	5.37	1.20	10.54
MAX	3.40	6.30	10.60	14.40	20.00	23.20	24.90	25.40	19.60	14.50	9.10	5.40	12.22
MIN	-6.70	-7.10	0.30	6.30	12.90	16.90	18.70	16.20	13.30	7.50	-0.40	-3.60	9.00
m.s. Knjaževac, vlažnost vazduha (%), period 1949-2006. god													
SR	83.11	80.80	75.68	72.02	73.23	72.98	70.69	71.32	75.39	79.54	82.89	84.21	76.82
MAX	92.40	91.90	86.90	88.40	84.10	84.20	81.50	83.60	86.80	89.00	90.20	93.20	82.97
MIN	74.80	71.80	64.20	60.00	62.90	62.80	52.40	45.80	60.50	71.60	73.30	78.40	70.08
m.s. Knjaževac, napon vodene pare (mb), period 1949-2006. god													
SR	5.10	5.63	6.82	9.46	13.44	16.63	17.76	17.13	13.97	10.57	7.80	5.92	10.85
MAX	6.50	8.60	9.20	12.10	18.70	20.70	22.00	20.70	16.70	14.20	10.10	8.00	12.58
MIN	3.30	3.10	5.00	6.80	11.30	14.50	14.80	14.20	11.00	8.10	5.40	4.00	9.69

### 3. METODE I POSTUPCI

Za potrebe izrade ove analize, korišćene su metodologije proračuna koje se baziraju na uspostavljanju prostornih zavisnosti između različitih hidrometeoroloških promenljivih u širem regionu i prostornoj interpolaciji dobijenih rezultata. Hidrološka stanica „analog“ se nalazi u slivu čiji izvorišni krak predstavlja razmatrana reka.

#### 3.1 REŽIM PROSEČNIH PROTOKA

Serije srednje mesečnih protoka u profilu vodozavhata MHE formirane su na osnovu rezultata matematičkog modela VNC za prostorno prenošenje hidrometeoroloških parametara [3].

Model se odnosi na uspostavljanje linearnih korelacionih zavisnosti između odgovarajućih standardizovanih promenljivih serija srednje mesečnih protoka i odgovarajućih klimatskih parametara

relevantnih za formiranje rečnog oticaja u širem regionu. Parametri uspostavljenih zavisnosti se zatim prostorno analiziraju i za regione gde su oni homogeni, koriste se inverzno za definisanje odgovarajućih serija protoka na profilima gde ne postoje merenja, kada su poznati odgovarajući podaci na profilu "analogu" i meteorološki podaci za razmatrani sliv.

$$U(Q_0) = \alpha_{01} \cdot U_1(Q_{an}) + \alpha_{02} \cdot U_2(P) + \alpha_{03} \cdot U_3(T) + \alpha_{04} \cdot U_4(VL) + \alpha_{05} \cdot U_5(NPV) \quad (1)$$

gde su:

- $U(Q_0)$  - standardizovana vrednost zavisno promenljive serije srednje mesečnih protoka u profilu vodozahvata
- $U_1(Q_{an})$  - standardizovana vrednost nezavisno promenljive serije srednje mesečnih protoka na profilu „analog“
- $U_2(P)$  - standardizovana vrednost nezavisno promenljive serije srednje mesečnih suma padavina
- $U_3(T)$  - standardizovana vrednost nezavisno promenljive serije srednje mesečnih temperatura vazduha
- $U_4(VL)$  - standardizovana vrednost nezavisno promenljive serije srednje mesečnih vlažnosti vazduha
- $U_5(NPV)$  - standardizovana vrednost nezavisno promenljive serije srednje mesečnih napona vodene pare
- $\alpha_{0j}$  - koeficijent višestruke regresije, koji se određuje prema proceduri prikazanoj u literaturi [3] a na osnovu vrednosti koeficijenta standardne korelacije

$$r_{jk} = \frac{1}{N-1} \frac{\sum_{i=1}^N U_{ki} \cdot U_{ji}}{\sigma_U^2(N)} \quad (2)$$

$$\sigma_U^2(N) = \frac{1}{N-1} \cdot \sum_{i=1}^N U_i^2 \cong 1.0 \quad (3)$$

U konkretnom slučaju uspostavljena je zavisnost između standardizovanih promenljivih serija srednje mesečnih protoka na profilu vodozahvata, kao zavisno promenljive, i serija srednje mesečnih protoka na profilu "analogu" i mesečnih suma padavina, srednje mesečnih temperatura vazduha, srednje mesečne vlažnosti vazduha i srednje mesečnog napona vodene pare na širem regionu, kao nezavisne promenljive na sledeći način [4]:

Analiza verovatnoće pojave, primenom standardnog postupka testiranja prilagođavanja teorijskih i empirijskih raspodela verovatnoća Pirson III i Log-Pirson III, Gumbel, Log-Normal II i Log-Normal III izvršena je za seriju srednje godišnjih protoka [1].

Za definisanje verovatnoće pojave, odnosno obezbeđenosti minimalnih srednje mesečnih protoka u profilu vodozahvata korišćene su sračunate vrednosti serija mesečnih protoka. Izvršeno je odvajanje vremenske serije minimalnih srednje mesečnih protoka i primenjena je klasična teorija verovatnoće. U konkretnom slučaju korišćeni su Pirson III i Log-Pirson III, Gumbel, Log-Normal II i Log-Normal III zakoni raspodele [1].

### 3.2 KRIVA TRAJANJA SREDNJE DNEVNIH PROTOKA

Za definisanje krivih trajanja dnevnih protoka korišćeni su svi raspoloživi podaci o dnevnim protocima na profilu vodomerne stanice "analog", kao i serije srednje mesečnih protoka na profilu MHE i reke "analog" [5]. Uspostavljen je odnos dnevnih protoka različitih trajanja i odgovarajućih srednje mesečnih vrednosti protoka. Korišćenjem ovih odnosa na hidrološki neizučeni hidroenergetskom profilu i sračunatih krivih trajanja srednje mesečnih protoka dobijene su teorijske vrednosti dnevnih protoka za različita trajanja.

## 4. REZULTATI

### 4.1 KALIBRACIJA MODELA

Izvršena hidrometrijska merenja na profilima prikazanim na Slici 1. u novembru 2015. godine u slivu Kozarničke reke (Tabela 2) ukazuju na karakter prostornog formiranja rečnog oticaja u malovodnom periodu.

Tabela 2. Hidrometrijska merenja u slivu Kozarničke reke

Datum merenja	Merno mesto			
	Zubska reka (PR.1a - krak levo) (m <sup>3</sup> /s)	Kozarnička reka (PR.1b – krak desno) (m <sup>3</sup> /s)	Kozarnička reka (PR 1-MHE) (m <sup>3</sup> /s)	Trgoviški Timok (h.s. D. Kamenica) (m <sup>3</sup> /s)
19.11.2015.	0.022	0.014	0.033	0.600

Zbog toga se analizira odnos izmerenih proticaja i obezbeđenost proticaja na odgovarajućim profilima. Što se reke "analog" (h. S. Donja Kamenica na Trgoviškom Timoku) tiče izmeren proticaj 19.11.2015. godine:

$$Q_{izm} = 0.600 \text{ m}^3/\text{s}$$

odgovara približno 42.96 %-noj obezbeđenosti minimalnog srednje mesečnog proticaja, odnosno jako sušnoj godini, koji prema najnovijoj analizi u Vodoprovrednoj osnovi Srbije (2009. god.) iznosi 0.614 m<sup>3</sup>/s.

Uspostavlja se odnos protoka u vidu:

$$K = \frac{Q_{izm}}{Q_{min.sred.mes,42.96\%}} = \frac{0.600}{0.614} = 0.977$$

Ako se ovaj odnos usvoji da za isti dan važi i za Kozarničku reku dobija se:

- za profil vodozahvata MHE na Kozarničkoj reci:

$$\overline{Q}_{min.sred.mes,42.96\%}^{MHE} = \frac{Q_{izm}}{0.977} = \frac{0.033}{0.977} = 0.034 \text{ m}^3/\text{s}$$

Prema tome u profilu MHE u slivu Kozarničke reke očekuje se da će navedena vrednost protoka odgovarati minimalnom srednje mesečnom protoku 42,96 %-ne obezbeđenosti.

Izmerene vrednosti protoka predstavljaju osnovu za tariranje modela za prostornu distribuciju srednje mesečnih protoka tako da kriva usvojene raspodele verovatnoće prođe kroz ocenjenu tačku.

### 4.3 SREDNJE MESEČNI PROTOCI

Rezultati proračuna standardizovanih koeficijenata korelacije između uspostavljenih zavisno i nezavisno promenljivih serija u slivu Kozarničke reke prikazani su u Tabeli 3.

Rezultati se odnose na profil vodozahvata na Kozarničkoj reci, kao zavisno promenljive, a nezavisno promenljive su protoci Trgoviškog Timoka u profilu h.s. "Donja Kamenica" ("analog"), i sledeće meteorološke veličine: sume padavina na m. s. Topli Do, temperature vazduha, vlažnosti vazduha i naponi vodene pare sve za m.s. Knjaževac.

Sume padavina za sliv dobijene su na osnovu analize Tiesenovim poligonima [2] konstruisanih za padavinske stanice Aladinac, Kalna-Timočka i Topli Do, pri čemu se došlo do zaključka da iako pripada susednom slivu, na padavinskoj stanici Topli Do režim padavina najviše odgovara predmetnom području.

Tabela 3. Prikaz standardizovanih koeficijenata korelacije između mesečnih serija protoka i meteoroloških parametara na širem području sliva Kozarničke reke

	Q- vodozahvat	Q- h.s "Donja Kamenica"	P	T	VL	NVP
Q- vodozahvat	1	0.95	0.4771	-0.2650	0.2110	-0.2072
Q- h.s "Donja Kamenica"		1	0.4771	-0.2650	0.2110	-0.2072
R			1	-0.0407	0.2126	0.0543
T				1	-0.6331	0.9452
VL					1	-0.4294
NVP						1

Na osnovu podataka iz *Tabele 3* definisani su parametri modela VNC za razmatrani sliv Kozarničke reke, kao što su nelinearni koeficijenti  $\alpha_{0,j}$  i odgovarajuće težine promenljivih veličina  $\delta_{0,j}$  (*Tabela 4*).

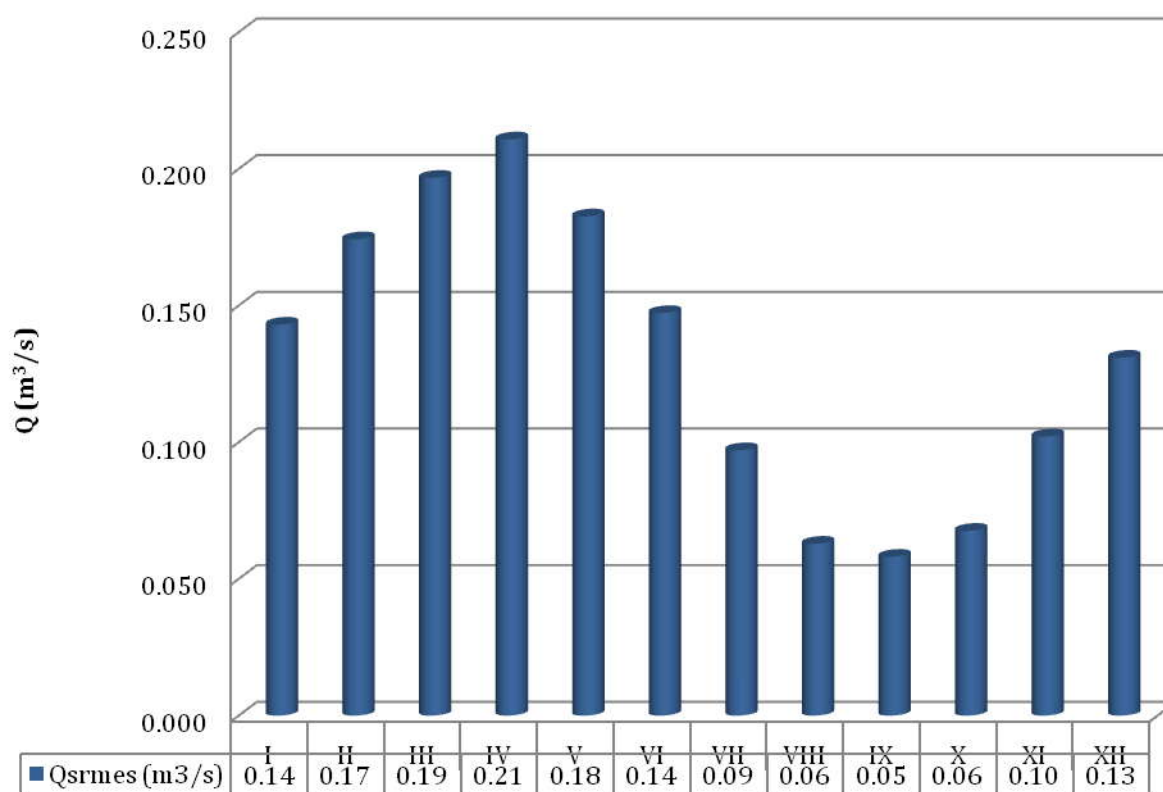
**Tabela 4. Pregled koeficijenata regresije i težina promenljivih u slivu Kozarničke reke**

	$\alpha_{0,j}$	$\delta_{0,j}$
Q (h.s Donja Kamenica)	0.9292	0.9686
P	0.0335	0.0093
T	-0.0372	0.0026
VL	-0.0095	0.0011
NVP	0.0147	0.0017

Uspostavljene korelacione zavisnosti su korišćene za proračun serije srednje mesečnih protoka na odabranom profilu vodozahvata MHE za jedinstveni period obrade 1949.-2006. godine.

Na osnovu procenjenih srednje mesečnih protoka formirana je unutar godišnja raspodela koja je grafički prikazana na Slici 2.

Testovi prilagođavanja su pokazali da se Log-Pirson III zakon raspodele najbolje prilagođava empirijskim podacima, rezultati proračuna prikazani su numerički u *Tabeli 5*.



*Slika 2. Unutar godišnja raspodela protoka u profilu MHE*

**Tabela 5. Prikaz verovatnoće pojave srednje godišnjeg protoka u profilu vodozahvata –  $Q_{sr,p}$  (m³/s)**

	Statistički parametri				
	osnovni niz	log	y Gumbel	ln za LN3	ln za LN2
X sr	0.131	-0.894	0.551	4.620	-2.058
S	0.0286	0.1034	1.1722	0.0003	0.238
Cv	0.2184028	-0.1156977	2.1256034	0.0000611	-0.266
Cs	-0.201	-0.897	0.000	0.000	-0.897

Rezultati proračuna					
verovatnoća	Pearson III	Log Pearson	Gumbel	Ln Normalna 3	Ln Normalna 2
0.1	0.211	0.201	0.286	0.220	0.267
<b>1</b>	<b>0.193</b>	<b>0.190</b>	<b>0.230</b>	<b>0.198</b>	<b>0.222</b>
2	0.187	0.185	0.213	0.190	0.208
5	0.176	0.176	0.190	0.178	0.189
10	0.167	0.168	0.173	0.168	0.173
42.96	0.137	0.138	0.132	0.136	0.133
50	0.132	0.132	0.127	0.131	0.128
80	0.107	0.106	0.106	0.107	0.105
90	0.094	0.093	0.097	0.094	0.094
95	<b>0.082</b>	<b>0.082</b>	<b>0.091</b>	<b>0.084</b>	<b>0.086</b>
99	0.060	0.063	0.080	0.065	0.073
99.99	0.012	0.033	0.063	0.025	0.053

Prema procenjenim srednjemesečnim protocima specifičan godišnji oticaj na slivu Kozarničke reke do profila vodozahvata MHE iznosi 15.60 l/s/km<sup>2</sup> koji je proveren na karti izolinijsa specifičnog godišnjeg oticaja iz 2009. godine.

Za merodavni minimalni protok koji se mora ostaviti u reci za potrebe obezbeđenja biocenoze

nizvodno, usvaja se, prema preporukama Vodoprivredne osnove Srbije (VOS-96), minimilani srednje mesečni protok 95%-ne obezbeđenosti.

Testovi prilagođavanja su pokazali da se Log-Pirson III zakon raspodele najbolje prilagođava empirijskim podacima, te je za merodavne male vode usvojen protok 0.0189 m<sup>3</sup>/s (Tabela 6).

**Tabela 6. Prikaz rezultata proračuna obezbeđenosti minimalnih srednje mesečnih protoka u razmatranom profilu vodozahvata u slivu Kozarničke reke -  $Q_{min.sr.mes}(m^3/s)$**

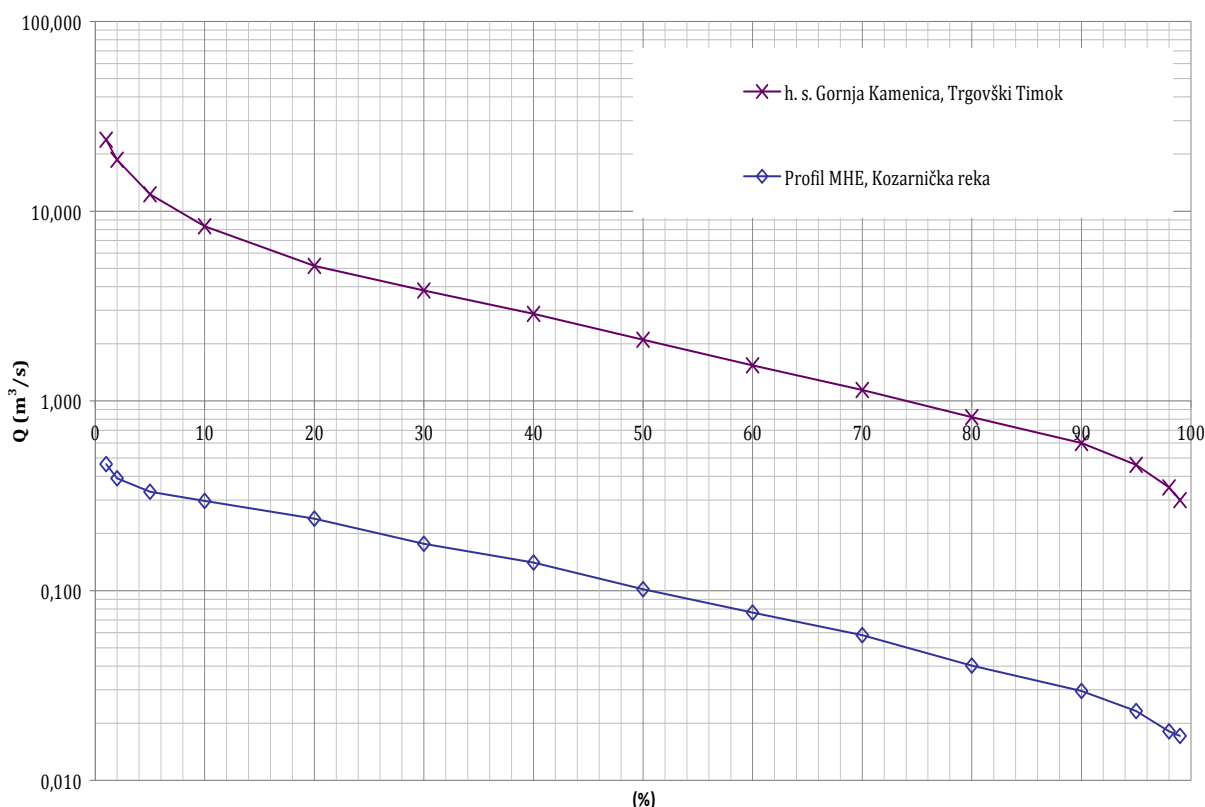
Statistički parametri					
	osnovni niz	log	y Gumbel	ln za LN3	ln za LN2
X sr	0.037	-1.476	0.551	2.557	-3.398
S	0.0181	0.1805	1.1722	0.0014	0.416
Cv	0.4931377	-0.1222844	2.1256034	0.0005486	-0.282
Cs	1.663	0.845	0.000	0.000	0.845
Rezultati proračuna					
verovatnoća	Pearson III	Log Pearson III	Gumbel	Ln Normalna 3	Ln Normalna 2
0.1	0.1355	0.2004	0.1349	0.0927	0.1207
1	0.0987	0.1125	0.0993	0.0789	0.0879
2	0.0875	0.0934	0.0885	0.0739	0.0785
5	0.0724	0.0720	0.0741	0.0665	0.0662
10	0.0607	0.0583	0.0630	0.0599	0.0569
42.96	0.0349	0.0339	0.0371	0.0399	0.0360
50	0.0320	0.0315	0.0339	0.0367	0.0334
80	0.0220	0.0234	0.0209	0.0215	0.0236
90	0.0190	0.0207	0.0153	0.0135	0.0196
95	<b>0.0173</b>	<b>0.0189</b>	<b>0.0113</b>	<b>0.0070</b>	<b>0.0169</b>
99	0.0157	0.0165	0.0046	0.0000	0.0127
99.99	0.0150	0.0139	0.0000	0.0000	0.0071

#### 4.4 KRIVA TRAJANJA

Kriva trajanja srednje dnevnih protoka dobijena je na osnovu raspoložive serije srednje dnevnih protoka Trgoviškog Timoka u profilu h.s. Gornja Kamenica za period 1955 - 1980. godina. Ova stanica je ukinuta i zamenjena h.s. Donja Kamenica, ali ima najkontinualniji niz dnevnih protoka za 26 godina. Rezultati ovih proračuna prikazani su numerički u *Tabeli 7*. Uporedna grafička interpretacija sračunate krive trajanja na odabranom hidroenergetskom profilu i analognoj hidrološkoj stanici prikazana je na *Slici 3*.

**Tabela 7. Prikaz trajanja dnevnih protoka na razmatranom hidroenergetskom profilu MHE u slivu Kozarničke reke**

Trajanje %	$Q_{dn}$ (m <sup>3</sup> /s) MHE "Belci"
1	0.464
2	0.391
5	0.332
10	0.297
20	0.239
30	0.177
40	0.141
50	0.102
60	0.077
70	0.058
80	0.040
90	0.030
95	0.023
98	0.018
99	0.017



*Slika 3. Krive trajanja dnevnih protoka na h.s. Gornja Kamenica i u profilu MHE na Kozarničkoj reci*



## 5. ZAKLJUČCI

Razmatrani hidroenergetski profil na Kozarničkoj reci, sa stanovišta hidrološke izučenosti područja, pripada kategoriji hidrološko neizučениh profila, pošto na njemu do sada nisu bila organizovana duža hidrološka osmatranja i merenja. Imajući u vidu energetski značaj ovog profila u budućem hidroenergetskom sistemu korišćenja voda sa sliva neophodno je uspostaviti bar jednu limnografsku stanicu radi sistematskog praćenja hidrološkog režima i kontrolu bilansa raspoloživih voda na ovom profilu. Takođe, potrebno je uspostaviti jednu pluviografsku stanicu u centralnom delu sliva, radi praćenja režima padavina.

Prikazana metodologija omogućava procenu krive trajanja srednje dnevnih protoka kao podlogu za dimenzionisanje objekata hidroelektrane, ali je neophodnost organizovanja terenskih istražnih merenja evidentna zbog provera uspostavljenih korelacionih veza. Merenja treba izvršiti u svim fazama promene režima kako u profilu vodozahvata MHE tako i na profilu „analog“.

## LITERATURA

- [1] *Hydrologic Analysis and Design*, Pearson Education, Inc, McCuen R., United States of America, 2004
- [2] *Hidrologija I*, Prohaska S., Rudarsko-geološki fakultet Univerziteta u Beogradu, Institut za vodoprivredu "Jaroslav Černi, Republički hidrometeorološki zavod, Beograd, 2003
- [3] *Hidrologija II*, Prohaska S., Rudarsko-geološki fakultet Univerziteta u Beogradu, Institut za vodoprivredu "Jaroslav Černi, Republički hidrometeorološki zavod, Beograd, 2006
- [4] *Matematički model za prostornu interpolaciju hidrometeoroloških podataka*, Prohaska S., Petković T., Simonović S., Saopštenje Instituta sa vodoprivredu "Jaroslav Černi", br. 64, Beograd, 1979
- [5] *Hidrologija kroz teoriju i praksu*, Prohaska S., Ristić V. Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd, 2002
- [6] *Tehničar 6, Deo 2. Hidrologija*, S. Jovanović, IRO Građevinska knjiga, Beograd, 1989 g. p.11-181
- [7] *Karakteristike jakih kiša za teritoriju Srbije*, D. Janković, Građevinski kalendar 1994, Savez građevinskih inženjera i tehničara, Beograd, p. 248-268.
- [8] *Urban hydrology for small watersheds, TR-55*, United States Department of Agriculture, 1986
- [9] *Anvelope specifičnog oticaja velikih voda za teritoriju SR Srbije*, D. Janković, D. Malošević, Vodoprivreda 21, 1-2 Jugoslovensko društvo za odvodnjavanje i navodnjavanje, Beograd 1991.