

### 3. HIDROLOŠKE OSOBINE PRIRODNIH VODOTOKA



## Hidrologija

*Znanost koja se bavi pojavama, kruženjem, raspodjelom i svojstvima voda Zemlje i njezine atmosfere. Zadaci hidrologije su:*

- Prikupljanje i obrada hidroloških podataka (opažanja i mjerenja),
- Sustavno analiziranje hidroloških podataka, te prikazivanje rezultata analiza na način primjeren inženjerskoj praksi.

## Hidrologija u regulacijama vodotoka

- Podaci o režimu voda
- Podaci o režimu leda
- Podaci o režimu nanosa

3

### 3.1 REŽIM VODA PRIRODNIH VODOTOKA

Predstavlja prostornu i vremensku raspodjelu voda. Opisuje se putem:

- vodostaja  $h$  (cm)
- protoka  $Q$  ( $m^3/s$ )

4

## Različit pristup problemu ovisno o raspoloživim podacima

- **Izučeni vodotoci** (slivovi) – podaci o vodnom režimu vodotoka ( $Q(x,y,t)$ ,  $h(x,y,t)$ ) dobivaju se iz mjerenja na vodomjernim stanicama.
- **Neizučeni vodotoci** (slivovi) – podaci o vodnom režimu vodotoka dobivaju se posredno preko podatak o oborini i podataka o fizičkim karakteristikama sliva (za određivanje  $Q(x,y,t)$ ), te korištenjem hidrauličkih proračuna (za određivanje  $h(x,y,t)$ ).

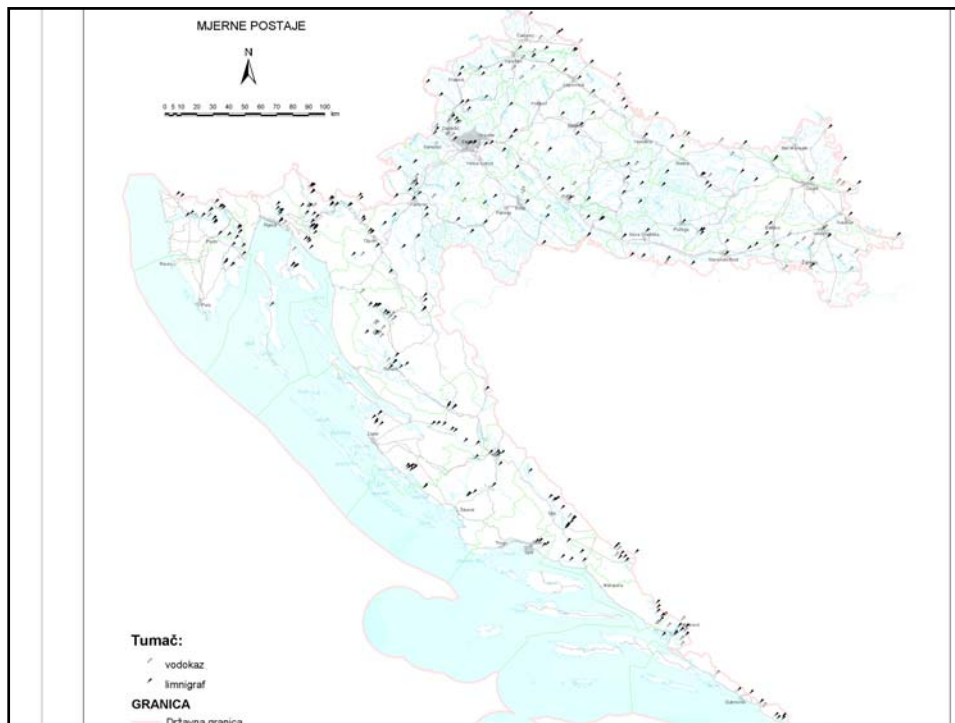
5

## Izučeni vodotoci (slivovi)

Na vodomjernim stanicama mjere se vodostaji i protoci, te se obrađuju i dobivamo:

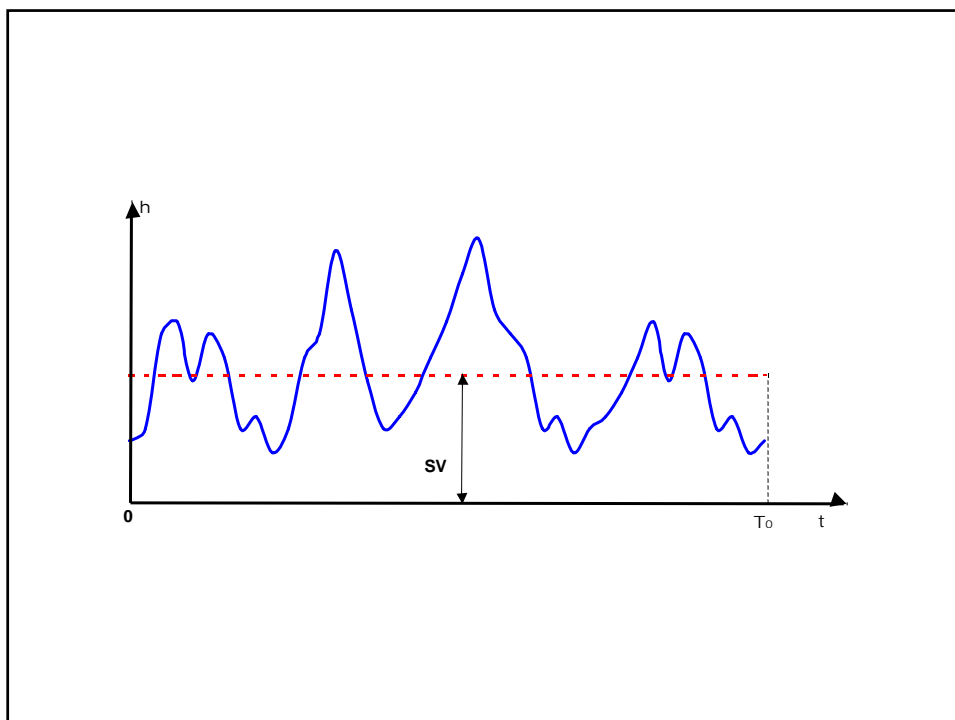
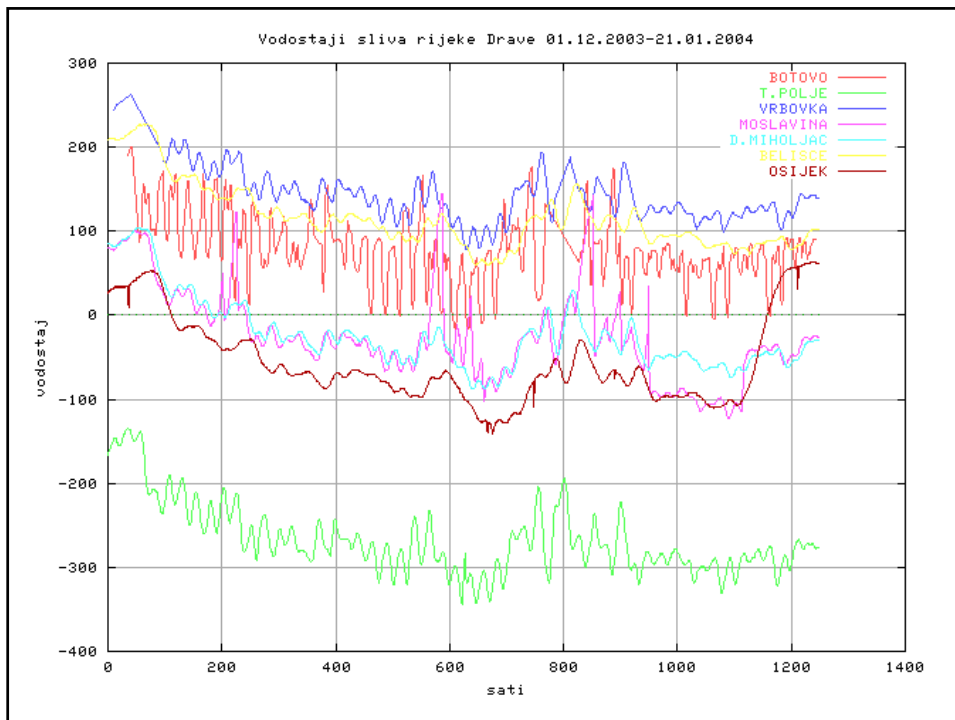
- izmjerene podatke
- statistički obrađene podatke (osnovna hidrološka obrada)
- prognoze

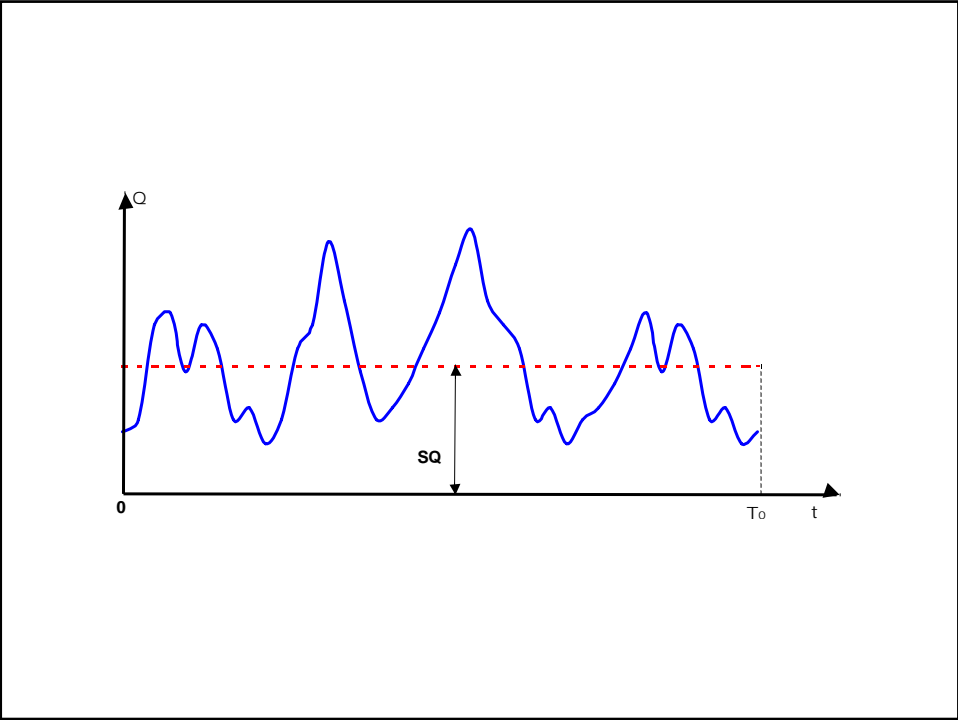
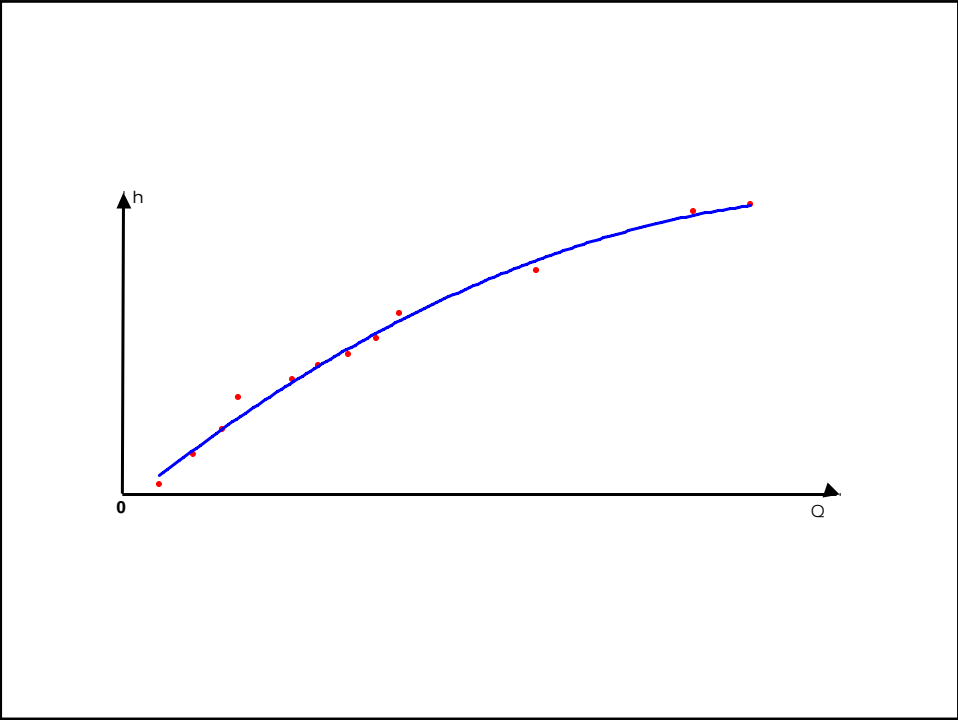
6



## Izmjereni podaci kao karakteristične veličine

- Najniži opažen vodostaj na vodomjeru u određenom vremenskom periodu (od početka rada vodomjera, u zadnjih 10 g, i sl.)
- Najviši opažen vodostaj na vodomjeru u određenom vremenskom periodu (od početka rada vodomjera, u zadnjih 10 g, i sl.)
- Nivogram za neki period;  $h = f(t)$

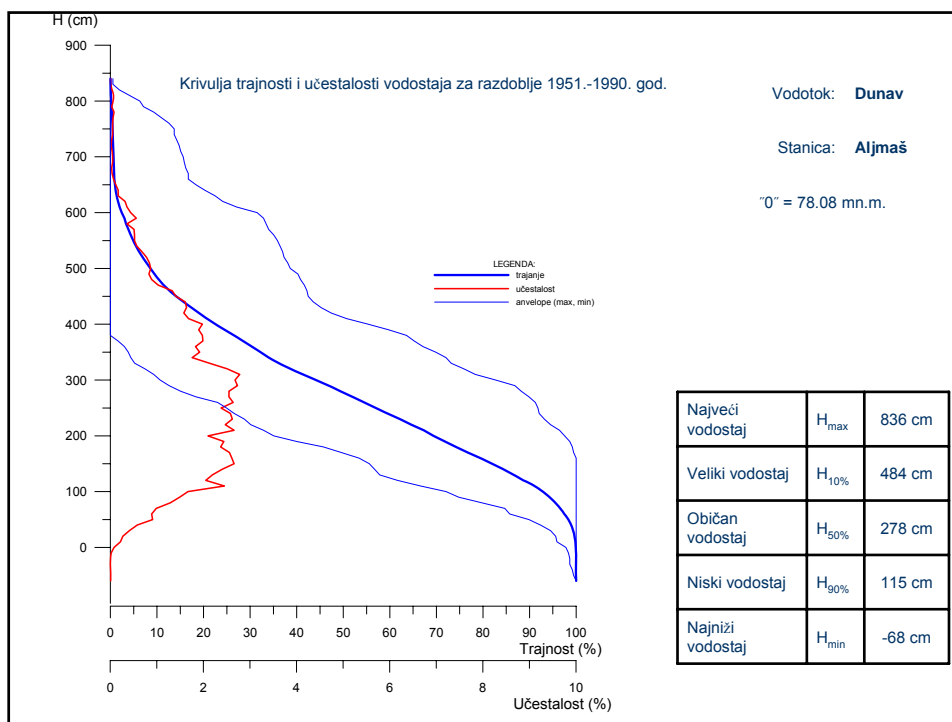


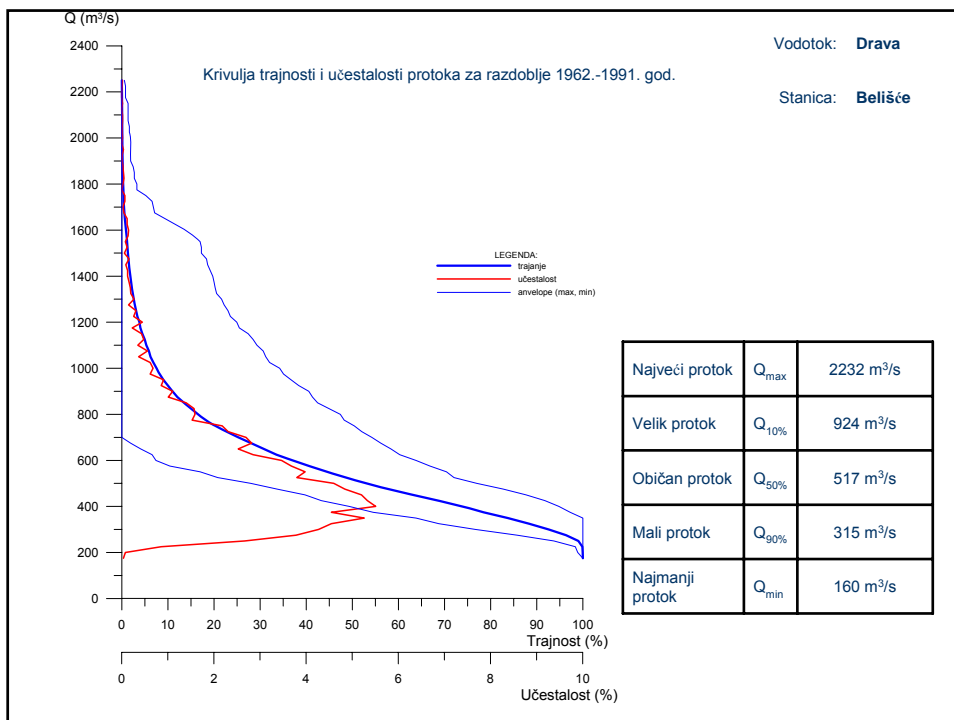
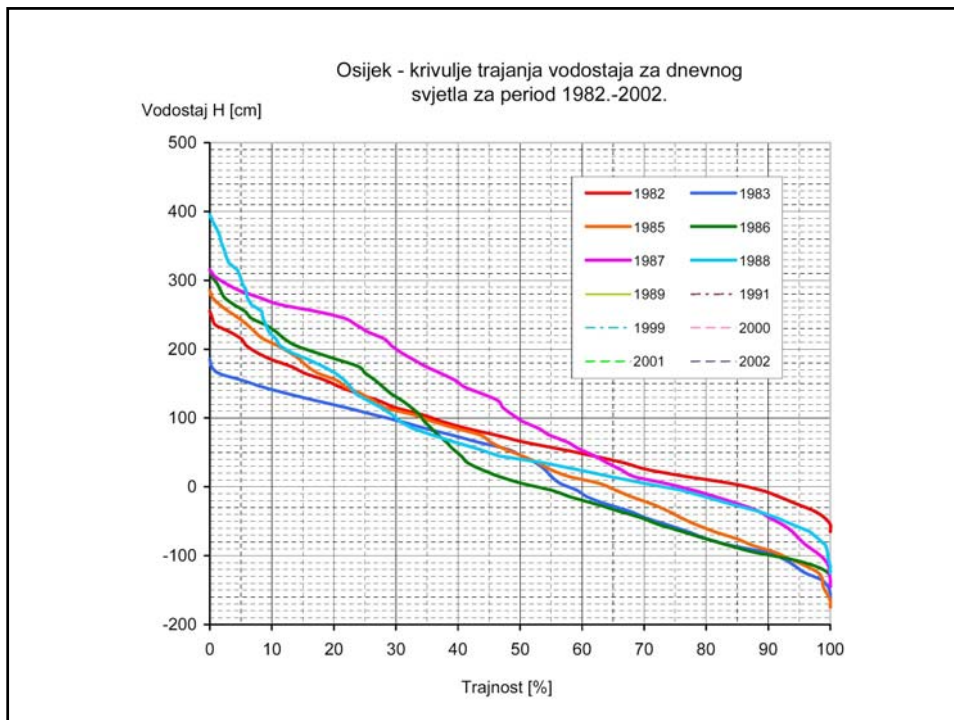


## Statistički obrađeni podaci

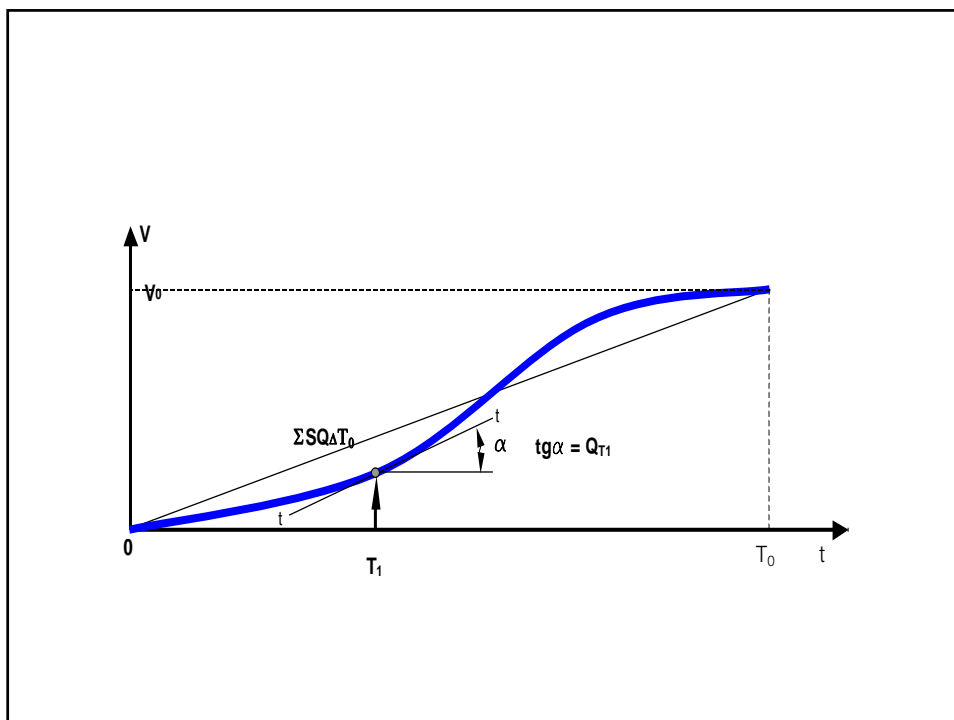
- Srednje vrijednosti u određenim vremenskim razdobljima (srednji niski vodostaj, srednji vodostaj, srednji visoki vodostaj; isto i za protoke)
- Krivulje učestalosti i trajanja vodostaja i protoka
- Sumarna krivulja volumena

13









## Neizučeni vodotoci (slivovi)

Određuje se maksimalni protok određenog povratnog perioda na nekoj točki vodotoka (projektni protok).

Kod nas najčešće korišteni postupci su:

- *racionalna metoda*
- *Srebreновиćeva metoda*
- *“SCS” metoda*

## Racionalna metoda

$$Q_M = C \cdot i \cdot A$$

gdje su:

- $Q_M$  maksimalni (vršni) protok,
- $C$  koeficijent otjecanja (funkcija fizičkih karakteristika sliva i povratnog perioda),
- $i$  intenzitet kiše,
- $A$  površina sliva

19

## Srebreновиćeva metoda

$$Q_{maks} = 0,48 \cdot \frac{\alpha_p}{(\beta \cdot w)^{3/4}} \cdot A^{0,96} \cdot \psi_p \cdot S^{1/3} \quad [m^3 / sec]$$

Gdje su:

- $Q_{maks}$  - maksimalni protok za povratni period od p godina
- $A$  [km<sup>2</sup>] - površina sliva
- $\alpha_p$  - otjecajni koeficijent maksimalnog otjecanja koji se za prosječne godišnje oborine 1000 < P < 2000 mm određuje prema formuli:  

$$\alpha_p = 0,80 \cdot [1 + 0,075 \cdot (\log T - \beta)]$$
- $\psi_p = [H \cdot (1 + 1,5 \cdot \log T)]^{0,43}$
- $T$  [god] - povratno razdoblje
- $\beta$  - koeficijent ovisan o propusnosti, pošumljenosti i sl., dan je u rasponu od 0 do 3, ovisi o geološkim karakteristikama terena i o obraslosti zemljišta; vrijednosti bližu jedinici imaju slabu propusna tla s slabom obraštenom površinom, a propusna i obraštena tla teže koeficijentu jednakom 3. Gustoća mreže je u izvjesnoj korelacijskoj vezi s geološkim odlikama terena, pogotovo u aspektima propusnosti. Zemljište koje je jače propusno ima rjeđu mrežu, dakle veće dužine slijevanja i sporiju koncentraciju dotoka i obrnuto.
- $\psi_p$  - parametar oborine (faktor oborine)
- $H_p$  [m] - visina prosječnih godišnjih oborina
- $S$  [m/km] - pad sliva, određen izrazom:  

$$S = \frac{2\Delta H}{L} \quad [m / km]$$
- $\Delta H$  - srednja visinska razlika sliva:  

$$\Delta H = H_0 - H \quad [m]$$
- $H_0$  [m] - srednja nadmorska visina sliva
- $H$  [m] - nadmorska visina protjecajnog profila

- $L$  [km] - duža stranica fiktivnog pravokutnika, čija je površina jednaka površini sliva, i izračunava se prema:

$$L = \sqrt{\frac{A \cdot (2 - K)}{K}} \quad [km]$$

- Kraća stranica fiktivnog pravokutnika izračunava se prema formuli:

$$l = \sqrt{\frac{A \cdot K}{2 - K}} \quad [km]$$

- $K$  - koeficijent koncentriranosti sliva, i ima oblik:

$$K = \frac{2 \cdot A}{O \cdot U}$$

- $O$  [km] - opseg sliva
- $U$  [km] - udaljenost težišta sliva od protjecajnog profila
- parametar  $\omega$  - zavisi od odnosa između vremena površinskog sabiranja i vremena tečenja uzduž korita vodotoka, a određen je izrazom:

$$\omega = 1 + \frac{t_s}{t_c}$$

- $t_s$  - vrijeme površinskog sabiranja
- $t_c$  - vrijeme tečenja duž vodotoka

$$t_s = t_1 + t_2 = \frac{20\beta}{[H_0 \cdot (1 + 1,5 \log T)]^{0,43} \cdot S^{0,43}} + 2,6 \cdot \left[ \frac{A}{S} \right]^{0,5} \quad [sati]$$

## “SCS” metoda

$$Q = A * i_e * y * z * 16,6$$

gdje su:

- A površina sliva u km<sup>2</sup>
- $i_e = P_e / t$  intenzitet efektivne kiše izražen u mm/min
- y bezdimenzionalni klimatski faktor  
(1 za jednoliku oborinu po cijelom slivu)
- z faktor redukcije valnog vrha (t/tc)

$P_e$  – f(bruto oborine i “broja” kiše)

21

## 3.2 REŽIM LEDA

Predstavlja prostornu i vremensku pravilnost njegova pojavljivanja u vodotocima.  
Motri se na vodomjernim stanicama.

**U hidrološkom smislu razlikujemo:**

- ledohod (motri se pojava i gustoća - udjel leda na vodnoj površini - do 90%) i
- ledostaj
- (1984/85 22 dana ledostaja i 24 dana ledohoda na Dunavu V.S. Bezdan)

22

## Pojava leda

- pri obalama
- na dnu – temeljni led
- lebdeći led – ledeni mulj
- sante leda
- stajaći led – ledostaj (tečenje vode pod tlakom – 1,1 do 1,3 h)

23

## Štete od leda

- Pojava uspora i/ili zaprečavanja protočnog profila – opasnost od poplava
- Kod ledostaja statičko opterećenje na građevine (tlačna čvrstoća leda  $3,5 \text{ N/mm}^2$ )
- Dinamički udari ledenih santi + trošenje
- Led u porama i reškama ugrožava stabilnost i mehaničku otpornost građevina
- Posredna šteta od smanjene koristi od voda (plovidba, vodoopskrba i sl.)

24

### 3.3 REŽIM NANOSA

Predstavlja prostornu i vremensku raspodjelu nanosa, uzimajući u obzir njegov nastanak, pronos i njegovo taloženje.

Nanos – krute tvari u tekućoj vodi.

Razlikujemo tri vrste nanosa:

- vučeni nanos (5-15%)
- suspendirani ili lebdeći nanos (85-95%)
- plutajuće tvari

25

### Vučeni nanos

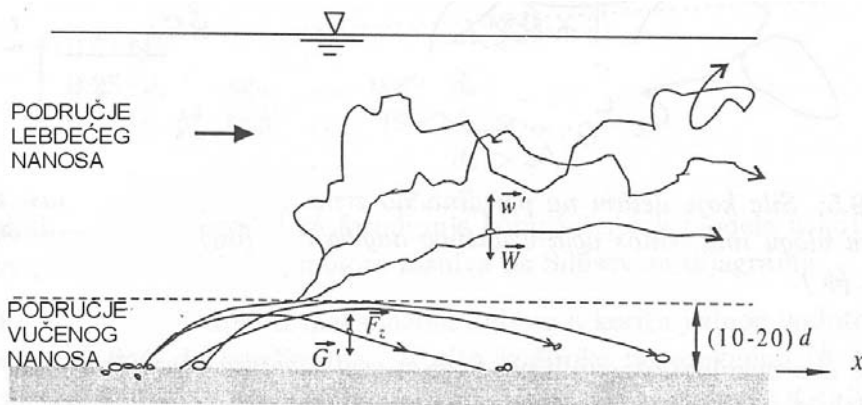
- nastaje uslijed erozije dna u srednjem toku i obronaka u gornjem toku
- krupnijeg je granulometrijskog sastava
- koritoformirajući

26

## Lebdeći nanos

- čine ga sitne suspendirane čestice
- nastaje uslijed površinske erozije u slivnom području
- razlikujemo tranzitni i koritoformirajući nanos
- vertikalne pulzacije brzina u turbulentnom toku drže krupnije čestice lebdećeg nanosa u suspenziji

27



28

## Plutajuće tvari

- grane, trupci i sl.
- ne bilježe se u hidrološkom smislu
- opasnost od zaprečavanja protočnog profila, ponornih zona, zahvata voda i sl.

29

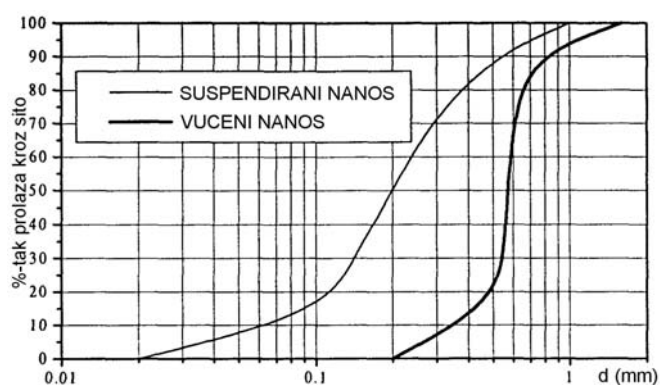


## Opis nanosa

- **GRANULOMETRIJSKI SASTAV NANOSA**
  - grafički prikaz granulometrijskog sastava (maseni postotak prolaska uzorka nanosa kroz sita različitih otvora)
- **PRONOS NANOSA**
  - količina nanosa (vučenog ili suspendiranog) koja se pronosi kroz poprečni profil vodotoka u jedinici vremena u kg/s
- **HIDRAULIČKA KRUPNOĆA**
  - brzina tonjenja čestice nanosa u mirnoj vodi
- **KONCENTRACIJA NANOSA**
  - suha masa čestica u jedinici volumena suspenzije u  $\text{kg/m}^3$  ili u  $\text{gr/l}$

31

## Granulometrijski sastav nanosa



Granulometrijski sastav za rijeku Dunav u RH

32