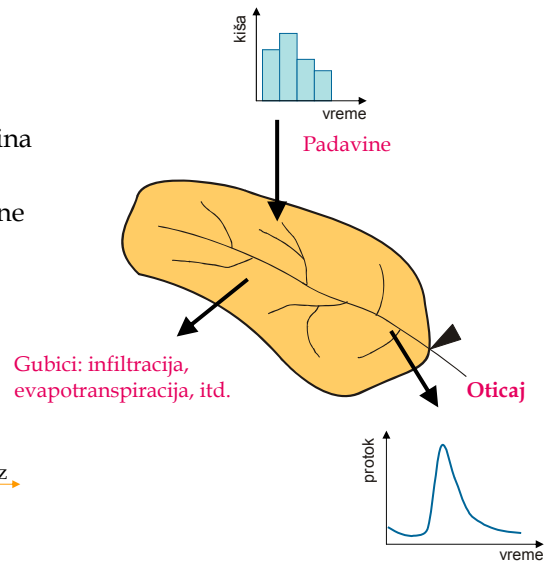
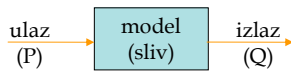


## Veza između padavina i oticaja

### ■ Sliv kao sistem:

- sistem u kome se vrši transformacija padavina u oticaj
- ulaz u sistem: padavine
- izlaz iz sistema: oticaj



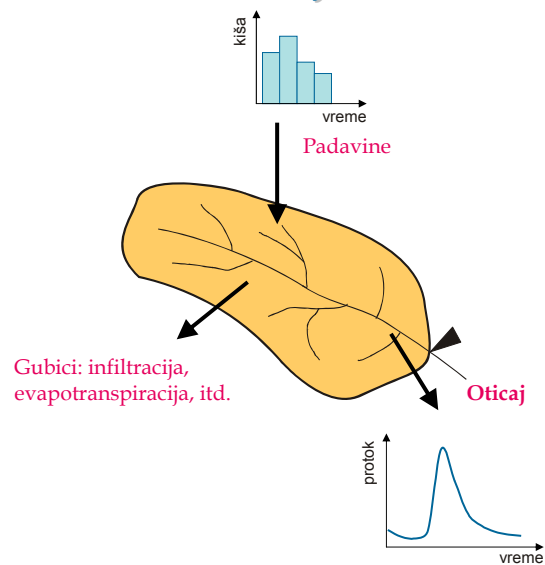
## Veza između padavina i oticaja

### ■ Izučen sliv

- postoje **merenja** na izlaznom profilu

### ■ Neizučeni sliv

- ne postoje merenja na izlaznom profilu
- **modeliranje** procesa padavine-otica

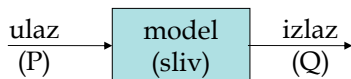


## Modeli fizičkih sistema

- Uprošćene predstave fizičkih sistema i procesa koje se koriste za analizu i prognozu rada sistema
  - fizički modeli
    - laboratorijski uslovi?
  - matematički modeli
    - jedna ili više jednačina kojima se opisuje ponašanje sistema (sliva)

## Modeli padavine-oticaaj

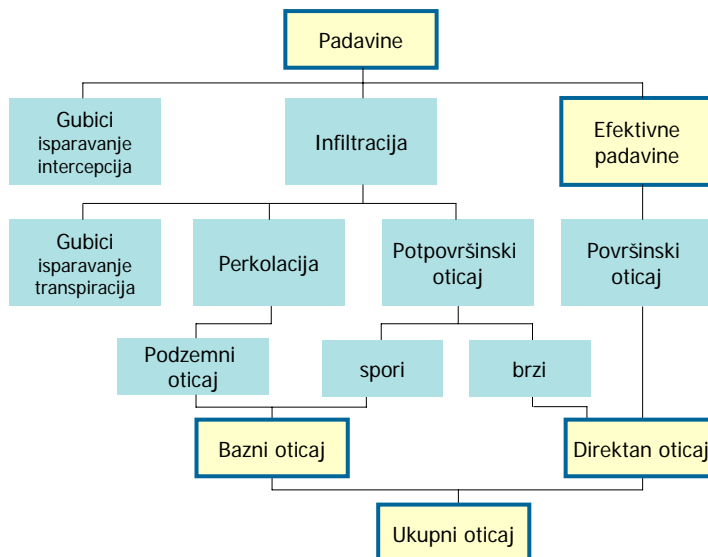
- “Modeli padavine-oticaaj” – matematički model procesa transformacije padavina u oticaaj
  - na osnovu poznatih padavina određuje se nepoznat oticaaj sa razmatranog sliva



# Modeli padavine-oticaaj

- Različit stepen uprošćavanja stvarnih procesa – različita shematizacija procesa
  - zavisi od raspoloživih ulaznih podataka i konkretnog zadatka tj. informacija koje treba da pruži, npr.
    - za određivanje poplavnog talasa određene verovatnoće pojave: modelira se direktan oticaaj, dovoljna procena gubitaka na infiltraciju
    - za ocenu ponašanja sliva u budućim uslovima nakon planiranih promena na slivu: modeliranje oticaja u dužem periodu vremena na osnovu dugačkog zapisa kiša, evapotranspiracija i potpovršinski procesi imaju značajnu ulogu u formiranju oticaja, detaljniji model koji može da prati promenu vlažnosti na slivu

## Shematizacija procesa oticanja



## Vrste modela padavine-oticaaj

Podela	Kategorija	Opis
Prema vrsti ulaza	Model događaja/epizode	Simulira jednu kišnu epizodu.
	Kontinualni model	Simulira oticaj u dužem vremenskom periodu, za vreme kišnih epizoda i između njih.
Prema prostornoj promenljivosti	Prostorno raspodeljeni model	Prostorna promenljivost karakteristika sliva i procesa eksplicitno se uzima u obzir.
	Prostorno homogen model	Prostorna promenljivost karakteristika sliva i procesa se zanemaruje ili uprosečuje.
Prema tretiranju varijacija	Deterministički model	Ulaz, parametri i izlaz se posmatraju kao da nemaju slučajne varijacije.
	Stohastički model	Slučajne varijacije ulaza, parametara i izlaza se opisuju u modelu i uključujuju u modeliranje izlaza.
Prema vrsti parametara	Model sa osmotrenim (izmerenim) parametrima	Model u kome se parametri mogu odrediti bilo direktnim merenjem bilo indirektno na osnovu karakteristika sistema.
	Model sa kalibrisanim parametrima	Model čiji se parametri ne mogu izmeriti, već se određuju postupkom kalibracije na osnovu izmerenih vrednosti ulaza i izlaza.

## Komponente modela padavine-oticaaj

- Modeli efektivne kiše = proračun gubitaka
  - transformacija ukupne (bruto) kiše u efektivnu (neto) kišu
  - zapremina oticaja
- Modeli hidrograma direktnog oticaja
  - transformacija efektivne kiše u direktan oticaj
  - prostorno-vremenska preraspodela efektivne kiše u oticaj
- Modeli baznog oticaja
  - simulacija sporog potpovršinskog i podzemnog oticaja
- Modeli tečenja u vodotocima
  - simulacija tečenja u koritima vodotoka
  - transformacija (propagacija) poplavnog talasa
- Drugi modeli
  - simulacija rada objekata (obilazni kanali, akumulacije, retenzije, ...)

## Modeliranje efektivne kiše (gubitaka)

### ■ Gubici:

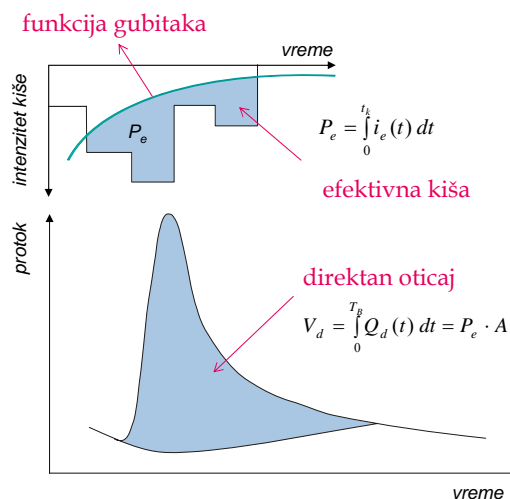
- isparavanje, ET → uči se u Drenažnim sistemima/Navodnjavanju
- intercepcija
- zadržavanje u depresijama
- infiltracija
  - metoda Green-Ampt → uči se u Drenažnim sistemima/Navodnjavanju

### ■ Modeli:

- konstantan gubitak, početni + konstantan gubitak
- proporcionalni gubitak
- Hortonova jednačina infiltracije
- SCS CN

## Modeliranje efektivne kiše (gubitaka)

### ■ Modeli efektivne kiše / gubitaka u modelima epizoda

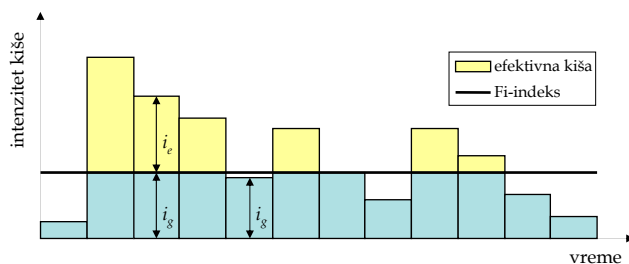


## Modeliranje efektivne kiše (gubitaka)

### Metoda konstantnih gubitaka

- $\Phi$ -indeks

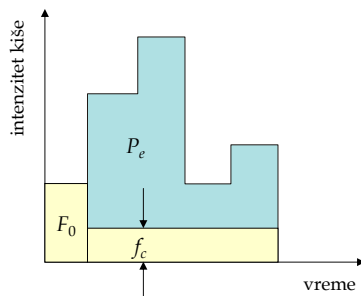
$$i_g = \begin{cases} \Phi, & i > \Phi \\ i, & i < \Phi \end{cases} \quad i_e = i - i_g = \begin{cases} i - \Phi, & i > \Phi \\ 0, & i < \Phi \end{cases}$$



## Modeliranje efektivne kiše (gubitaka)

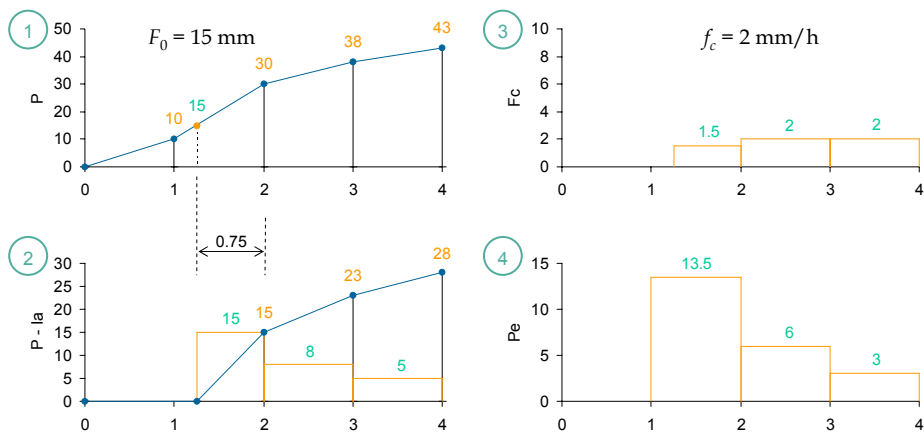
### Metoda konstantnih gubitaka sa početnim gubitkom

- početni gubitak  $F_0$
- konstantan gubitak  $f_c$ 
  - zavise od prethodnih padavina, vrste zemljišta, namene površina



## Modeliranje efektivne kiše (gubitaka)

### Metoda konstantnih gubitaka sa početnim gubitkom



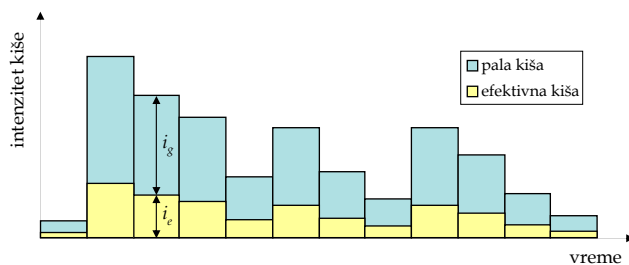
## Modeliranje efektivne kiše (gubitaka)

### Metoda proporcionalnih gubitaka

- koeficijent oticaja kao koeficijent proporcionalnosti

$$i_e = \eta \cdot i$$

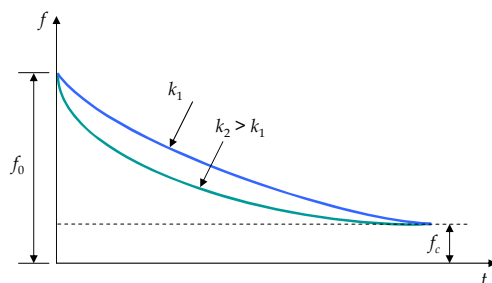
$$i_g = (1 - \eta) \cdot i$$



## Modeliranje efektivne kiše (gubitaka)

### ■ Hortonova jednačina

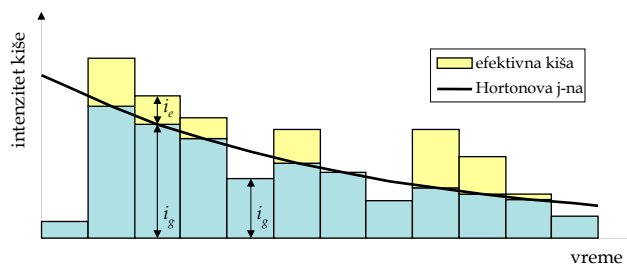
$$f = f_c + (f_0 - f_c)e^{-kt}$$



## Modeliranje efektivne kiše (gubitaka)

### ■ Hortonova jednačina

$$i_g = \begin{cases} f, & i > f \\ i, & i < f \end{cases} \quad i_e = i - i_g = \begin{cases} i - f, & i > f \\ 0, & i < f \end{cases}$$

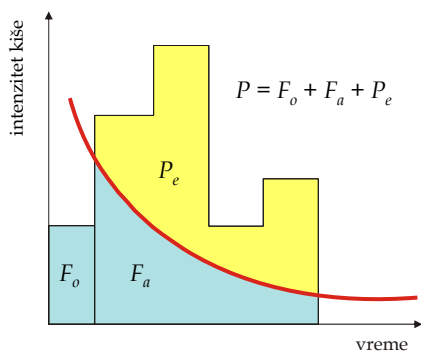




## Modeliranje efektivne kiše (gubitaka)

### ■ SCS metoda

- Soil Conservation Service, US Dept. of Agriculture



$$\frac{P_e}{P - F_0} = \frac{F_a}{d} \rightarrow \frac{P_e}{P - F_0} = \frac{P - F_0 - P_e}{d}$$

$$P_e = \frac{(P - F_0)^2}{P - F_0 + d}$$

$$F_0 = 0.2d$$

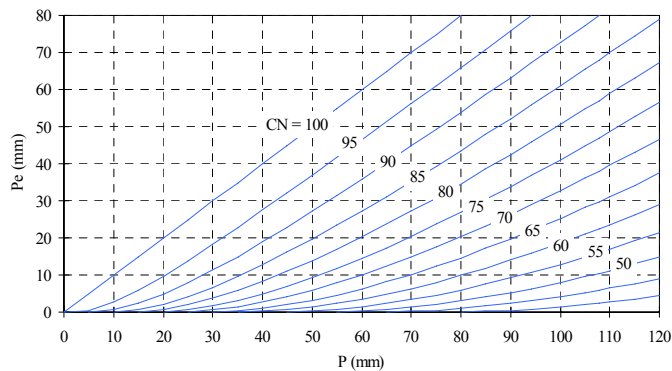
$$P_e = \frac{(P - 0.2d)^2}{P + 0.8d}$$

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

## Modeliranje efektivne kiše (gubitaka)

### ■ SCS metoda

$$P_e = \frac{(P - 0.2d)^2}{P + 0.8d} \quad d = 25.4 \cdot \left( \frac{1000}{CN} - 10 \right) \text{ [mm]}$$



# Modeliranje efektivne kiše (gubitaka)

## ■ SCS metoda

- Uslovi prethodne vlažnosti zemljišta I, II i III
  - uslovi I – suvi prethodni uslovi
  - uslovi II – prosečna prethodna vlažnost
  - uslovi III – velika prethodna vlažnost

$$CN_I = \frac{4.2 CN_{II}}{10 - 0.058 CN_{II}}$$

$$CN_{III} = \frac{23 CN_{II}}{10 + 0.13 CN_{II}}$$

- Broj krive CN zavisi od
  - hidrološke grupe tla (A – peskovi, B, C, D – gline)
  - vrste površine (namene i stanja)

# Modeliranje efektivne kiše (gubitaka)

## ■ SCS metoda

- broj krive CN

Namena zemljišta	Hidrološka grupa tla			
	A	B	C	D
Obradeno zemljište: u smeru pada terena	72	81	88	91
po izohipsama ili terasama	62	71	78	81
Pašnjak ili prirodna livada:				
sa slabim uslovima za upijanje	68	79	86	89
sa dobrim prilikama za upijanje	39	61	74	80
Livada stalna (kultivirana)				
sa dobrim prilikama za upijanje	30	58	71	78
Šuma: sa slabim uslovima za upijanje	45	66	77	83
sa dobrim prilikama za upijanje	25	55	70	77
Otvoren prostor, travnjaci, travnati sportski tereni, groblja i sl.				
dobri uslovi: trava na 75% ili više površine	39	61	74	80
srednji uslovi: trava na 50% do 75% površine	49	69	79	84

# Modeliranje efektivne kiše (gubitaka)

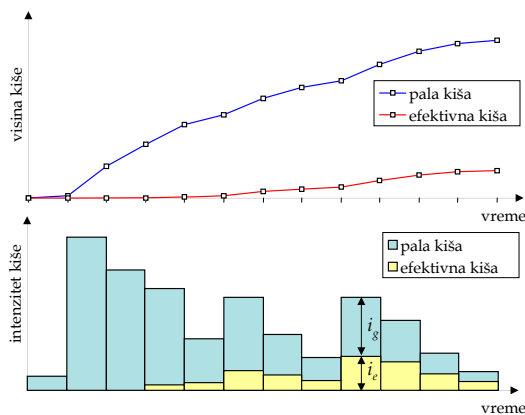
## ■ SCS metoda

- broj krive CN

Namena zemljišta	Hidrološka grupa tla			
	A	B	C	D
Gradska jezgra, površine sa poslovnim i komercijalnom namenom (85% nepropusnih površina)	89	92	94	95
Industrijske zone (72% nepropusnih površina)	81	88	91	93
Stambene zone				
sa 65% nepropusnih površina	77	85	90	92
sa 38% nepropusnih površina	61	75	83	87
sa 30% nepropusnih površina	57	72	81	86
sa 25% nepropusnih površina	54	70	80	85
sa 20% nepropusnih površina	51	68	79	84
Asfaltirani parkinzi, krovovi, prilazni putevi	98	98	98	98
Putevi i ulice				
asfaltirani sa ivičnjacima i slivnicima	98	98	98	98
nasuti šljunkom	76	85	89	91
zemljani	72	82	87	89

# Modeliranje efektivne kiše (gubitaka)

## ■ SCS metoda



$$P_e(t) = \begin{cases} \frac{[P(t) - 0.2d]^2}{P(t) + 0.8d}, & P(t) > 0.2d \\ 0, & P(t) < 0.2d \end{cases}$$