HIDROLOGIJA:

PRIMERI PRORAČUNA BILANSA VODA U RETENZIONIM PROSTORIMA

PRIMER 1

Akumulacija je namenjena za navodnjavanje poljoprivrednih površina. Za kulture zasađene na tim površinama tokom vegetacionog perioda potrebno je obezbediti količine vode date u tabeli 1.

Tokom jedne godine poznat je dotok vode u akumulaciju (tabela 2).

Pod pretpostavkom da će se u akumulaciji vršiti godišnje izravnavanje voda, odrediti ukupnu površinu poljoprivrednog područja koje se može navodnjavati iz ove akumulacije. Proračunati promenu zapremine vode u akumulaciji i odrediti potrebnu zapreminu akumulacije. Odrediti nivogram u jezeru za razmatranu godinu ako je poznata kriva zapremine akumulacije (zavisnost između kote nivoa u jezeru i zapremine vode u jezeru), koja je data u tabeli 3.

Tabela 1. Potrebne količine vode za navodnjavanje.

mesec	IV	V	VI	VII	VIII	IX
sloj vode za navodnjavanje (mm)	10	30	60	100	80	20

Tabela 2. Srednji mesečni dotoci u akumulaciju.

mesec	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
dotok (m^3/s)	4.8	7.1	14.9	15.6	11.5	17.8	13.2	7.3	6.6	5.4	6.0	16.7

Tabela 3. Kriva zapremine akumulacije.

Z (m.n.m.)	445	453	463	473	483	488	493	498	503	508
V (mil. m^3)	0	2.1	9	22	46	66	87	112	145	180

Rešenje

Godišnje izravavanje voda u akumulaciji znači da je ukupna godišnja zapremina dotekle vode u akumulaciju jednaka ukupnoj zapremini vode koja se te godine troši na navodnjavanje.

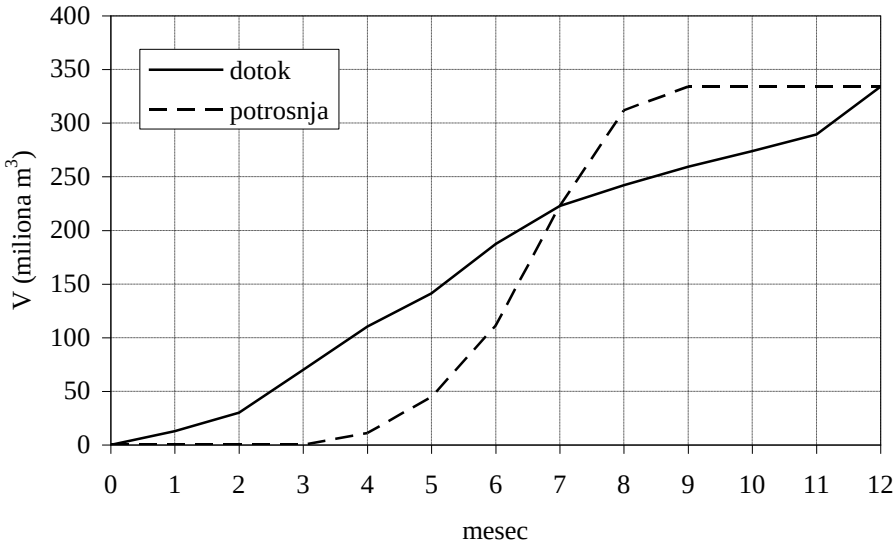
Na osnovu srednjih mesečnih dotoka u akumulaciju (iz tabele 2) određena je sumarna linija dotoka (tabela 4, četvrta kolona). Ukupna godišnja količina vode koja dolazi u akumulaciju iznosi 334.1 miliona m^3. Pri godišnjem izravnavanju voda to je i zapremina vode koja se može potrošiti na navodnjavanje. Kako je ukupan sloj vode koji treba obezbediti za biljke tokom godine jednak 300 mm, sledi da se može navodnjavati površina od:

$$A_{nav} = \frac{V_{nav}}{P_{nav}} = \frac{334.1 \cdot 10^6 \,\mathrm{m}^3}{300 \cdot 10^{-3} \,\mathrm{m}} = 1113.6 \,\mathrm{km}^2$$

Proračun mesečne potrošnje vode za navodnjavanje i sumarne linije potrošnje prikazana je u tabeli 4 (kolone 5 i 6). Obe sumarne linije (dotoka i potrošnje) prikazane su na slici 1.

Tabela 4. Proračun sumarnih linija i zapremine vode u akumulaciji.

mesec	srednji mesečni dotok Q_d (m^3/s)	mesečna zapremina dotoka ΔV_d (10^6 m^3)	sumarna linija dotoka V_d (10^6 m^3)	mesečna zapremina potrošnje ΔV_p (10^6 m^3)	sumarna linija potrošnje V_p (10^6 m^3)	zapremina vode u akumulaciji $V_{ak} = V_d - V_p$ (10^6 m^3)	$V_{ak}' = V_0 + V_{ak}$ (10^6 m^3)	nivo vode u akumulaciji Z (m.n.m.)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
			0		0	0	75.0	490.14
I	4.8	12.9		0				
			12.9		0	12.9	87.9	493.18
II	7.1	17.2		0				
			30.0		0	30.0	105.0	496.60
III	14.9	39.9		0				
			69.9		0	69.9	144.9	497.98
IV	15.6	40.4		11.1				
			110.4		11.1	99.2	174.2	507.17
V	11.5	30.8		33.4				
			141.2		44.5	96.6	171.6	506.80
VI	17.8	46.1		66.8				
			187.3		111.4	76.0	151.0	503.86
VII	13.2	35.4		111.4				
			222.7		222.7	0.0	75.0	490.14
VIII	7.3	19.6		89.1				
			242.2		311.8	-69.6	5.4	457.78
IX	6.6	17.1		22.3				
			259.3		334.1	-74.7	0.3	446.14
X	5.4	14.5		0				
			273.8		334.1	-60.3	14.7	467.38
XI	6.0	15.6		0				
			289.3		334.1	-44.7	30.3	476.46
XII	16.7	44.7		0				
			334.1		334.1	0	75.0	490.14



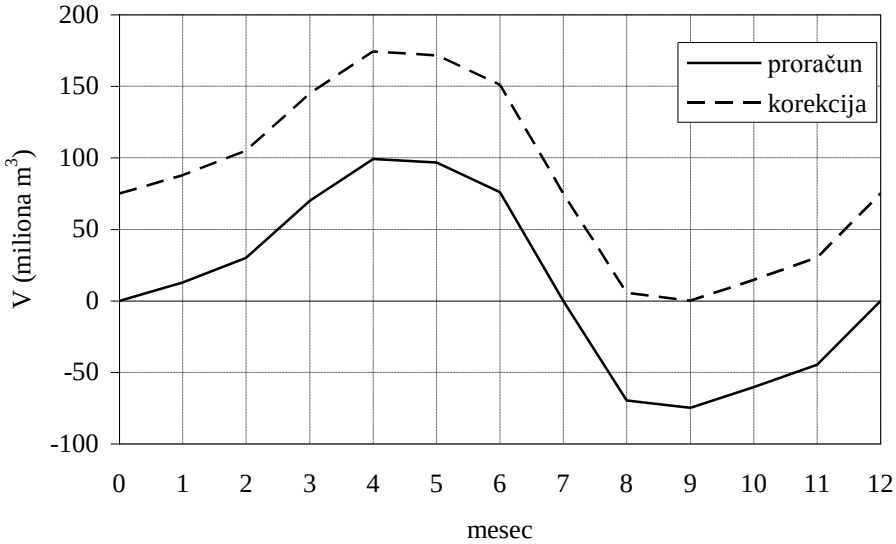
Slika 1. Sumarne linije dotoka i potrošnje.

Promena zapremine vode u akumulaciji po mesecima određena je oduzmanjem odgovarajućih ordinata sumarne linije dotoka i potrošnje (tabela 4, kolona 7). Kako su se u nekim mesecima pojavile negativne zapremine vode u akumulaciji, što ukazuje da je potrošnja u tim mesecima veća od dotoka, postavlja se zahtev da se na početku godine u akumulaciji mora nalaziti početna zapremina od bar 75 miliona m^3, što odgovara najvećem manjku vode (u septembru razmatrane godine). Sa zahtevanom početnom zapreminom, korigovana promena zapremine vode u akumulaciji prikazana je u pretposlednjoj koloni tabele 4 i na slici 2.

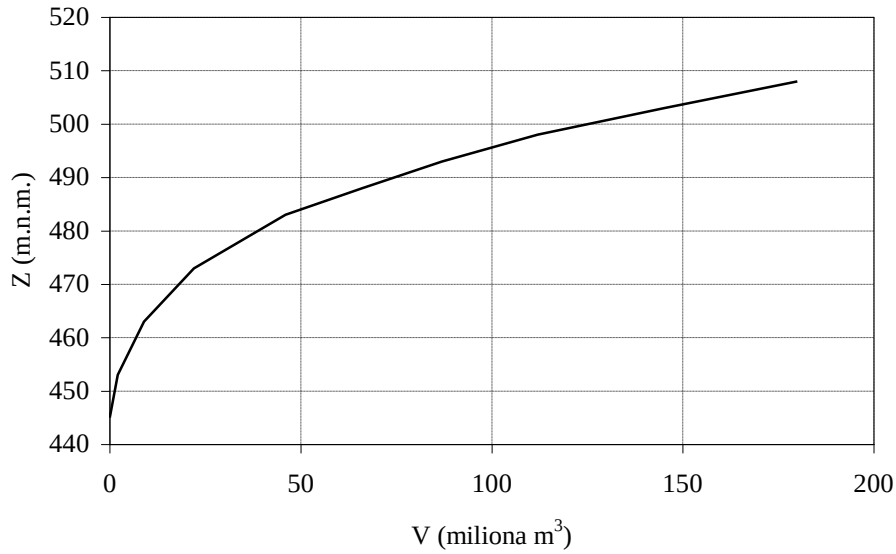
Potrebna zapremina akumulacije jednaka je najvećoj zapremini vode u akumulaciji tokom razmatrane godine i iznosi:

$V_{potr} = 174.2 \cdot 10^6\ m^3$

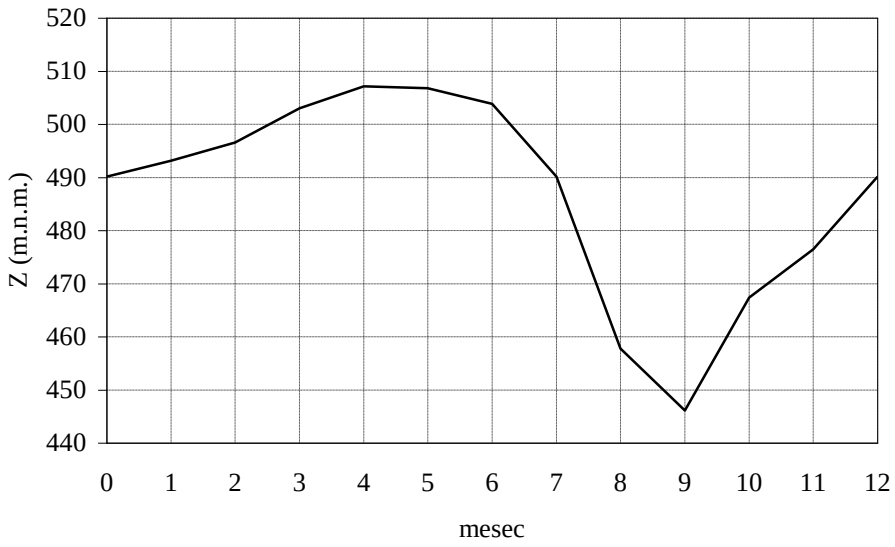
Korišćenjem krive zapremine akumulacije (slika 3) određen je i nivogram u akumulaciji za razmatranu godinu (poslednja kolona u tabeli 4 i slika 4).



Slika 2. Proračunate promene zapremine vode u akumulaciji i "korekcija" sa zahtevanom početnom zapreminom od 75 miliona m^3.



Slika 3. Kriva zapremine akumulacije.



Slika 4. Nivogram u akumulaciji.

PRIMER 2

Sliv jednog gradskog potoka sastoji se od dva dela (slika 1). Uzvodni deo sliva nije urbanizovan i na njemu je potok u prirodnom stanju. Nizvodni deo sliva je urbanizovan i izgrađen je sistem kišne kanalizacije. Približno na polovini dužine potoka nalazi se zahvatna građevina pomoću koje je potok uveden u kanalizacioni sistem. Kao mera zaštite od plavljenja kišnim vodama na slivu, predviđa se izgradnja retenzije za ublažavanje talasa velikih voda na mestu uvođenja potoka u kanalizaciju. Sračunat je hidrogram oticaja sa uzvodnog dela sliva povratnog perioda 10 godina, koji predstavlja ulazni hidrogram za retenziju (tabela 1).

Slika 1. Skica sliva.

Tabela 1. Hidrogram oticaja sa uzvodnog dela sliva

t (min)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
Q (L/s)	0	19	95	308	1030	1950	1810	965	374	171	99	71	58	49	39	30

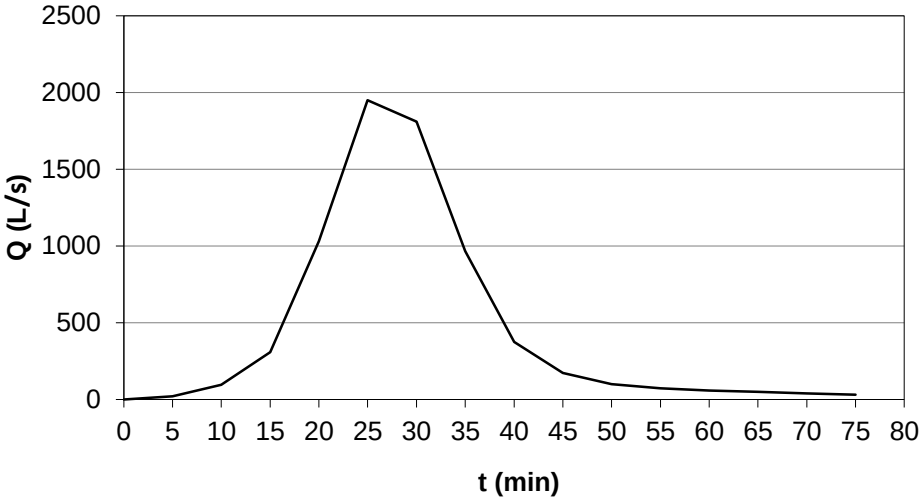
Maksimalni kapacitet kolektora u koji se potok uvodi iznosi 350 L/s. Pretpostavlja se da se tokom prolaska poplavnog talasa iz retenzije uvek ispušta maksimalni mogući protok.

Odrediti potrebnu zapreminu retenzije pod prepostavkom da:

a) pre nailaska poplavnog talasa u retenziji se nalazi zapremina od 250 m^3 vode,
b) pre nailaska poplavnog talasa u retenziji nema vode.

Rešenje

Ulaz u retenziju predstavlja zadati hidrogram oticaja sa uzvodnog dela sliva, dok je izlaz iz retenzije definisan maksimalnim kapacitetom nizvodnog kolektora od 350 L/s. Proračun bilansa vode u retenziji sprovešće se u vremenskim intervalima od 5 minuta, s obzirom da je ulazni hidrogram zadat na taj način. Ulazni hidrogram je grafički prikazan na slici 2.



Slika 2. Ulazni hidrogram u retenziju.

Zapremina vode koja ulazi u retenziju u jednom vremenskom intervalu jednaka je:

$$\Delta V_{u,j} = \int_{t_{j-1}}^{t_{ji}} Q(t)dt \approx \frac{Q(t_{j-1}) + Q(t_j)}{2} \cdot \Delta t = Q_{j,sr} \cdot \Delta t$$

Zapremina vode koja ističe iz retenzije u jednom vremenskom intervalu zavisi od toga da li na početku razmatranog intervala u retenziji ima dovoljno vode da u nizvodni kolektor ističe maksimalni protok od 350 L/s. Ukoliko bi izlaz iz retenzije bio jednak maksimalnom kapacitetu nizvodnog kolektora, zapremina izlaza u jednom trenutku bi bila:

$$\Delta V_{i,j} = Q_{nizv} \cdot \Delta t = 350 \frac{\mathrm{l}}{\mathrm{s}} \cdot 5 \cdot 60\,\mathrm{s} = 105\,\mathrm{m}^3$$

U suprotnom, iz retenzije može da istekne samo onoliko vode koliko se nalazi u retenzji na početku razmatranog vremenskog intervala.

a) Pre nailaska talasa u retenziji ima 250 m^3

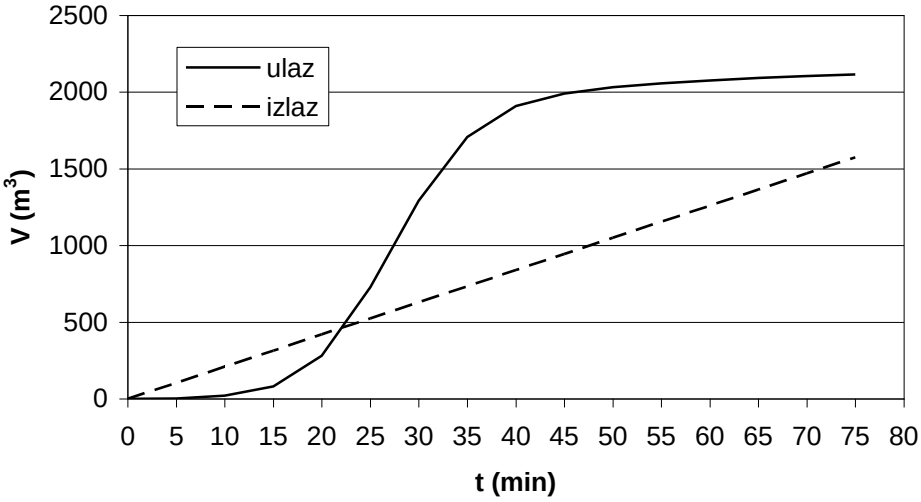
U tabeli 2 prikazan je proračun bilansa voda u retenziji kada njena početna zapremina iznosi 250 m^3. U koloni 2 određeni su srednji protoci koji ulaze u retenziju $Q_{j,sr}$. U koloni 3 proračunate su zapremine ulaza u retenziju po vremenskim intervalima, dok je u koloni 4 određena sumarna linija dotoka u retenziju. U koloni 6 data je sumarna linija isticanja iz retenzije, dok je u koloni 7 određena razlika ordinata sumarne linije ulaza i izlaza. U koloni 8 izračunata je zapremina vode u retenziji pri čemu je uzeto je u obzir da početna zapremina iznosi 250 m^3. Na slici 3 prikazane su sumarne linije ulaza i izlaza, dok je na slici 4 data promena zapremine vode u retenziji.

Potrebna zapremina retenzije je najveća zapremina vode koju retenzija treba da primi, a to je 1319.2 m^3. Na osnovu toga usvaja se potrebna zapremina akumulacije:

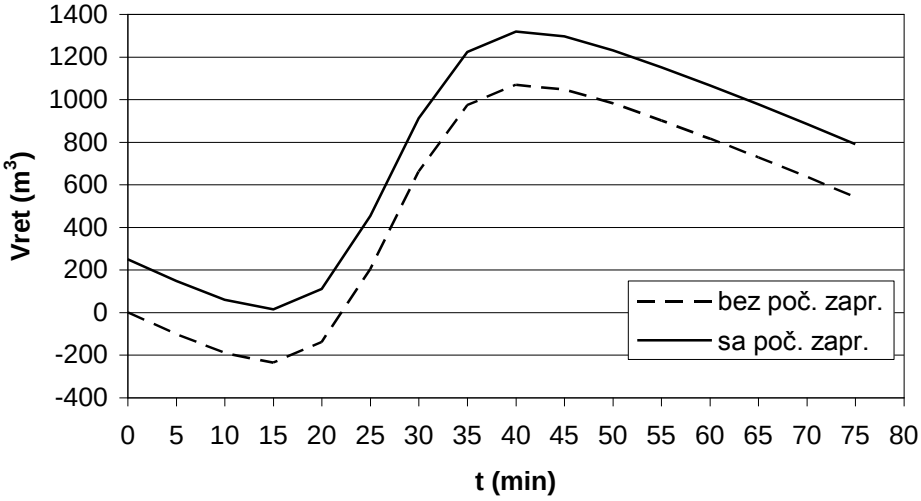
$$V_{potr} = 1320 \text{ m}^3$$

Tabela 2. Proračun bilansa voda u retenziji za slučaj (a) kada u retenziji pre nailaska poplavnog talasa postoji 250 m^3 vode.

	ulaz				izlaz		stanje	
t (min)	Q (L/s)	Q_{sr} (L/s)	ΔV_u (m^3)	V_u (m^3)	ΔV_i (m^3)	V_i (m^3)	$V_u - V_i$ (m^3)	V_{ret} (m^3)
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
0	0			0		0	0	250
		9.5	2.85		105			
5	19			2.85		105	-102.15	147.85
		57.0	17.10		105			
10	95			19.95		210	-190.05	59.95
		201.5	60.45		105			
15	308			80.40		315	-234.60	15.40
		669.0	200.70		105			
20	1030			281.10		420	-138.90	111.10
		1490.0	447.00		105			
25	1950			728.10		525	203.10	453.10
		1880.0	564.00		105			
30	1810			1292.10		630	662.10	912.10
		1387.5	416.25		105			
35	965			1708.35		735	973.35	1223.35
		669.5	200.85		105			
40	374			1909.20		840	1069.20	1319.20
		272.5	81.75		105			
45	171			1990.95		945	1045.95	1295.95
		135.0	40.50		105			
50	99			2031.45		1050	981.45	1231.45
		85.0	25.50		105			
55	71			2056.95		1155	901.95	1151.95
		64.5	19.35		105			
60	58			2076.30		1260	816.30	1066.30
		53.5	16.05		105			
65	49			2092.35		1365	727.35	977.35
		44.0	13.20		105			
70	39			2105.55		1470	635.55	885.55
		34.5	10.35		105			
75	30			2115.90		1575	540.90	790.90



Slika 3. Sumarne linije ulaza i izlaza u retenziji.

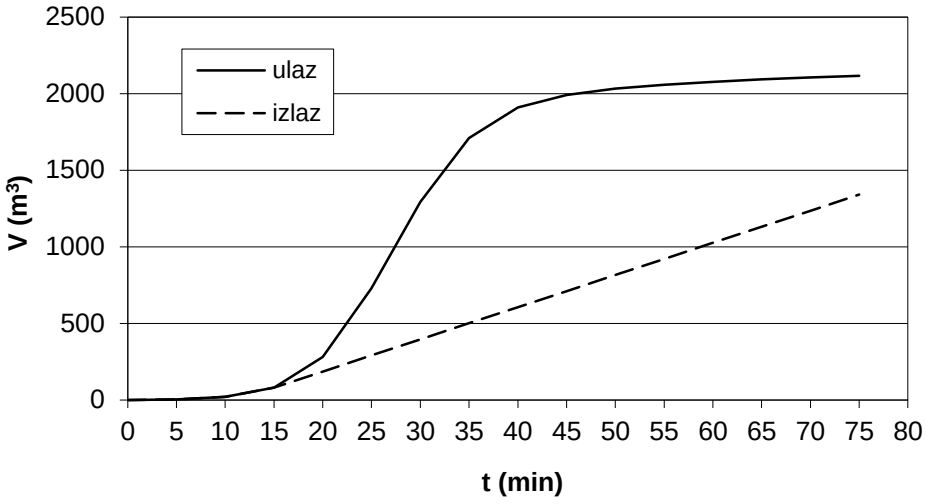


Slika 4. Stanje zapremine vode u retenziji.

b) Pre nailaska talasa retenzija je prazna

U ovom slučaju proračun je prikazan u tabeli 3. Prvi deo tabele koji definiše ulaz u retenziju (kolone 1-4) je isti kao u prethodnom slučaju. U koloni 5 su date zapremine isticanja iz retenzije gde se u prva tri vremenska koraka vodilo računa da je dotok manji od kapaciteta nizvidnog kolektora, pa je izlaz jednak ulazu. U narednim koracima dotok je veći od kapaciteta nizvodnog kolektora, pa zapremina izlaza nadalje uvek ista, tj. iznosi 105 m^3. U koloni 7 određena je razlika ordinata sumarne linije ulaza i izlaza. S obzirom da je početna zapremina jednaka nuli, zapremina vode u retenziji u koloni 8 jednaka je vrednostima iz kolone 7. Na slici 5 prikazane su sumarne linije ulaza i izlaza, dok je na slici 6 data promena zapremine vode u retenziji.

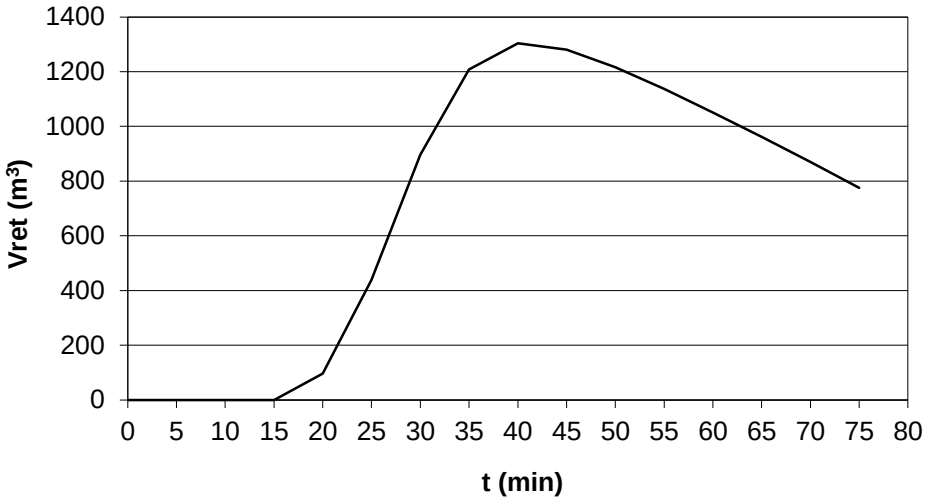
Maksimalna zapremina retenzije u ovom slučaju iznosi 1303.8 m^3.



Slika 5. Sumarne linije ulaza i izlaza u retenziji.

Tabela 3. Proračun bilansa voda u retenziji za slučaj (b) kada je retenzija prazna pre nailaska poplavnog talasa.

	ulaz				izlaz		stanje	
t (min)	Q (L/s)	Q_{sr} (L/s)	ΔV_u (m^3)	V_u (m^3)	ΔV_i (m^3)	V_i (m^3)	$V_u - V_i$ (m^3)	V_{ret} (m^3)
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
0	0			0		0	0	0
		9.5	2.85		2.85			
5	19			2.85		2.85	0	0
		57.0	17.10		17.10			
10	95			19.95		19.95	0	0
		201.5	60.45		60.45			
15	308			80.40		80.40	0	0
		669.0	200.70		105			
20	1030			281.10		185.40	95.70	95.70
		1490.0	447.00		105			
25	1950			728.10		290.40	437.70	437.70
		1880.0	564.00		105			
30	1810			1292.10		395.40	896.70	896.70
		1387.5	416.25		105			
35	965			1708.35		500.40	1207.95	1207.95
		669.5	200.85		105			
40	374			1909.20		605.40	1303.80	1303.80
		272.5	81.75		105			
45	171			1990.95		710.40	1280.55	1280.55
		135.0	40.50		105			
50	99			2031.45		815.40	1216.05	1216.05
		85.0	25.50		105			
55	71			2056.95		920.40	1136.55	1136.55
		64.5	19.35		105			
60	58			2076.30		1025.40	1050.90	1050.90
		53.5	16.05		105			
65	49			2092.35		1130.40	961.95	961.95
		44.0	13.20		105			
70	39			2105.55		1235.40	870.15	870.15
		34.5	10.35		105			
75	30			2115.90		1340.40	775.50	775.50



Slika 6. Stanje zapremine vode u retenziji.

PRIMER 3

Za potrebe vodosnabdevanja jednog naselja od 27000 stanovnika izgrađen je rezervoar u koji se voda crpi iz obližnje reke sa konstantnim protokom. Dnevne potrebe tog naselja za vodom definisane su normom potrošnje od 200 L/stan/dan i koeficijentima neravnomernosti potrošnje datim u tabeli 1.

Ako se pretpostavi da će se u rezervoaru vršiti dnevno izravnavanje voda, odrediti potrebnu zapreminu rezervoara.

Tabela 1. Koeficijenti neravnomernosti dnevne potrošnje vode.

period (h)	0 – 5	5 – 15	15 – 19	19 – 21	21 – 24
koeficijent neravnomernosti potrošnje K_n	0.1	1.6	1.0	1.3	0.3

Rešenje

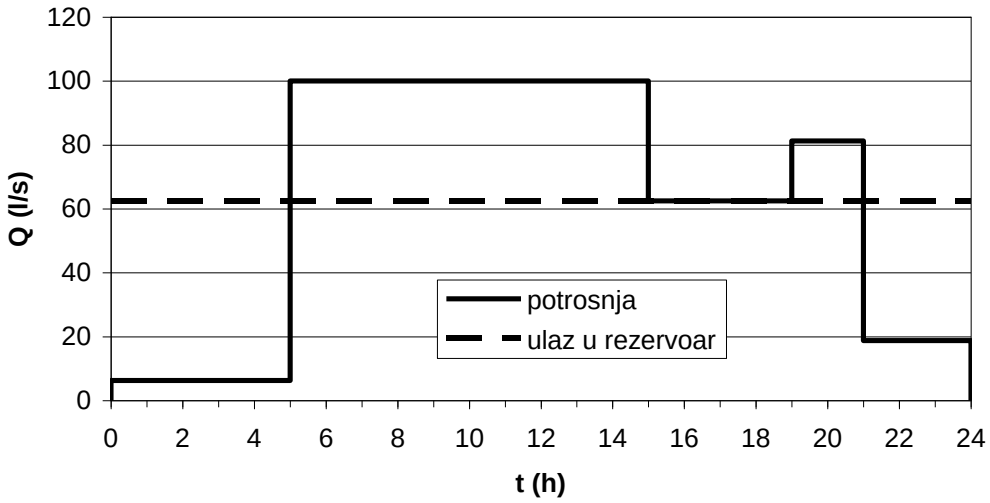
Na osnovu broja stanovnika i zahtevane norme potrošnje, potrebna količina vode za dnevno snabdevanje vodom ovog naselja iznosi:

$$V_{dn} = 27000\ \text{stan} \cdot 200 \frac{\text{l}}{\text{stan} \cdot \text{dan}} = 5400\ \text{m}^3$$

Prosečna dnevna potrošnja je tada:

$$Q_{sr} = \frac{V_{dn}}{T_{dn}} = \frac{5400}{24 \cdot 3600} = 62.5\ \text{l/s}$$

Kako se zahteva da se u rezervoaru vrši dnevno izravavanje voda, to znači da je tokom dana potrebno zahvatiti iz reke i dovesti u rezervoar količinu vode jednaku dnevnoj potrošnji, dakle V_{dn} = 5400 m^3. Ako se voda iz reke crpi sa konstantnim protokom, to takođe znači da se crpi protok jednak srednjoj dnevnoj potrošnji od Q_{sr} = 62.5 L/s. Na slici 1 prikazani su hidrogrami potrošnje i ulaza u rezervoar.



Slika 1. Hidrogrami potrošnje i ulaza u rezervoar.

Uzimajući u obzir dnevnu neravnomernost potrošnje, u koloni 3 tabele 2 određeni su protoci potrošnje, a u koloni 4 zapremine potrošnje u pojedinim periodima tokom dana. U koloni 5 sračunata je sumarna linija potrošnje. U koloni 6 određene su zapremine vode koje se u pojedinim intervalima crpe iz reke i uvode u rezervoar, kao:

$$\Delta V_u = Q_{sr} \cdot \Delta t$$

U koloni 7 određena je sumarna linija ulaza u rezervoar, a u koloni 8 određene su zapremine vode u rezervoaru tokom dana oduzimanjem ordinata sumarne linije potrošnje od ordinata sumarne linije ulaza. Kako se javljaju negativne zapremine u rezervoaru, potrebno je zahtevati da se u 0 časova u rezervoaru nalazi početna zapremina od 472.5 m^3. Uz ovaj zahtev, u koloni 9 su korigovane zapremine vode u rezervoaru. Iz ovih rezultata vidi se da će se u 5 časova u rezervoaru naći maksimalna količina vode od 1485 m^3, pa se usvaja potrebna zapremina rezervoara:

$$V_{potr} = 1500 \text{ m}^3$$

Tabela 2. Proračun bilansa vode u rezervoaru za dnevno izravnavanje potrošnje.

		potrošnja				ulaz		stanje	
t (h)	Δt (h)	K_n	Q_p (L/s)	ΔV_p (m^3)	V_p (m^3)	ΔV_u (m^3)	V_u (m^3)	V_{rez} (m^3)	V'_{rez} (m^3)
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
0					0		0	0	472.5
	5	0.1	6.25	112.5		1125			
5					112.5		1125	1012.5	1485.0
	10	1.6	100.00	3600		2250			
15					3712.5		3375	-337.5	135.0
	4	1.0	62.50	900		900			
19					4612.5		4275	-337.5	135.0
	2	1.3	81.25	585		450			
21					5197.5		4725	-472.5	0.0
	3	0.3	18.75	202.5		675			
24					5400.0		5400	0	472.5

PRIMER 4

Akumulacija se koristi za proizvodnju hidroenergije. Tokom jedne godine eksploatacije, mereni su dotok vode u jezero, nivo vode u jezeru, padavine i isparavanje na površinu jezera. Ovi podaci su dati u tabeli 1.

Pribranska hidroelektrana radi sa koeficijentom korisnog dejstva od 0.9 i sa prosečnom kotom donje vode od 800 m.n.m.

Utvrđena je kriva površine jezera (zavisnost kote nivoa vode u jezeru i površine jezera), koja je prikazana u tabeli 2.

Potrebno je odrediti prosečne protoke po mesecima sa kojima je radila hidroelektrana. Odrediti i ukupnu količinu proizvedene električne energije.

Tabela 1. Osmotreni podaci o dotoku, nivou jezera, padavinama i isparavanju (* kota nivoa vode u jezeru na početku januara).

mesec	srednji mesečni dotok Q_d (m^3/s)	nivo u jezeru na kraju meseca Z (m.n.m.)	mesečne padavine P (mm)	mesečno isparavanje E (mm)
		855.0*		
I	12.5	845.0	44	0
II	15.7	853.0	38	0
III	22.4	861.6	53	0
IV	21.7	870.0	67	45
V	16.9	874.6	108	75
VI	11.4	878.6	84	95
VII	8.0	881.0	92	180
VIII	4.8	882.3	78	200
IX	4.6	880.6	58	110
X	8.4	878.8	80	55
XI	11.6	871.2	77	0
XII	14.8	859.0	68	0

Tabela 2. Kriva površine jezera.

Z (m.n.m.)	840	850	860	870	880	890
A_{jezera} (km^2)	2.3	3.4	4.5	5.9	6.7	7.3

Rešenje

Bilansna jednačina za akumulaciono jezero u jednom mesecu glasi:

dotok + padavine – isparavanje – potrošnja HE = promena zapremine vode u jezeru

U gornjoj jednačini nepoznata je potrošnja vode iz akumulacije za hidroelektranu, dok se ostale veličine mogu odrediti na osnovu izmerenih podataka.

Mesečne zapremine dotoka u akumulaciju računaju se na osnovu srednjih mesečnih dotoka:

$$V_d = Q_d \cdot T_{mes}$$

Mesečne zapremine padavina i isparavanja određuju se na osnovu mesečnog sloja padavina tj. isparavanja i prosečne mesečne površine jezera:

$$V_P = P \cdot A_{sr,mes}$$
$$V_E = E \cdot A_{sr,mes}$$

Prosečna mesečna površina jezera je srednja vrednost površina na početku i na kraju meseca:

$$A_{sr,mes} = \frac{A(Z_{poc}) + A(Z_{kraj})}{2}$$

Da bi se odredila promena zapremine vode u jezeru, najpre se mora konstruisati kriva zapremine akumulacije (zavisnost kote nivoa vode u jezeru i zapremine vode u akumulaciji) na osnovu krive površine akumulacije. Ovaj proračun je sproveden u tabeli 3, pri čemu su zapremine računate samo iznad najniže kote nivoa u jezeru od 840 m.n.m. Najpre se određuje deo zapremine između dve kote ΔV, a zatim ukupna zapremina do te kote V_{jez}.

Tabela 3. Proračun krive zapremine akumulacije.

Z (m.n.m.)	840	850	860	870	880	890
A_{jez} (km^2)	2.3	3.4	4.5	5.9	6.7	7.3
ΔV (10^6 m^3)		28.5	39.5	52	63	70
V_{jez} (10^6 m^3)	0	28.5	68	120	183	253

U tabeli 4 izvršen je proračun elemenata bilansa u akumulaciji po mesecima. Proračun zapremine dotekle vode (V_d) po mesecima dat je u koloni 2. Na osnovu osmotrenih kota nivoa vode u akumulaciji na početku godine i na kraju svakog meseca, a uz pomoć krive površine akumulacije, u kolonama 4 i 5 određene su površine jezera na početku godine i na kraju svakog meseca A_{jez} i prosečna površina jezera za svaki mesec $A_{sr,mes}$, da bi se sračunale mesečne zapremine usled padavina (V_P) i isparavanja (V_E) sa površine jezera u kolonama 7 i 9.

Na osnovu osmotrenih kota nivoa vode u akumulaciji na početku godine i na kraju svakog meseca, a uz pomoć krive zapremine akumulacije, u koloni 11 određene su zapremine jezera na početku godine i na kraju svakog meseca V_{jez}. Zatim su u koloni 12 određeni priraštaji zapremine ΔV_{jez} po mesecima.

Postavljanjem bilansne jednačine za svaki mesec određuje se mesečna zapremina vode koja se zahvata za rad hidroelektrane (V_{HE}):

$$V_d + V_P - V_E - V_{HE} = \Delta V_{jez} \quad \rightarrow \quad V_{HE} = V_d + V_P - V_E - \Delta V_{jez}$$

Ove zapremine određene su u koloni 13 tabele 4. Srednji mesečni protoci sa kojima je radila hidroelektrana tada su jednaki (kolona 14 u tabeli 4):

$$Q_{HE} = \frac{V_{HE}}{T_{mes}}$$

Energija koju proizvede hidroelektrana tokom jednog meseca jednaka je:

$$E_{HE,mes} = N_{HE} \cdot T_{mes} = \eta \cdot \rho g \cdot H \cdot Q_{HE} \cdot T_{mes} = \eta \cdot \rho g \cdot H \cdot V_{HE}$$

gde je N_{HE} prosečna snaga turbina u mesecu, η koeficijent korisnog dejstva turbina, ρ gustina vode, g gravitaciono ubrzanje, H prosečni pad vode u mesecu, Q_{HE} srednji mesečni protok ka turbinama, odnosno V_{HE} mesečna zapremina vode koju troši hidroelektrana. Prosečni pad u mesecu je razlika prosečne kote nivoa vode u akumulaciji tokom meseca i kote nivoa donje vode (Z_{dv} = 800 mnm):

$$H = Z_{sr,mes} - Z_{dv} = \frac{Z_{poc} + Z_{kraj}}{2} - Z_{dv}$$

U koloni 15 tabele 4 određene su prosečne mesečne kote nivoa vode u jezeru, a u koloni 16 prosečan mesečni pad. Konačno je u koloni 17 sračunata proizvedena energija po mesecima. Na primer, za mesec januar se dobija:

$$E_{HE,jan} = \eta \cdot \rho g \cdot H \cdot V_{HE} = 0.9 \cdot 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 50\,\text{m} \cdot 67.63 \cdot 10^6\,\text{m}^3 =$$

$$= 29.86 \cdot 10^{12} \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} = 29.86 \cdot 10^{12}\ \text{J} = 8.293 \cdot 10^6\ \text{kWh}$$

Ukupna energija koju je proizvela hidroelektrana tokom godine tada je jednaka zbiru mesečnih proizvodnji energije i iznosi:

$$E_{HE,god} = 62.85 \cdot 10^6\ \text{kWh}$$

Tabela 4. Proračun elemenata bilansa po mesecima.

mesec	dotok		površina jezera			padavine		isparavanje	
	Q_d (m^3/s)	V_d (10^6 m^3)	Z (m.n.m.)	A_{jez} (km^2)	$A_{sr,mes}$ (km^2)	P (mm)	V_P (10^6 m^3)	E (mm)	V_E (10^6 m^3)
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
			855.0	3.950					
I	12.5	33.48	845.0	2.850	3.400	44	0.15	0	0.00
II	15.7	37.98	853.0	3.730	3.290	38	0.13	0	0.00
III	22.4	60.00	861.6	4.724	4.227	53	0.22	0	0.00
IV	21.7	56.25	870.0	5.900	5.312	67	0.36	45	0.24
V	16.9	45.26	874.6	6.268	6.084	108	0.66	75	0.46
VI	11.4	29.55	878.6	6.588	6.428	84	0.54	95	0.61
VII	8.0	21.43	881.0	6.760	6.674	92	0.61	180	1.20
VIII	4.8	12.86	882.3	6.838	6.799	78	0.53	200	1.36
IX	4.6	11.92	880.6	6.736	6.787	58	0.39	110	0.75
X	8.4	22.50	878.8	6.604	6.670	80	0.53	55	0.37
XI	11.6	30.07	871.2	5.996	6.300	77	0.49	0	0.00
XII	14.8	39.64	859.0	4.390	5.193	68	0.35	0	0.00

Tabela 4 (nastavak). Proračun elemenata bilansa po mesecima.

mesec	zapremina vode u jezeru			rad hidroelektrane				
	Z (m.n.m.)	V_{jez} (10^6 m^3)	ΔV_{jez} (10^6 m^3)	V_{HE} (10^6 m^3)	Q_{HE} (m^3/s)	$Z_{sr,mes}$ (m.n.m.)	H (m)	$E_{HE,mes}$ (10^6 kWh)
	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)
	855.0	48.25						
I	845.0	14.25	-34.00	67.63	25.25	850.00	50.00	8.293
II	853.0	40.35	26.10	12.01	4.96	849.00	49.00	1.443
III	861.6	76.32	35.97	24.25	9.05	857.30	57.30	3.408
IV	870.0	120.00	43.68	12.68	4.89	865.80	65.80	2.047
V	874.6	148.98	28.98	16.49	6.16	872.30	72.30	2.923
VI	878.6	174.18	25.20	4.28	1.65	876.60	76.60	0.804
VII	881.0	190.00	15.82	5.02	1.87	879.80	79.80	0.982
VIII	882.3	199.10	9.10	2.93	1.09	881.65	81.65	0.586
IX	880.6	187.20	-11.90	23.47	9.05	881.45	81.45	4.688
X	878.8	175.44	-11.76	34.43	12.85	879.70	79.70	6.729
XI	871.2	127.56	-47.88	78.43	30.26	875.00	75.00	14.427
XII	859.0	64.05	-63.51	103.50	38.64	865.10	65.10	16.525