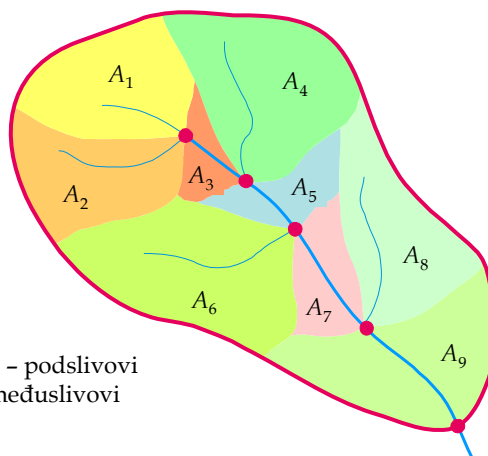


## Primena modela padavine-otica

- Urbana hidrologija
  - cilj: odvođenje voda sa gradskih površina – projektovanje i analiza rada sistema kišne kanalizacije
  - metode: racionalna metoda, sintetički jedinični hidrografi, hidrodinamički modeli
- Manji neizučeni slivovi
  - cilj: uređenje sliva (regulacioni radovi), zahvatanje vode za industriju, hidroenergetiku, navodnjavanje
  - metode: sintetički jedinični hidrografi
- Veći neizučeni slivovi
  - metode: obavezna dekompozicija sliva na manje slivove

## Primena modela padavine-otica

- Dekompozicija sliva na podslivove



$A_1, A_2, A_4, A_6, A_8$  – podslivovi  
 $A_3, A_5, A_7, A_9$  – međuslivovi

## Sintetički jedinični hidrogram

### ■ Primer 1 – Određivanje velikih voda na malim neizučnim slivovima

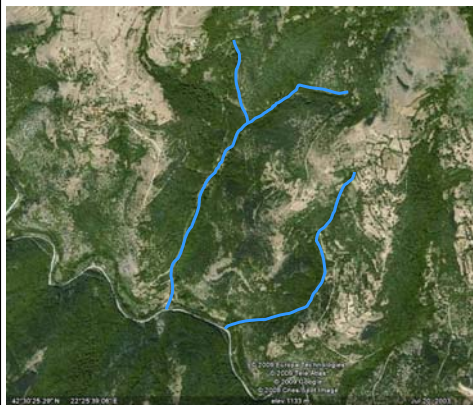
- Za potrebe projektovanja jalovišta za rudnik, razmatrana su dva profila potencijalnih brana
- Radi se o malim, izuzetno strmim slivovima na kojima je prevashodno zastupljena šuma kao vegetacioni pokrivač



## Sintetički jedinični hidrogram

### ■ Primer 1

- Slivovi do profila brana

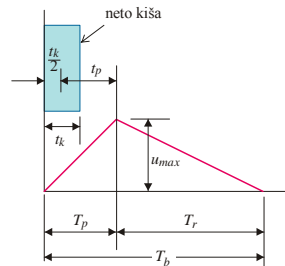


	Sliv 1	Sliv 2
površina sliva $A$ (km <sup>2</sup> )	1.164	2.56
dužina glavnog toka $L$ (km)	2.37	2.717
dužina toka do težišta sliva $L_c$ (km)	1.020	0.900
nadmorska visina izlaznog profila $Z_0$ (mnm)	860	848
najveća nadmorska visina $Z_{\max}$ (mnm)	1403	1412
visinska razlika $H$ (m)	543	564
uravnata visinska razlika $H_u$ (m)	500.7	549.8
uravnati nagib sliva $J_u$ (%)	21.1%	20.2%

## Sintetički jedinični hidrogrami

### ■ Primer 1

- SJH po Jovanoviću i Brajkoviću – sliv 2



$$t_0 = 0.4L^{0.67} \left( \frac{L \cdot L_c}{\sqrt{J_u}} \right)^{0.086} = 0.74 \text{ h}$$

$$t_p = at_k + t_0 = 0.3t_k + 0.74$$

$$T_p = t_p + \frac{t_k}{2} = 0.3t_k + 0.74 + \frac{t_k}{2} = 0.8t_k + 0.74$$

$$T_r = rT_p = 1.67T_p, \quad T_B = 2.67T_p$$

- Proračun efektivne kiše: SCS metoda

- CN = 73

$$d = 25.4 \cdot \left( \frac{1000}{CN} - 10 \right) = 93.95 \text{ mm}$$

$$P_e = \frac{(P - 0.2d)^2}{P + 0.8d}$$

## Sintetički jedinični hidrogrami

### ■ Primer 1

- Sliv 2:

merodavno trajanje kiše

$t_k$ (h)	0.5 h	0.75 h	1 h	1.5 h	2 h
$t_p$ (h)	0.89	0.97	1.04	1.19	1.34
$T_p$ (h)	1.14	1.34	1.54	1.94	2.34
$T_r$ (h)	1.91	2.24	2.57	3.24	3.91
$T_B$ (h)	3.05	3.58	4.12	5.18	6.25
$u_m$ (m <sup>3</sup> /s/mm)	0.467	0.397	0.346	0.274	0.227
$P_{100}$ (mm)	66.0	75.8	81.1	82.5	83.3
$P_{e,100}$ (mm)	15.8	21.5	24.9	25.7	26.2
$Q_{\max}$ (m <sup>3</sup> /s)	7.36	8.55	8.59	7.06	5.97

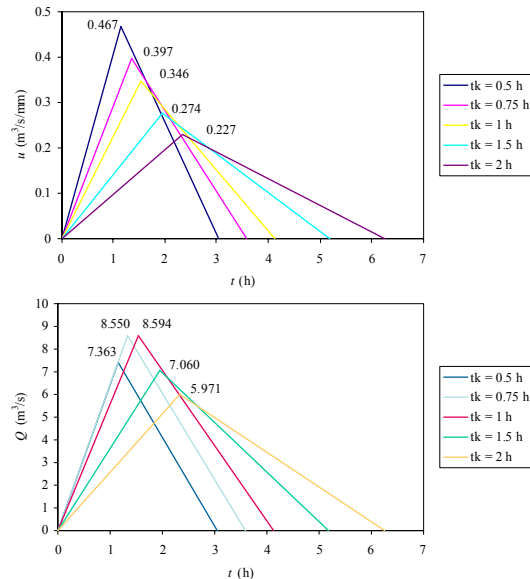
merodavni protok (100-god. velika voda)

## Sintetički jedinični hidrogrami

### Primer 1

- Sliv 2:
- SJH za trajanja kiše 0.5 – 2 h

- 100-godišnji računski hidrogrami oticaja



## Racionalna metoda

### Primer 1 – određivanje merodavnog protoka za dimenzionisanje kolektora kišne kanalizacije

- sliv površine  $A = 8 \text{ km}^2$ , vremena koncentracije  $t_c = 60 \text{ min}$ , koeficijent oticaja  $\eta = 0.4$
- poznata zavisnost ITP za obližnju kišomernu stanicu

### odrediti merodavni protok povratnog perioda $T = 10$ godina

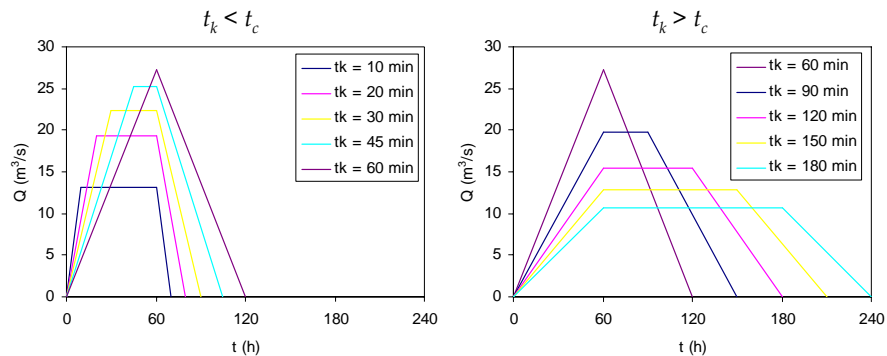
iz ITP za  $T = 10$  god.

$t_k$ (min)	10	20	30	45	60	90	120	150	180
$i_{10}$ (mm/min)	1.48	1.09	0.84	0.63	0.51	0.37	0.29	0.24	0.20
	$t_k < t_c$	$t_k < t_c$	$t_k < t_c$	$t_k < t_c$	$t_k = t_c$	$t_k > t_c$	$t_k > t_c$	$t_k > t_c$	$t_k > t_c$
$\eta i A$	78.9	58.1	44.8	33.6	27.2	19.7	15.5	12.8	10.7
$Q_{\max}$ (m³/s)	13.2	19.4	22.4	25.2	27.2	19.7	15.5	12.8	10.7

$Q_{\max} = \eta i A t_k / t_c$        $Q_{\max} = \eta i A$

## Racionalna metoda

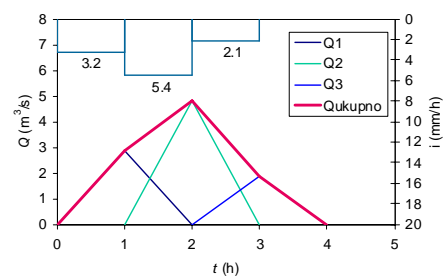
- Primer 1 – određivanje merodavnog protoka za dimenzionisanje kolektora kišne kanalizacije



## Racionalna metoda

- Primer 2 – hidrogram oticaja od neravnomerne kiše
  - sliv površine  $A = 8 \text{ km}^2$ , vremena koncentracije  $t_c = 60 \text{ min}$ , koeficijent oticaja  $\eta = 0.4$
  - na obližnjoj kišomernoj stanici osmotrena kišna epizoda trajanja  $t_k = 180 \text{ min}$ , sa časovnim visinama kiše od 3.2, 5.4 i 2.1 mm
  - odrediti hidrogram oticaja od osmotrene kišne epizode

$t$ (h)	0 – 1	1 – 2	2 – 3
$\Delta P$ (mm)	3.2	5.4	2.1
$i$ (mm/h)	3.2	5.4	2.1
$i_c$ (mm/h)	1.28	2.16	0.84
$Q_{\max}$ (m³/s)	2.84	4.80	1.87



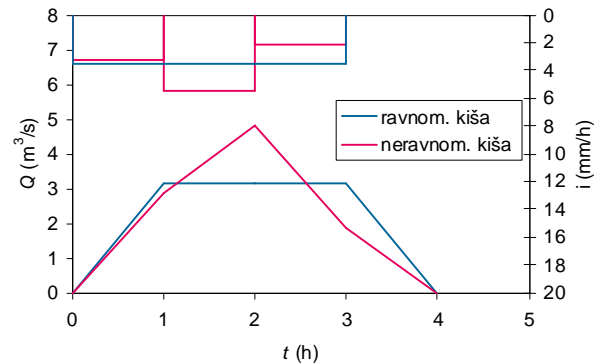
## Racionalna metoda

### Primer 2 – hidrogram oticaja od neravnomerne kiše

- poređenje sa ravnomernom kišom

$$i_{sr} = \frac{(3.2 + 5.4 + 2.1) \text{ mm}}{3 \text{ h}} \\ = 3.57 \text{ mm/h}$$

$$Q_m = \eta \cdot i_{sr} \cdot A \\ = 0.4 \cdot 3.57 \cdot \frac{10^{-3}}{60} \cdot 8 \cdot 10^6 \\ = 3.17 \text{ m}^3/\text{s}$$

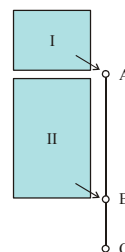


## Racionalna metoda

### Primer 3 – dimenzionisanje kolektora u nizu

- kolektor drenira dve slivne površine
- poznata zavisnost ITP za obližnju kišomernu stanicu, koja se može prikazati u obliku:

$$i(t_k, T) = \frac{35.3 \cdot T^{0.175}}{t_k + 27} \quad [\text{mm/min}], \quad t_k [\text{min}]$$



sliv	I	II
A (ha)	2	4
$t_c$ (min)	10	15
$\eta$	0.7	0.6

kolektor	AB	BC
L (m)	150	100
J (%)	2.3	1.6
n	0.013	0.013

- odrediti merodavne protoke povratnog perioda 5 godina za dimenzionisanje deonika AB i BC

## Racionalna metoda

### Primer 3

- deonica AB

$$i(10,5) = \frac{35.3 \cdot 5^{0.175}}{10 + 27} = 1.264 \text{ mm/min}$$

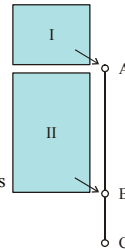
$$Q_{AB} = \eta_1 \cdot i(10,5) \cdot A_1 = 0.7 \cdot 1.264 \cdot \frac{10^{-3}}{60} \cdot 2 \cdot 10^4 = 295 \text{ l/s}$$

$$Q_{AB} = \frac{1}{n} \frac{D^2 \pi}{4} \left( \frac{D}{4} \right)^{2/3} \sqrt{J_d} \rightarrow D = \left( \frac{n Q_{AB} \cdot 4^{5/3}}{\pi \sqrt{J_d}} \right)^{3/8} =$$

$$= \left( \frac{0.013 \cdot 0.295 \cdot 4^{5/3}}{\pi \sqrt{0.023}} \right)^{3/8} = 0.390 \text{ m}, \quad D_{AB} = 400 \text{ mm}$$

$$v_{AB} = \frac{Q_{AB}}{(D_{AB}^2 \pi / 4)} = \frac{0.295}{(0.4^2 \pi / 4)} = 2.35 \text{ m/s}$$

$$t_{AB} = \frac{L_{AB}}{v_{AB}} = \frac{150}{2.35} = 63.9 \text{ s} = 1.06 \text{ min}$$



sliv	I	II
A (ha)	2	4
$t_c$ (min)	10	15
$\eta$	0.7	0.6

kolektor	AB	BC
L (m)	150	100
J (%)	2.3	1.6
n	0.013	0.013

$$t_{c,B} = \max \left\{ \begin{matrix} t_{c1} + t_{AB} \\ t_{c2} \end{matrix} \right\} =$$

$$= \max \left\{ \begin{matrix} 10 + 1.06 \\ 15 \end{matrix} \right\} = 15 \text{ min}$$

## Racionalna metoda

### Primer 3

- deonica BC

$$i(15,5) = \frac{35.3 \cdot 5^{0.175}}{15 + 27} = 1.114 \text{ mm/min}$$

$$\eta = \frac{\eta_1 A_1 + \eta_2 A_2}{A} = \frac{0.7 \cdot 2 + 0.6 \cdot 4}{6} = 0.633$$

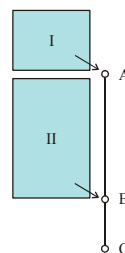
$$Q_{BC} = i(15,5) \cdot \eta \cdot A =$$

$$= 1.114 \cdot \frac{10^{-3}}{60} \cdot 0.633 \cdot 6 \cdot 10^4 = 706 \text{ l/s}$$

$$Q_{BC} = \frac{1}{n} \frac{D^2 \pi}{4} \left( \frac{D}{4} \right)^{2/3} \sqrt{J_d} \rightarrow D = \left( \frac{0.013 \cdot 0.706 \cdot 4^{5/3}}{\pi \sqrt{0.016}} \right)^{3/8} = 0.579 \text{ m}, \quad D_{BC} = 600 \text{ mm}$$

$$v_{BC} = \frac{Q_{BC}}{(D_{BC}^2 \pi / 4)} = \frac{0.706}{(0.6^2 \pi / 4)} = 2.50 \text{ m/s}$$

$$t_{BC} = \frac{L_{BC}}{v_{BC}} = \frac{100}{2.50} = 40 \text{ s} = 0.67 \text{ min}$$



sliv	I	II
A (ha)	2	4
$t_c$ (min)	10	15
$\eta$	0.7	0.6

kolektor	AB	BC
L (m)	150	100
J (%)	2.3	1.6
n	0.013	0.013

$$t_{c,C} = t_{c,B} + t_{BC} = 15 + 0.67 = 15.67 \text{ min}$$