



# HIDROLOGIJA

Prof. dr. sc. NEDIM SULJIĆ, dipl.ing.građ.

1

## RIJEKE I RIJEČNI SLIVOWI

### HIDROGRAFSKA MREŽA, RIJEČNI SISTEMI, GLAVNE RIJEKE I PRITOKE

- P iz atmosfere  $\Rightarrow$  uticaj gravitacije  $\Rightarrow$  ka nižim terenima  $\Rightarrow$  nastaju vodotoci
- P i izvori PV ne formiraju odmah velike vodotoke  $\Rightarrow$  male struje  $\Rightarrow$  potoci  $\Rightarrow$  rijeke
- Sistem stalnih vodotoka  $\Rightarrow$  RIJEČNA MREŽA  $\Rightarrow$  uslovna kvalifikacija  
neki autori  $\Rightarrow$  riječna mreža samo one rijeke koje su na kartama krupnije R
- Riječna mreža f-ja pružanja padova terena  $\Rightarrow$  ulivaju se u jezera i mora
- RIJEČNI SISTEM  $\Leftrightarrow$  skup rijeka koje se ulivaju u glavnu rijeku
- Riječni sistem  $\Rightarrow$  glavna rijeka, niz pritoka glavne rijeke i pritoke njihovih pritoka

2

- PRITOKE PRVOG REDA = rijeke koje se ulivaju direktno u glavnu rijeku
- PRITOKE DRUGOG REDA = rijeke koje se ulivaju u pritoke prvog reda itd.

$\downarrow$   
rasprostranjena kvalifikacija u hidrološkoj praksi



Šema glavne rijeke i pritoka



Rijeka Sava

3

### IZVORI I UŠĆA RIJEKA

- IZVOR  $\Rightarrow$  mjesto gdje počinje riječni tok
- POČETAK RIJEKE  $\Rightarrow$  izvor iz podzemlja, jezera, lednika ili močvara
- RIJEKA NASTALA OD DVIJE RIJEKE  $\Rightarrow$  spajanje rijeka = početak nove rijeke

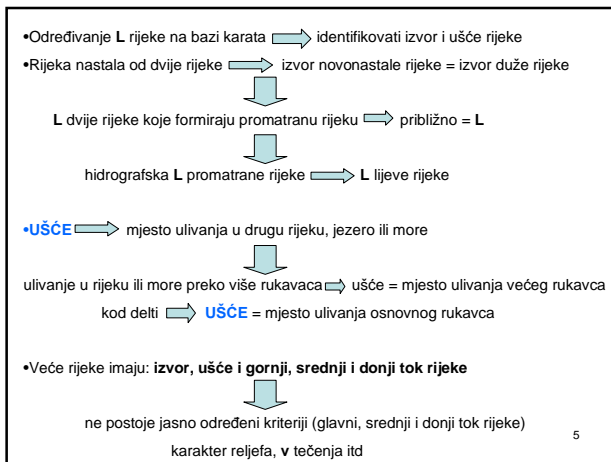
- U hidrološkoj praksi  $\Rightarrow$  dvije dužine rijeka:

1. L rijeke od najudaljenijeg izvora
2. L date rijeke

- Uslovi formiranja riječnog oticaja (do promatrane tačke)  $\Rightarrow$  f-ja hidrografske L rijeke

$\downarrow$   
pri analizi formiranja riječnog toka uzimamo hidrografsku L rijeke

4



- Fizičke osobine sliva sadržane u njegovoj:
  - veličini
  - obliku
  - visinskim odnosima u slivu
  - gustini riječne mreže
  - geološkim faktorima
  - osobinama tla
  - vegetaciji
  - uticaju ljudskog rada




6

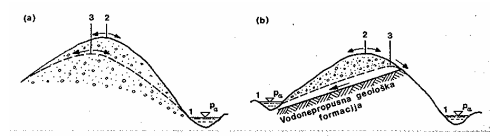
- Određivanje oticaja ne može se analizirati cijela površina Zemlje
- Oticanje se odvija na bezbroj mjesta → (izlazni profili)
- Pojedinačno analiziramo područja sa kojih se vodne količine slijevaju ka jednoj tački prijemnika → to područje nazivamo **SLIVOM**

•**SLIV** = površina drenirana sistemom međusobno povezanih prirodnih tokova → cjelokupno oticanje sa te površine se javlja na jednom izlaznom profilu

- Sliv omeđuje vododjelnica
- Vododjelnica dijeli sliv od susjednih slivova
- Podjela vododjelnica:
  - 1) topografska vododjelnica
  - 2) hidrološka vododjelnica

7

- 1) **Topografska vododjelnica**  
Kriva koja spaja tačke sa najvećom nadmorskom visinom između dva sliva
- 2) **Hidrološka vododjelnica**  
Granica površina dva sliva sa kojih se vode slijevaju jednim ili drugim slivom  
Čest naziv: **hidrogeološka vododjelnica** (zavisi od građe sliva)



Odnos topografske i hidrološke vododjelnice

- Uslovljene morfološko-hidrauličkim osobinama dva susjedna vodotoka
- Uslovljene postojanjem vodonepropusne geološke formacije

1 – vodotok    2 – topografska vododjelnica    3 – hidrološka vododjelnica

8

•Navedene dvije vododjelnice nikada se u potpunosti ne podudaraju

•**Problem:** hidrološka vododjelnica ne mora biti fiksna  $\Rightarrow$  **varijabilna kriva**

$\Downarrow$

**f-ja režima podzemnih tokova**

•**U praksi:**

-nastojati vododjelnicu definisati **topografski**

$\Downarrow$

**jednostavnija analiza**



Topografske vododjelnice

9

### VELIČINA SLIVA

•Hidrološke karakteristike (naročito oticanje velikih voda) zavise od:

$\Downarrow$

**veličina sliva, oblik sliva i pad sliva**

- Veličina sliva **A** (km<sup>2</sup>)
- Veličina sliva pod pretpostavkom definisanja vododjelnicu predstavlja vrijednost njegove površine
- Površina sliva:** određivanje planimetrisanjem (geodetske karte)
  - Veći slivovi (preko 400 km<sup>2</sup>)  $\Rightarrow$  karte R 1:100 000
  - Manji slivovi  $\Rightarrow$  karte R 1:50 000
- Na kartama ucrtati izohipse (tačke istih nadmorskih visina)
- Odnos između A sliva i dužine glavnog vodotoka (L)  $\Rightarrow$  Gray (1961)

$$L = 1.31 A^{0.568}$$

10

### OBLIK SLIVA


•Oblik sliva utiče na:

- koncentraciju površinskih voda**
- karakter oticanja površinskih voda**
- dimenzije, oblik i uzdužni profil vodotoka**

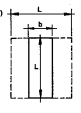
•Oblik sliva karakteriše se **faktorom oblika sliva ( $R_f$ )**

$$R_f = \frac{A}{L^2} = \frac{A^{-0.136}}{1.72}$$

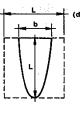
•Iz izraza  $\Rightarrow$  **porastom veličine sliva vrijednost  $R_f$  opada !!!**



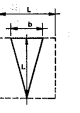
$\frac{A}{D^2} = \frac{\pi}{4}$



$\frac{A}{L^2} = \frac{b}{L}$



$\frac{A}{L^2} = \frac{3b}{4L}$



$\frac{A}{L^2} = \frac{b}{2L}$

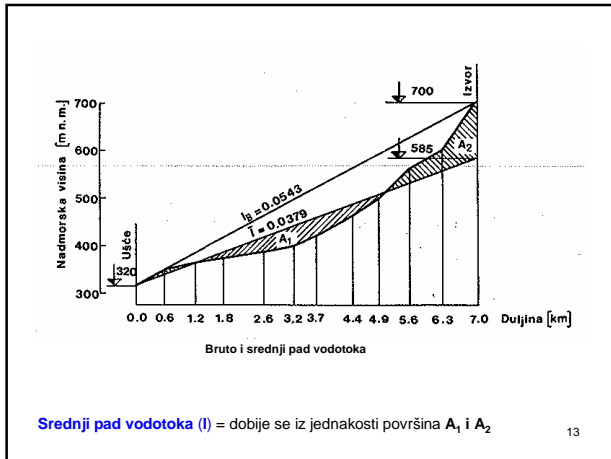
Karakteristični oblici slivova

11

### PAD SLIVA

- U hidrološkom smislu nije potpuno definisan
- Često se pojedine kategorije pada sliva izjednačuju sa padovima glavnog vodotoka
- U praksi postoje dva parametra:
  - 1) bruto pad vodotoka**
  - 2) srednji pad vodotoka**
- 1) Bruto pad vodotoka ( $I_B$ )** = visinska razlika najviše i najniže tačke vodotoka podjeljena sa dužinom vodotoka (L)
  - najniža tačka = ušće
  - najviša tačka = izvor
- 2) Srednji pad vodotoka (I)** = dobije se iz jednakosti površina  $A_1$  i  $A_2$

12



13

### VISINSKI ODNOSI U SLIVU

- Najčešći pokazatelj  $\Rightarrow$  **srednja nadmorska visina sliva**
- Srednja visina sliva** ( $h_{sr}$ ) (m.n.m) određuje se planimetrisanjem površina  $A_i$
- $A_i$  = površine između dvije susjedne izohipse

$$\bar{h}_{sl} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} A_i h_i}{A}$$

- $n$  – broj površina  $A_i$
- $h_i$  – srednja nadmorska visina površine  $A_i$
- $A$  – ukupna površina sliva ( $\text{km}^2$ )

#### U praksi:

- Za sagledavanje visinskih odnosa u slivu crtamo **HIPSOMETRIJSKU KRIVU**
- Hipsometrijska kriva** daje **površinu** ili % ukupne  $A$  sliva iznad odnosno ispod pojedinih nadmorskih visina

14

### GUSTINA RIJEČNE MREŽE

- Gustina riječne mreže = hidrografska mreža**

- Oznaka  $D_u$  ( $\text{km} / \text{km}^2$ )

$$D_u = \frac{1}{A_u} \sum_{u=1}^{u=k} L_u$$

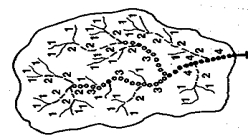
- $u$  – red vodotoka
- $k$  – najviši red vodotoka koji se pojavljuje na posmatranom slivu
- $A_u$  – površina sliva vodotoka reda  $u$  ( $\text{km}^2$ )
- $L_u$  – dužina vodotoka reda  $u$  (km)

- Klasifikacija vodotoka prema njihovom redu provodi se od izvora ka ušću



Klasifikacija reda vodotoka u slivu  
1,2,3,4 – vodotoci 1., 2., 3., 4., reda

15



- Red  $u=1$   $\Rightarrow$  vodotok bez pritoka
- Red  $u=2$   $\Rightarrow$  vodotoka sa jednim ili više pritoka
- Red  $u=3$   $\Rightarrow$  vodotoka koji nastaje od vodotoka reda  $u=2$  i vodotoka bilo kojeg reda

16



•Voda sa površine popunjava prostor između čestica tla

•Na taj proces utiče:

- a) adhezijska voda
- b) kapilarna voda
- c) gravitacijska voda

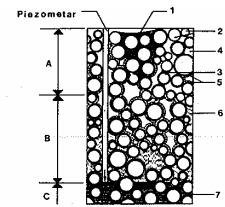
a) **Adhezijska voda** - gornjem sloju tla

b) **Kapilarna voda** – daljim povećavanjem vlažnosti tla dolazi do zapunjenja najužiših pora tla vodom  $\Rightarrow$  uzrok površinski napon

c) **Gravitacijska voda** – u dijelu tla koje je stalno zasićeno (ispunjeno) vodom kreće se pod dejstvom sile **g**

formira se kada se zaustavi poniranje vode zbog vodonepropusnog sloja vodonepropusni sloj = podina npr. kompaktna stijena, zbijena glina gravitacijska voda se zove imenom **PODZEMNA VODA**

21



Voda u tlu

- A – adhezijska voda    B – kapilarna voda    C – gravitacijska voda
- 1-upijanje            2-čestice tla            3-higroskopska vlaga 4-zrak i vodena para
- 5-opnena vlaga        6-zasićena kapilarna voda    7-gravitacijska voda

22

### VEGETACIJA

- Biljni pokrivač sliva  $\Rightarrow$  bitan za režim oticanja
- Biljni pokrivač (šume, trava ...) zadržava dio **P**  $\Rightarrow$  utiče na vodni bilans
- Vegetacija djeluje na smanjenje ukupne količine vode koja otiče sa sliva
- Biljni pokrivač značajan u sprječavanju **erozije zemljišta**

- Zadržavanje **P** na vegetaciji u početku veće  $\Rightarrow$  opada sa trajanjem **P**
- Vegetacija bitno utiče na smanjenje oticaja kod prosječnih **P**
- Listopadno drveće: zadržavanje **P** u jesen i zimu relativno slabo
- Više **P** zadržavaju četinari

- Biljni pokrivač utiče na raspored, zadržavanje i topljenje snijega
- Snijeg sa vegetacije (biljni pokrivač) brže se topi i isparava
- Snijeg pod zaštitom šume sporije topi i duže se zadržava

23

### UTICAJ LJUDSKOG RADA

- Dvije grupe uticaja ljudskog rada na hidrološke pojave unutar slivnog područja:
  - 1) uticaji koji proizlaze iz ljudske aktivnosti u šumarstvu, urbanizmu ...
  - 2) uticaji iz gradnje **HG** (odbrambeni nasipi od polava, regulacija korita ...)

- Ljudska aktivnost znatno utiče na hidrološke procese



24

Izrazi za definisanje riječnog toka i riječnog sliva:

$$F = k \cdot L_t^n$$

F=površina sliva ;  $L_t$ =dužina rijeke ; k, n = parametri  
 $k_s = 0,58$   
 $k > 0,80$  za široke (okrugle) slivove  
 $0,40 < k < 0,80$  za srednje slivove  
 $k > 0,40$  za uske (izdužene) slivove

$$B = F / L_s$$

B=srednja širina sliva ;  $L_s$ =dužina sliva (L od najdalje izvorišne tačke na vododjelnici do izlaznog profila)

$$K_l = L_l / L_d$$

$K_l$ =koeficijent krivudavosti toka ;  $L_l$ =ukupna L lijevih pritoka ;  
 $L_d$ =ukupna L desnih pritoka

25

## FIZIČKO-GEOGRAFSKE KARAKTERISTIKE SLIVA

1. Geografski položaj
2. Klima
3. Geološka građa terena
4. Zemljište
5. Vegetacioni pokrivač
6. Reljef

F-G K sliva → važan uticaj na proces formiranja riječnog oticaja u slivu



26

### •Geografski položaj sliva:

- određen geografskim koordinatama između kojih se nalazi (B i L)
- prostorni položaj promatranog sliva prema drugim slivovima

### •Klimatski uslovi:

- često najvažniji faktori koji utiču na vodni režim
- ukupne padavine i njihov režim, prostorni raspored t vazduha, vlažnost

### •Geološka građa:

- karakter i veličina PV
- gubitke P na infiltraciju
- pojava močvara . . .

27

### •Reljef:

- utiče na količinu i raspodjelu padavina u riječnom slivu
- utiče na t vazduha
- utiče na uslove oticaja sa slivne površine
- bitan uticaj na režim riječnog oticaja

### •Vegetacioni pokrivač:

- vegetacija i njena rasprostranjenost
- bitno znati položaj šumske vegetacije (gornji, srednji ili donji dio sliva)
- stepen poljoprivredne obradivosti
- urbanizacija



28

#### Koeficijent pošumljenosti sliva ( $K_s$ ):

- kvantitativna karakteristika zastupljenosti šumske vegetacije u slivu
- $K_s \Rightarrow$  odnos površine pod šumom i ukupne površine sliva

#### Koeficijent jezernosti ( $K_j$ ):

- kvantitativna karakteristika zastupljenosti jezera i močvara u slivu
- $K_j \Rightarrow$  odnos površine pokrivenosti jezerima ili močvarama i ukupne pov.



29

#### RIJEČNE DOLINE I RIJEČNO KORITO

- Riječna dolina**  $\Rightarrow$  ravničarski pojas uz rijeku koji se karakteriše padom prema ušću
- Riječne doline  $\Rightarrow$  veličine veoma različite
- Inundacija**  $\Rightarrow$  površina riječnih dolina koje se plave pri pojavi **VV** (poplava)
- **Riječno korito:**
  - dio riječne doline kroz koji protiče riječni tok
  - $Q$  promjenjivo u  $t \Rightarrow$  promjena veličine i oblika riječnog korita
- Minor korito**  $\Rightarrow$  protiču srednje i male vode u riječnom koritu (aktivno cijelu godinu)
- Major korito**  $\Rightarrow$  pri **VV** izlivanje vode iz minor korita u inundaciju

  
korito za propuštanje **VV**

30

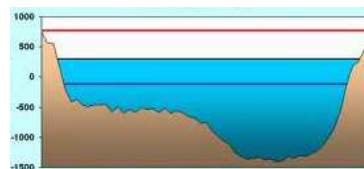
- Prirodni vodotok nema const. dubinu vode duž toka  
uticaj karakteristika materijala kroz koje voda protiče ili ih pronosi (nanos)

- IZOBATE**  $\Rightarrow$  linije koje u horizontalnom planu pokazuju iste dubine toka
- SPRUDOVI**  $\Rightarrow$  stabilno formirani riječni pragovi nastali zbog taloženja nanosa uglavnom poprečno na riječni tok  
postavljeni visoko  $\Rightarrow$  tok rijeke iznad njih je plitak
- RIJEČNA OSTRVA**  $\Rightarrow$  posljedica taloženja nanosa u riječnom koritu  
pojava vegetacije na ostrvima  
od obale odvojeni riječnim tokom ili rukavcima
- RUKAVAC**  $\Rightarrow$  dio rijeke koji je ostrvom odvojen od osnovnog toka
- MEANDRI**  $\Rightarrow$  dijelovi toka znatno udaljeni od glavnog toka riječnim ostrvom  
male dubine i male  $v$  toka  $\Rightarrow$  mala propusna moć

31

#### Poprečni profil riječnog korita i njegove karakteristike:

- Poprečni profil riječnog korita:**
  - površina upravna na riječni tok
  - površina ograničena kosinama obala, dnom i nivoom vode odozgo
  - određuje propusnu moć riječnog korita
  - utiče na raspored  $v$ , na pad, pravac tečenja itd



32

•Elementi poprečnog presjeka riječnog korita:

1. površina poprečnog presjeka korita do max. nivoa
2. površina poprečnog presjeka korita u momentu mjerenja
3. površina vodnog ogledala

•Bitni parametri poprečnog presjeka riječnog toka:

- okvašeni obim L konture kontakta vode i tla
- srednja dubina površina poprečnog presjeka / širina toka
- hidraulički radijus površina poprečnog presjeka / okvašeni obim



33