

## Zadatak 5: Obrada podataka o protocima

Na osnovu godišnjeg pregleda dnevnih protoka iz zadatka 4, uraditi sledeće:

1. Nacrtati dijagram srednjih mesečnih protoka za razmatranu godinu (u obliku histograma).
2. Odrediti tabelarno i nacrtati sumarnu liniju protoka za datu godinu.
3. Odrediti srednji godišnji protok na ovoj stanici i specifični oticaj  $q$  ( $\text{ls}^{-1}\text{km}^{-2}$ ) sa sliva u datoj godini.
4. Ako se zna da je u razmatranoj godini na sliv palo 890 mm kiše, odrediti prosečni koeficijent oticaja sa sliva.
5. Odrediti krivu trajanja protoka putem transformacije krive trajanja vodostaja iz zadatka 2 preko krive protoka iz zadatka 4. Tabelarno prikazati protoke sledećih karakterističnih trajanja (zastupljenosti): 1%, 5%, 10%, 20%, 50%, 80%, 90%, 95%.
6. Pod pretpostavkom da će se na ovom profilu izgraditi protočna hidroelektrana, odrediti na koji protok bi trebalo dimenzionisati postrojenje (dovodne organe i turbine) tako da HE radi razmatrane godine punim kapacitetom:
  - a. 100% vremena (365 dana),
  - b. 50% vremena (182.5 dana),
  - c. 20% vremena (73 dana).

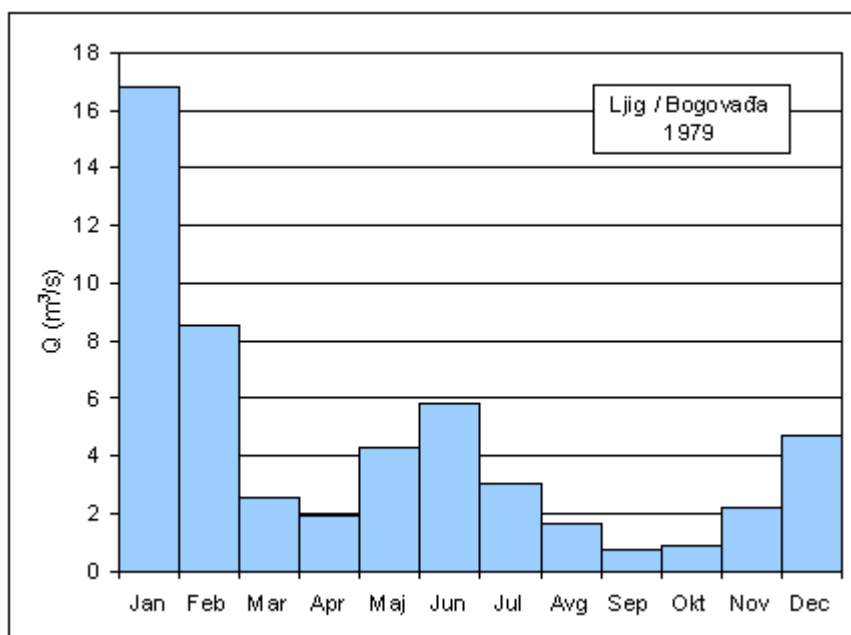
Odrediti zapreminu energetski iskorišćene i neiskorišćene (prelivena) vode za slučajeve a, b i c.

## Objašnjenje

Objašnjenje se daje na primeru jedne stanice za koju su poznati sledeći srednji mesečni protoci (u  $\text{m}^3/\text{s}$ ):

Reka: Ljig Stanica: Bogovađa Godina: 1979 Površina sliva: 679 $\text{km}^2$											
Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
16.8	8.51	2.58	1.94	4.28	5.79	3.03	1.65	0.75	0.88	2.18	4.73

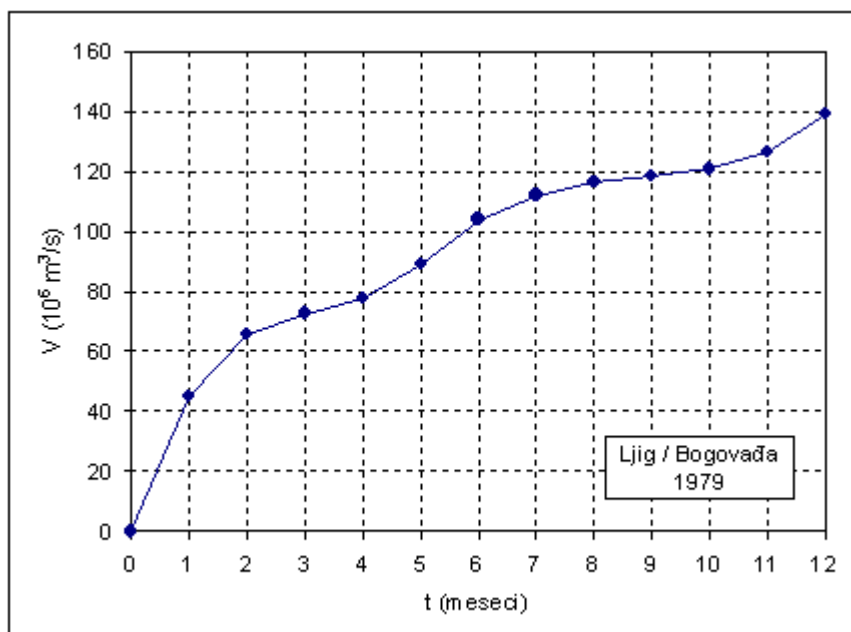
### 1. Dijagram srednjih mesečnih protoka za razmatranu godinu



## 2. Sumarna linija protoka

Sumarna linija protoka određuje se kao kumulativna zapremina vode protekle kroz razmatrani profil tokom godine:

mesec	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	D
$Q$ (m³/s)	16.8	8.51	2.58	1.94	4.28	5.79	3.03	1.65	0.75	0.88	2.18	4.
$t_{\text{mes}}$ (dani)	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	3
$V_{\text{mes}}$ ( $10^6$ m³)	45.0	20.6	6.9	5.0	11.5	15.0	8.1	4.4	1.9	2.4	5.7	12
$V$ ( $10^6$ m³)	45.0	65.6	72.5	77.5	89.0	104.0	112.1	116.5	118.4	120.8	126.5	13



### 3. Srednji godišnji protok i specifični oticaj sa sliva u datoj godini

Ukupna godišnja zapremina protekle vode na razmatranoj stanici iznosi:  $V_{\text{god}} = 139.2 \times 10^6 \text{ m}^3$ .

Srednji godišnji protok na ovoj stanici iznosi:  $Q_{\text{sr,god}} = V_{\text{god}} / T_{\text{god}} = 139.2 \times 10^6 \text{ m}^3 / (365 \times 24 \times 3600 \text{ s}) = 4.41 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Specifični oticaj se definiše kao oticaj po jedinici površine sliva:  $q = Q_{\text{sr,god}} / A_{\text{god}} = 4.41 / 679 = 6.50 \text{ l/s/km}^2$ .

### 4. Koeficijent oticaja

*Koeficijent oticaja* se definiše kao odnos zapremina otekle vode  $V_o$  i pale vode  $V_p$ , odnosno kao odnos visine (sloja) otekle vode  $P_e$  i visine pale kiše  $P$ :

$$\eta = \frac{V_o}{V_p} = \frac{P_e \cdot A}{P \cdot A} = \frac{P_e}{P}$$

Sloj otekle vode  $P_e$  naziva se i *efektivna kiša* ili *neto kiša*.

U razmatranoj godini na sliv je pala kiša  $P = 890 \text{ mm}$ , dok je zapremina otekle vode  $V_o = 139.2 \times 10^6 \text{ m}^3$ . Na osnovu ovih podataka sledi da je zapremina pale vode jednaka

$$V_p = P \cdot A = 890 \cdot 10^{-3} \cdot 679 \cdot 10^6 = 604.31 \cdot 10^6 \text{ m}^3$$

dok je visina efektivne kiše jednaka:

$$P_e = \frac{V_o}{A} = \frac{139.2 \cdot 10^6}{679 \cdot 10^6} = 205 \text{ mm}$$

Na taj način koeficijent oticaja je jednak:

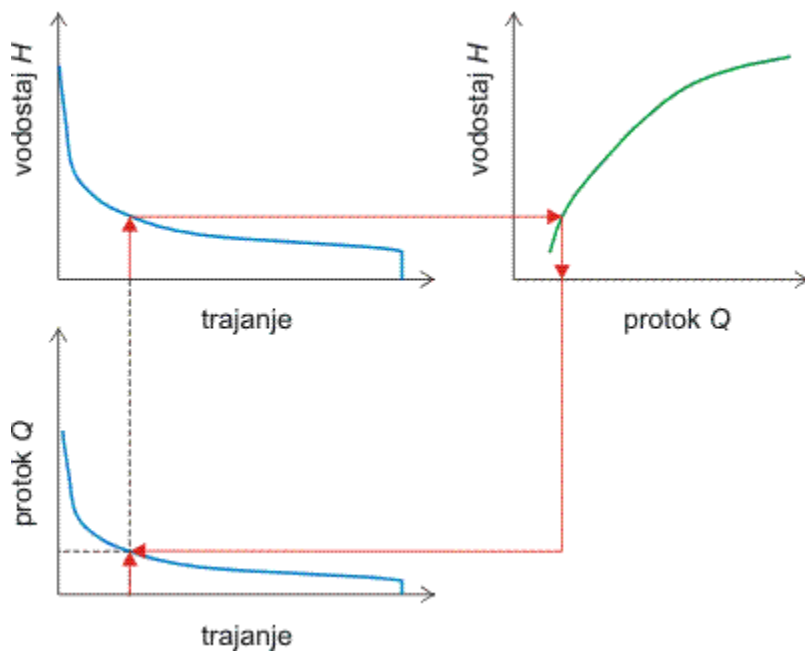
$$\eta = \frac{V_o}{V_p} = \frac{139.2 \cdot 10^6}{604.31 \cdot 10^6} = 0.22$$

ili

$$\eta = \frac{P_e}{P} = \frac{205}{890} = 0.22$$

## 5. Kriva trajanja protoka

Kriva trajanja protoka određuje se transformacijom vodostaja u protoke uz pomoć krive protoka.



Za razmatranu stanicu rezultati su prikazani u tabeli 1, dok su u tabeli 2 dati protoci karakterističnih trajanja (zastupljenosti).

Tabela 1.

Trajanje (dani)	Vodostaj $H$ (cm)	Protok $Q$ (m <sup>3</sup> /s)
365	62	0.42
152	100	1.90
67	150	4.70
31	200	9.00
15	250	14.6
13	300	20.7
8	350	27.4
5	400	35.2
2	450	47.0
1	480	59.5

Tabela 2.

Procentualno trajanje ili zastupljenost	Trajanje (dani)	Vodostaj $H$ (cm)	Protok $Q$ (m <sup>3</sup> /s)

1%	4	425	40.2
5%	18	241	13.5
10%	36	189	7.91
20%	73	141	4.63
50%	182	93	1.62
80%	292	70	0.70
90%	328	66	0.56
95%	347	65	0.52

## 6. Instalirani protoci hidroelektrane i zapremina iskorišćene vode

Ako se na ovom profilu izgradi protočna hidroelektrana koja bi radila punim kapacitetom  $p\%$  vremena tokom godine, to znači da bi turbine trebalo dimenzionirati na protok trajanja  $p\%$  (ili  $365p/100$  dana). Za zahtevane procenat vremenskog angažovanja HE, to su sledeći protoci:

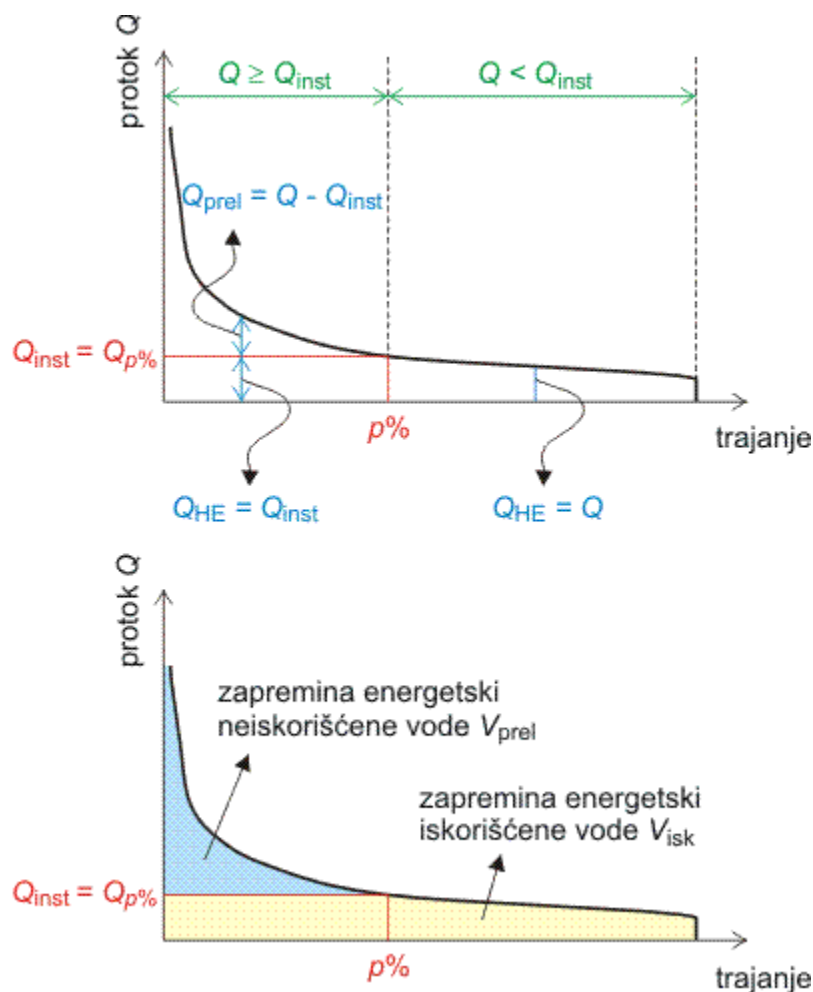
- a.  $Q_{\text{inst}} = Q_{100\%} = 0.42 \text{ m}^3/\text{s}$
- b.  $Q_{\text{inst}} = Q_{50\%} = 1.62 \text{ m}^3/\text{s}$
- c.  $Q_{\text{inst}} = Q_{20\%} = 4.63 \text{ m}^3/\text{s}$

Dimenzionisanjem HE na protok  $Q_{\text{inst}} = Q_{p\%}$  postiže se da HE radi punim kapacitetom  $p\%$  vremena tokom godine. Kako je  $Q_{p\%}$  protok trajanja  $p\%$ , to znači sledeće:

- ┆ tokom  $p\%$  vremena u godini u profilu HE se javlja protok  $Q \geq Q_{\text{inst}}$ , što znači da HE "prerađuje" protok  $Q_{\text{inst}}$ , dok je razlika  $Q - Q_{\text{inst}}$  neiskorišćena (prelivanje);
- ┆ tokom preostalog vremena u godini u profilu HE se javlja protok  $Q < Q_{\text{inst}}$ , što znači da HE "prerađuje" samo protok  $Q$  (ne radi punim kapacitetom).

Drugim rečima, za protok koji HE iskoristi ( $Q_{\text{HE}}$ ) i koji se preliiva ( $Q_{\text{prel}}$ ) može se napisati:

- ┆  $Q_{\text{HE}} = Q_{\text{inst}}$     i     $Q_{\text{prel}} = Q - Q_{\text{inst}}$     kada je     $Q \geq Q_{\text{inst}}$ ,
- ┆  $Q_{\text{HE}} = Q$         i     $Q_{\text{prel}} = 0$             kada je     $Q < Q_{\text{inst}}$ .



Zapremina energetski iskorišćene vode  $V_{isk}$  i neiskorišćene (prelivena) vode  $V_{prel}$  su tada:

$$V_{isk} = \int Q_{HE}(t) dt, \quad V_{prel} = \int Q_{prel}(t) dt$$

koje se određuju sa krive trajanja protoka (pomoću trapeznog pravila). Kako je ukupna površina ispod krive trajanja jednaka zapremini vode koja je tokom date godine protekla kroz razmatrani profil ( $V_{god}$ ), to mora biti:

$$V_{isk} + V_{prel} = V_{god}$$

Proračun zapremina iskorišćene i neiskorišćene vode:

a. Za  $Q_{inst} = Q_{100\%} = 0.42 \text{ m}^3/\text{s}$ :

$$V_{isk} = 0.42 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600 = 13.3 \cdot 10^6 \text{ m}^3$$

$$V_{prel} = V_{god} - V_{isk} = (132.2 - 13.3) \cdot 10^6 \text{ m}^3 = 125.9 \cdot 10^6 \text{ m}^3$$

b. Za  $Q_{inst} = Q_{50\%} = 1.62 \text{ m}^3/\text{s}$ :

$$\begin{aligned}
 V_{isk} &= 1.62 \cdot 182.5 \cdot 24 \cdot 3600 + \left[ \frac{1.62 + 0.70}{2} \cdot (292 - 182.5) + \frac{0.70 + 0.56}{2} \cdot (328 - 292) + \right. \\
 &\quad \left. \frac{0.56 + 0.52}{2} \cdot (347 - 328) + \frac{0.52 + 0.42}{2} \cdot (365 - 347) \right] \cdot 24 \cdot 3600 = \\
 &= (25.5 + 14.6) \cdot 10^6 = 40.1 \cdot 10^6 \text{ m}^3 \\
 V_{prel} &= V_{god} - V_{isk} = (132.2 - 40.1) \cdot 10^6 \text{ m}^3 = 92.1 \cdot 10^6 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

c. Za  $Q_{inst} = Q_{20\%} = 4.63 \text{ m}^3/\text{s}$ :

$$\begin{aligned}
 V_{isk} &= 4.63 \cdot 73 \cdot 24 \cdot 3600 + \frac{4.63 + 1.62}{2} \cdot (182.5 - 73) \cdot 24 \cdot 3600 + 14.6 \cdot 10^6 = \\
 &= (29.2 + 29.6 + 14.6) \cdot 10^6 = 73.4 \cdot 10^6 \text{ m}^3 \\
 V_{prel} &= V_{god} - V_{isk} = (132.2 - 73.4) \cdot 10^6 \text{ m}^3 = 58.8 \cdot 10^6 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Pregled dobijenih rezultata:

Procentualno trajanje ili zastupljenost	Trajanje (dani)	Inst. protok HE $Q_{inst}$ ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	Iskorišćena zapremina $V_{isk}$ ( $10^6 \text{ m}^3$ )	Prelivena zapremina $V_{prel}$ ( $10^6 \text{ m}^3$ )
100%	365	0.42	13.3	125.9
50%	182	1.62	40.1	92.1
20%	73	4.63	73.4	58.8