

# Карактеристике природних водотока са становишта пловидбе

## Природни режим водотока:

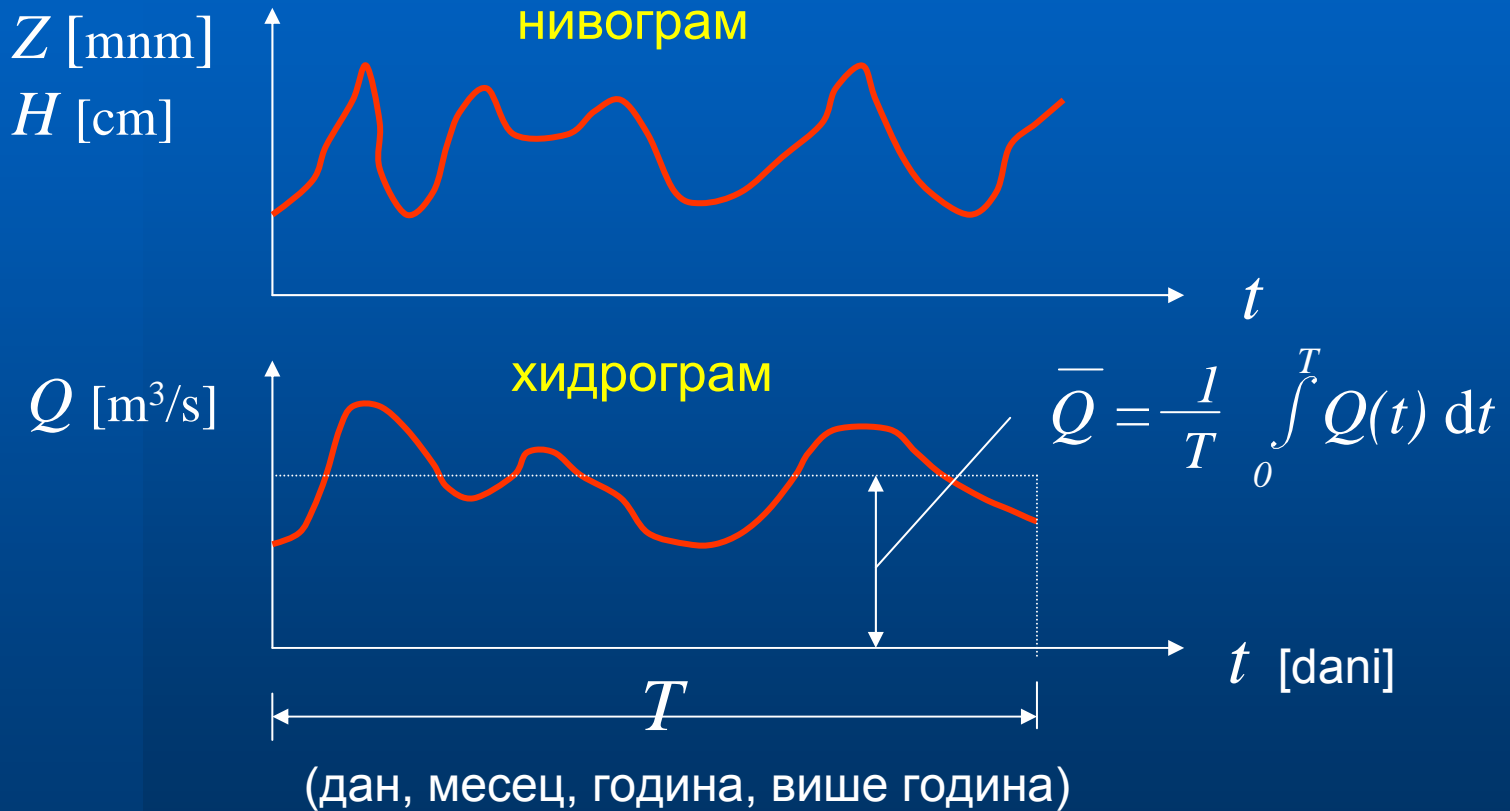
- обухвата хидрауличке, псамолошке, морфолошке, ... појаве
- има стохастички (случајни) карактер
- ретко одговара захтевима водног саобраћаја

## Мере за уређење водотока за потребе пловидбе

- сложеност
- велике инвестиције
- дуготрајност / континуитет (одржавање)

# Хидролошке карактеристике

хронолошки дијаграми



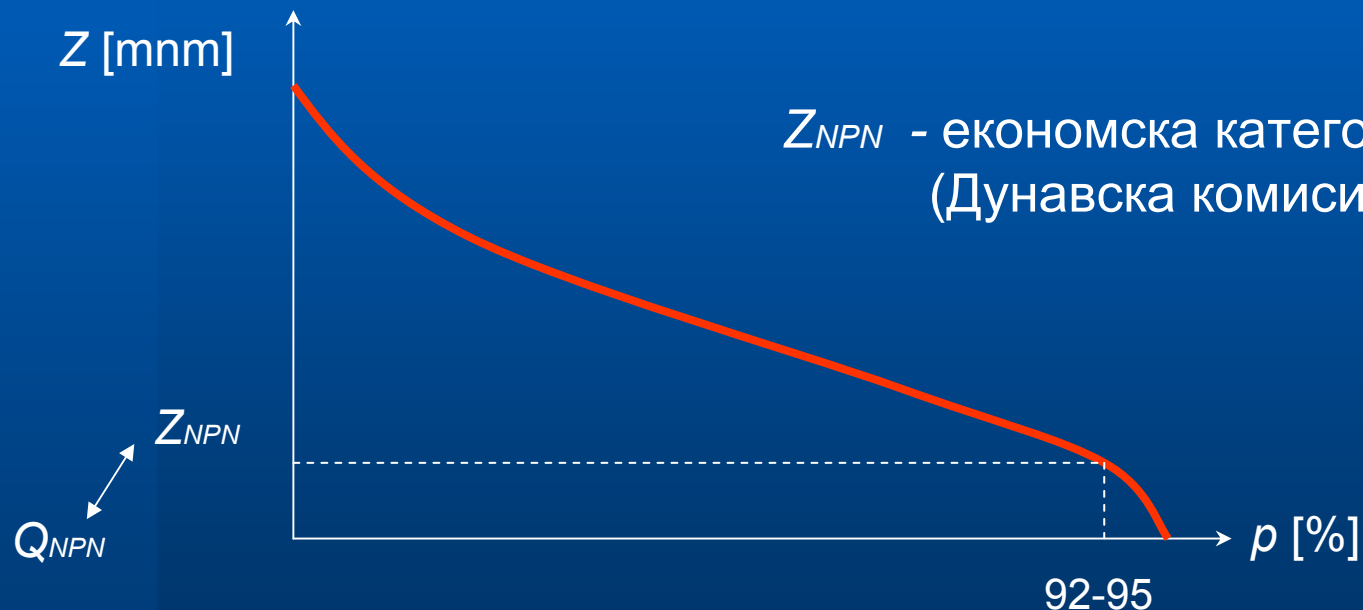
# Статистичка обрада временских серија



**Хидролошке прогнозе** – екстраполација осмотреног низа екстремних вредности на временски период који је дужи од периода осматрања; у том циљу се криве емпиријске расподеле (трајања), избором погодне математичке релације, трансформишу у праву линију.

# Ниски пловни ниво “NPN”

крива заступљености  
за вишегодишњи период  
осматрања водостаја



# Високи пловни ниво “VPN”

Дефинише се у односу на:

- високи водостај изабране вероватноће појаве (1%, 0.1%)
- коту доње ивице мостовске конструкције (“ДИК”)

# Лед на рекама

## Статистичка обрада:

### Подаци (профили в.с.):

- датум појаве леда
- појава ледостаја
- појава ледохода
- датум краја појаве леда

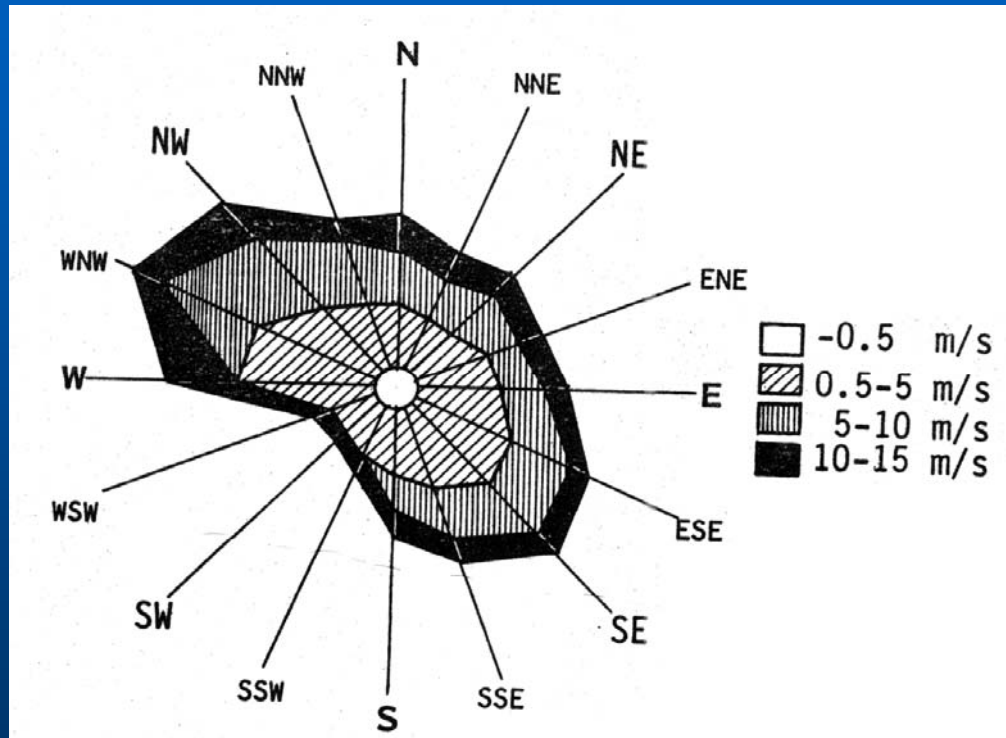
- **екстремна стања**
  - најранији и најкаснији датум
  - ослобађања реке од леда
  - најкраће и најдуже трајање
- **средње вредности**
  - датум пуцања ледене коре
  - трајање ледостаја и ледохода
- **вероватноће појаве**

# Метеоролошке карактеристике

## Ветар

- **мерења** брзине *анемометром* у мет. станицама
- **статистичка обрада:**
  - апсолутне максималне брзине (1-13 степена Бофора)
  - средње брзине по правцима
  - учесталост праваца и тишина
  - графички приказ преко “ружа ветрова”
- **критичне вредности** се дефинишу за сваку пловну реку
  - Дунав - узводна пловидба: 6 бофора (10.4 m/s)
  - низводна пловидба: 8 бофора (18.2 m/s)

# Ружа ветрова





# Метеоролошке карактеристике

## Магла

- кондензована водена пара у ваздуху
- “замућеност” ваздуха која смањује видљивост на испод 1 km

### Подела:

- слабе магле (< 1000 m)
- умерене (< 500 m)
- јаке (< 200 m)

### Критична видљивост – Дунав:

- узводна пловидба: 500 m
- низводна пловидба: 800 m (обе обале)

### Статистичка обрада:

- просечан број дана у току године са маглом одређеног интензитета
- број појаве и трајање у сатима
- карактеристични периоди у току године

# Хидрауличке карактеристике

## Природни режим:

- турбулентно (просторно, неустаљено) течење
- промењљивост граница (нивоа воде и речног дна)
- утицаји секундарних струјања (центрифугално, рециркулационо)
- просторна промењљивост рапавости (хидраул. отпора)

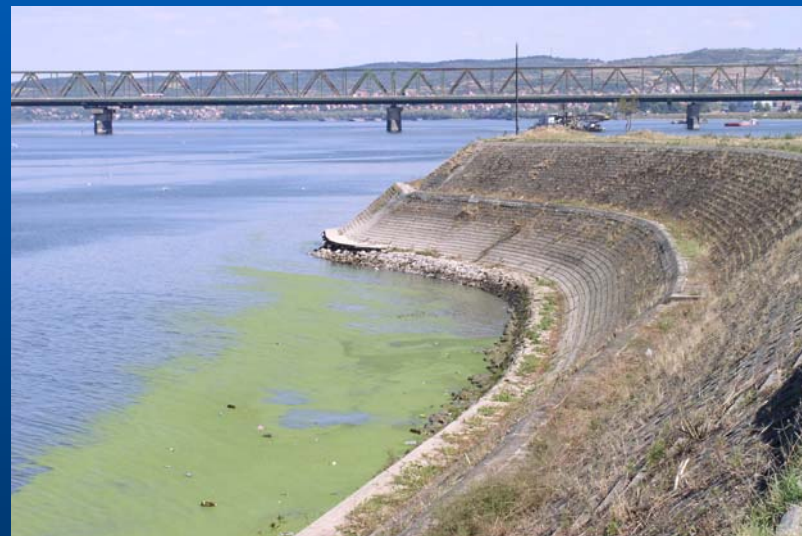
## Проблеми:

- брзине у близини пловног пута
- приступ преводницама и пристанима
- пловидбени услови на улазу у пристаниште

## Методе

- рачунски модели (1D, 2D)
- хидраулички – физички модели

# Струјна слика на улазу у Луку “Београд”



# Морфолошке карактеристике

## Природни режим

- промењљивост корита у простору и времену
- сложена интеракција воде и наноса

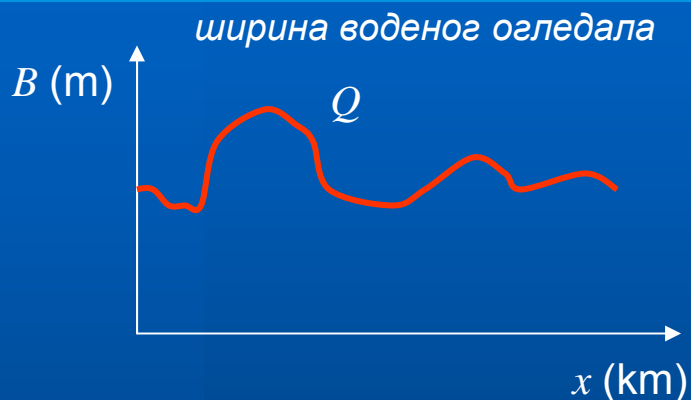
## Проблем

- успостављање пловног габарита
- одржање пловног габарита (спрудови, плићаци, пролоке, ...)
- унапређење сигурности пловидбе

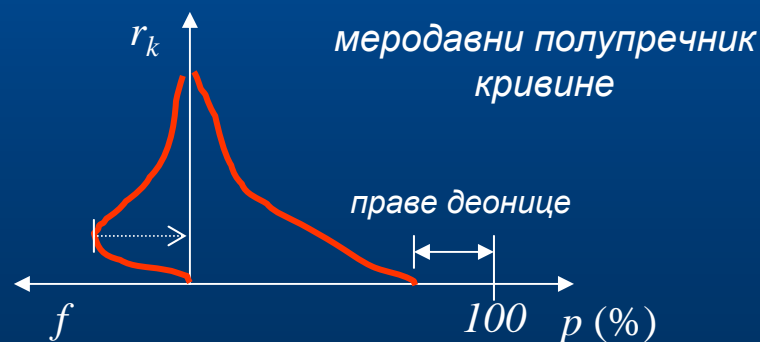
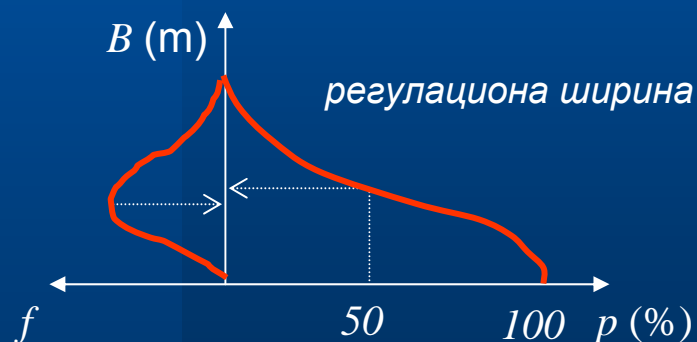
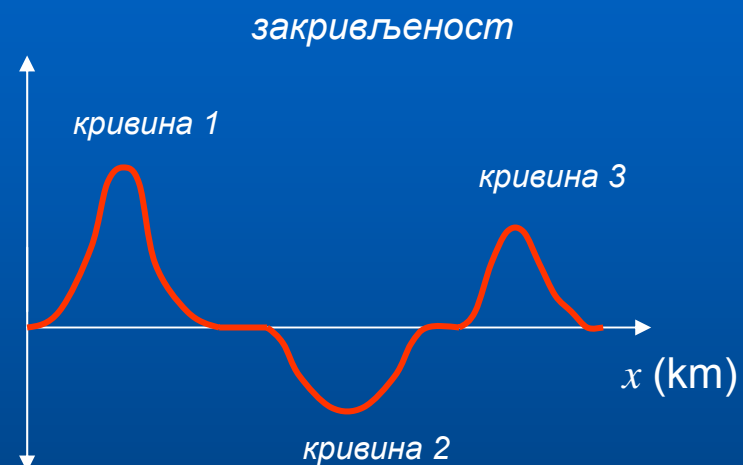
## Методе

- “угледних деоница”
- статистичке

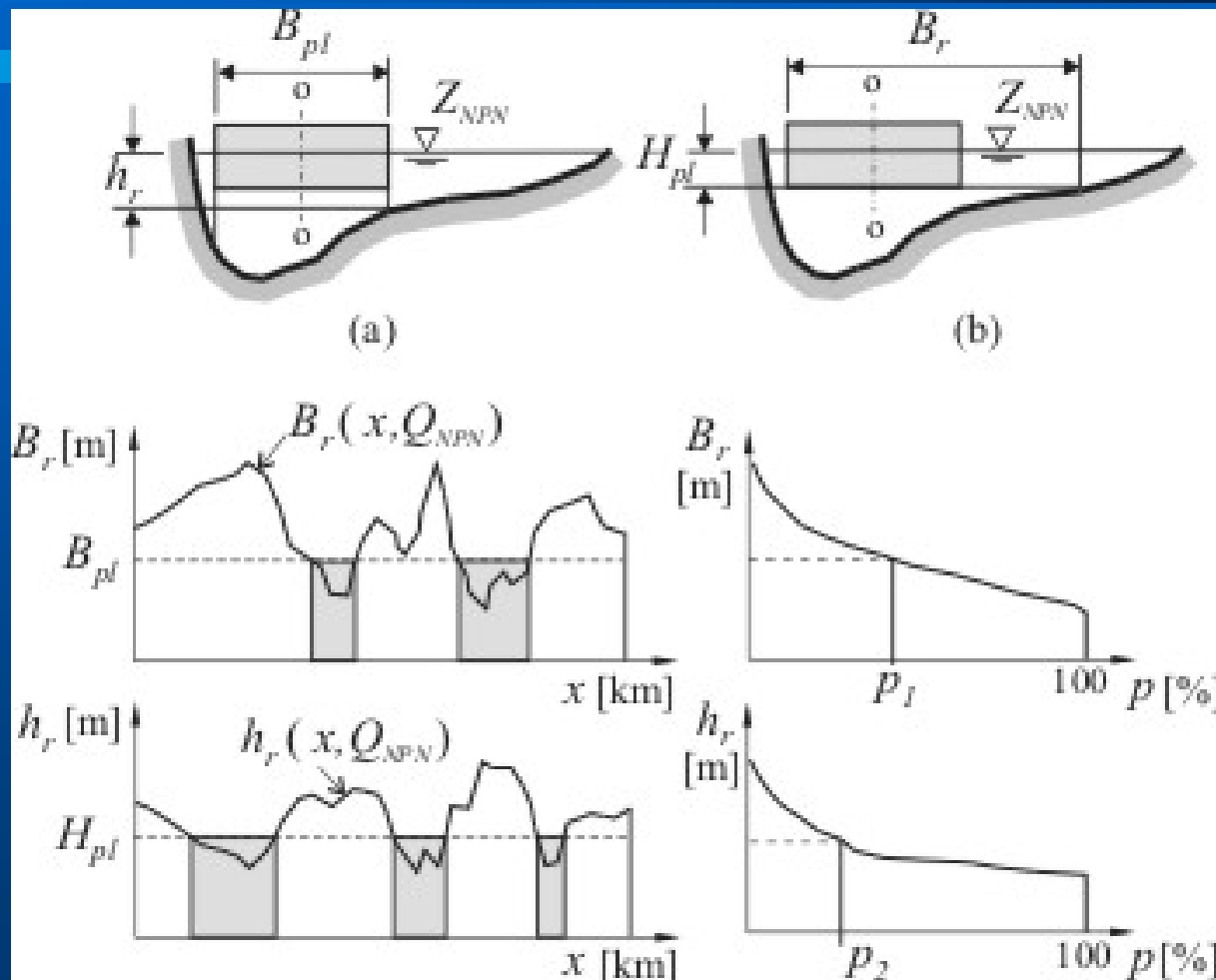
# Уздужни морфолошки дијаграми и статистичка обрада морфолошких (просторних) серија



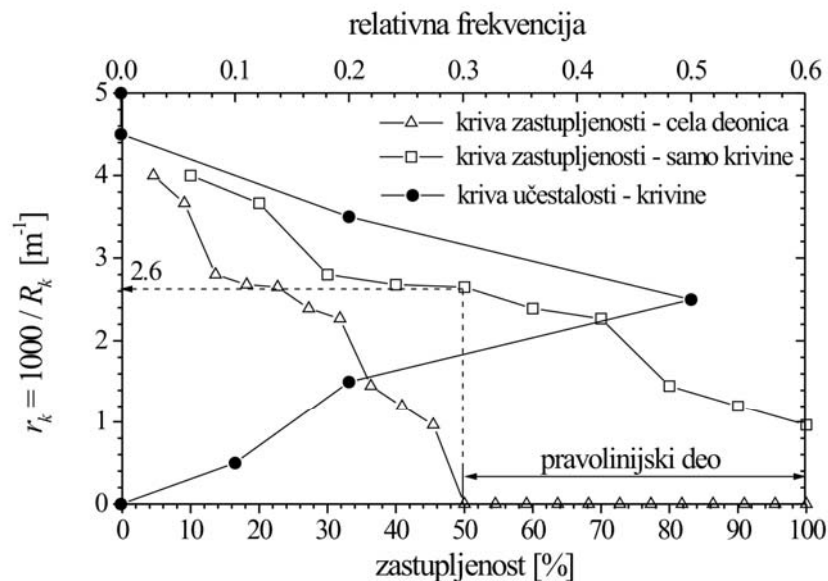
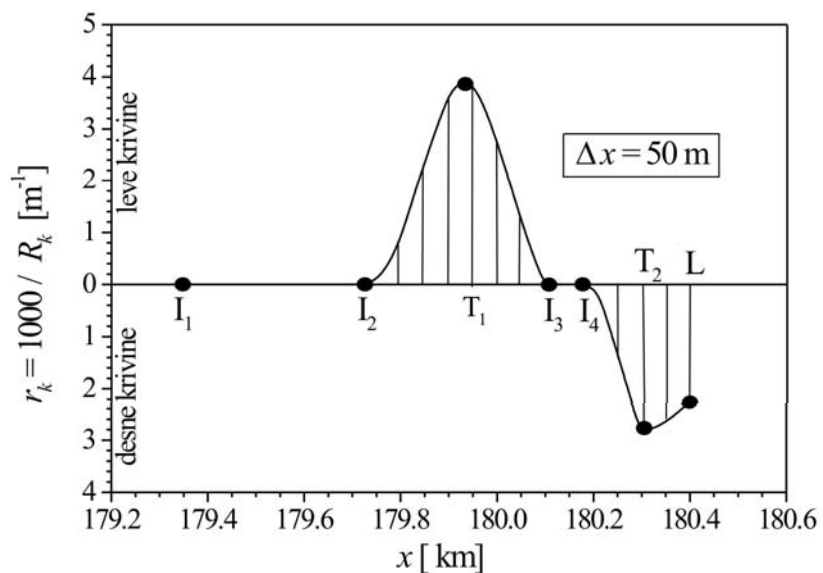
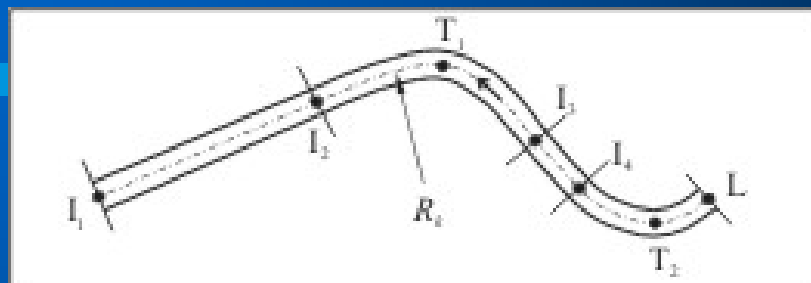
$$r_k = R_k^{-1}$$



# Статистичка анализа пловности водотока - 1



# Статистичка анализа пловности водотока - 2



# Одређивање навигационог периода





# Мере уређења водотока за потребе пловидбе

1. Регулациони радови и грађевине у кориту
2. Каналисање водотока (изградња низа степеница-брана)
3. Измена хидролошког режима (акумулација у горњем току)

# Регулациони радови и грађевине

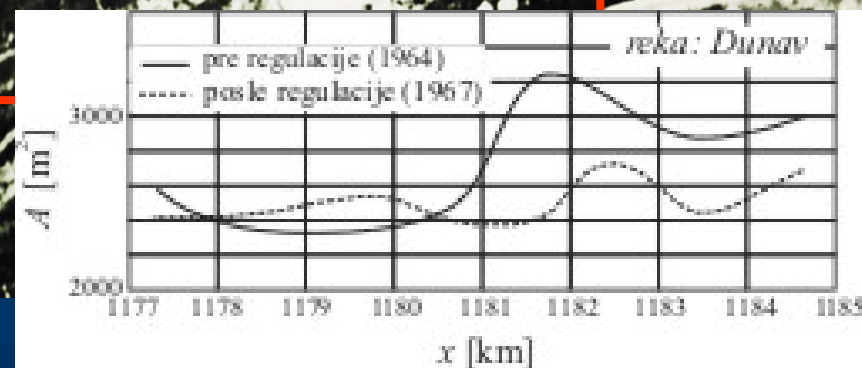
напер са крилима  
сектор “Нештин-Сусек”, км 1290



преграда у рукавцу  
сектор “Мохово”, км 1309

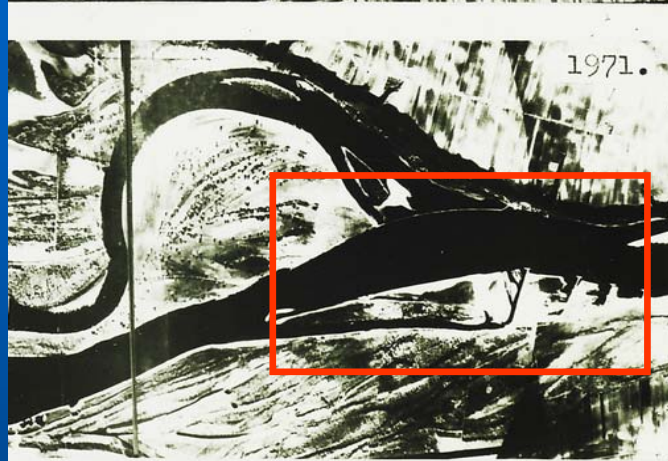


Beljarica(km 1185-1180) 1971.

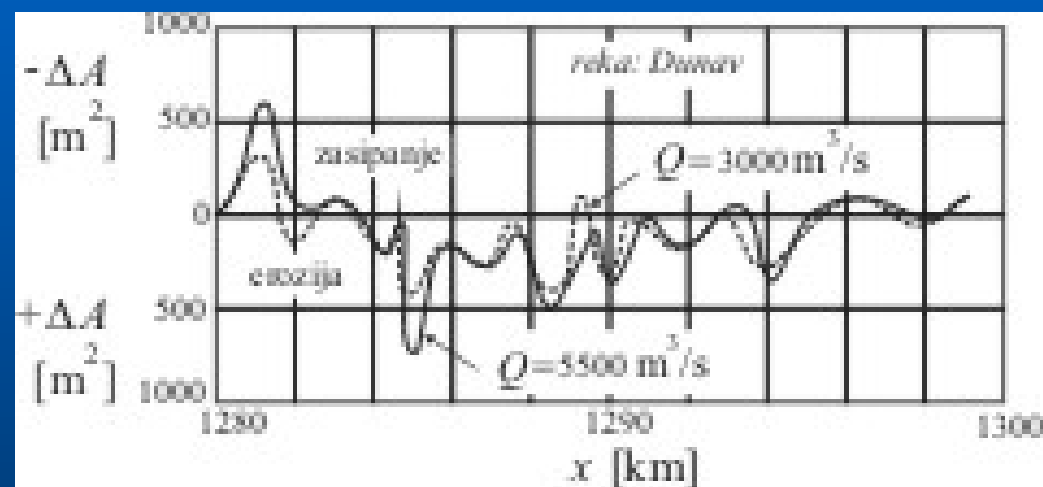


ефекти система напера





ефекти система напера и  
преграђивања рукавца





# Сужење корита системом напера и багерски радови на реци Вал (Vaal) у Холандији



# Каналисање водотока

## Основне поставке

- комплексно коришћење водотока (пловидба, енергетике, ...)
- дисконтинуитет нивоа – објекти за савлађивање денивелације
- бетонске бране / покретне бране (за пловидбене сврхе)
- одстојање између брана (степеница): техничко-економска категорија
- контролисани (вештачки) режим нивоа и протока
- негативне последице на режим наноса узводно и низводно од бране

# Измена режима у зони горње воде

- хидраулички: успор, смењење брзина, ...
- хидролошки: трајно повишење водостаја у реци и нивоа подз. вода
- псамолошки: заустављање вученог наноса, таложење суспендованог, сегрегација по крупноћи, ...
- морфолошки: временом се дно издиже услед наносних наслага
- режим таласа: погодни услови за стварање таласа од ветра
- режим леда: погорашано стање услед смањења брзине и проблема евакуације леда преко бране

## Проблем засипања акумулација !

Ђердап 1:

ушло:  $470 \times 10^6 \text{ t}$  ( у просеку  $17.0 \times 10^6 \text{ t/god}$  )

изашло:  $80 \times 10^6 \text{ t}$  ( у просеку  $2.8 \times 10^6 \text{ t/god}$  )

задржано:  $390 \times 10^6 \text{ t}$  ( у просеку  $13.4 \times 10^6 \text{ t/god}$  ) ~80%

# Измена режима у зони доње воде

- хидраулички: зависи од рада ХЕ, брзина тока се мора ограничити ...
- хидролошки: снижење нивоа у реци и нивоа подземних вода
- псамолошки: вишак енергије тока, ерозија корита, сегрегација по крупноћи, ...
- морфолошки: дубинска, регресивна ерозија
- режим таласа: нема промене
- режим леда: побољшано стање непосредно низводно од бране

## Утицај на пловидбу

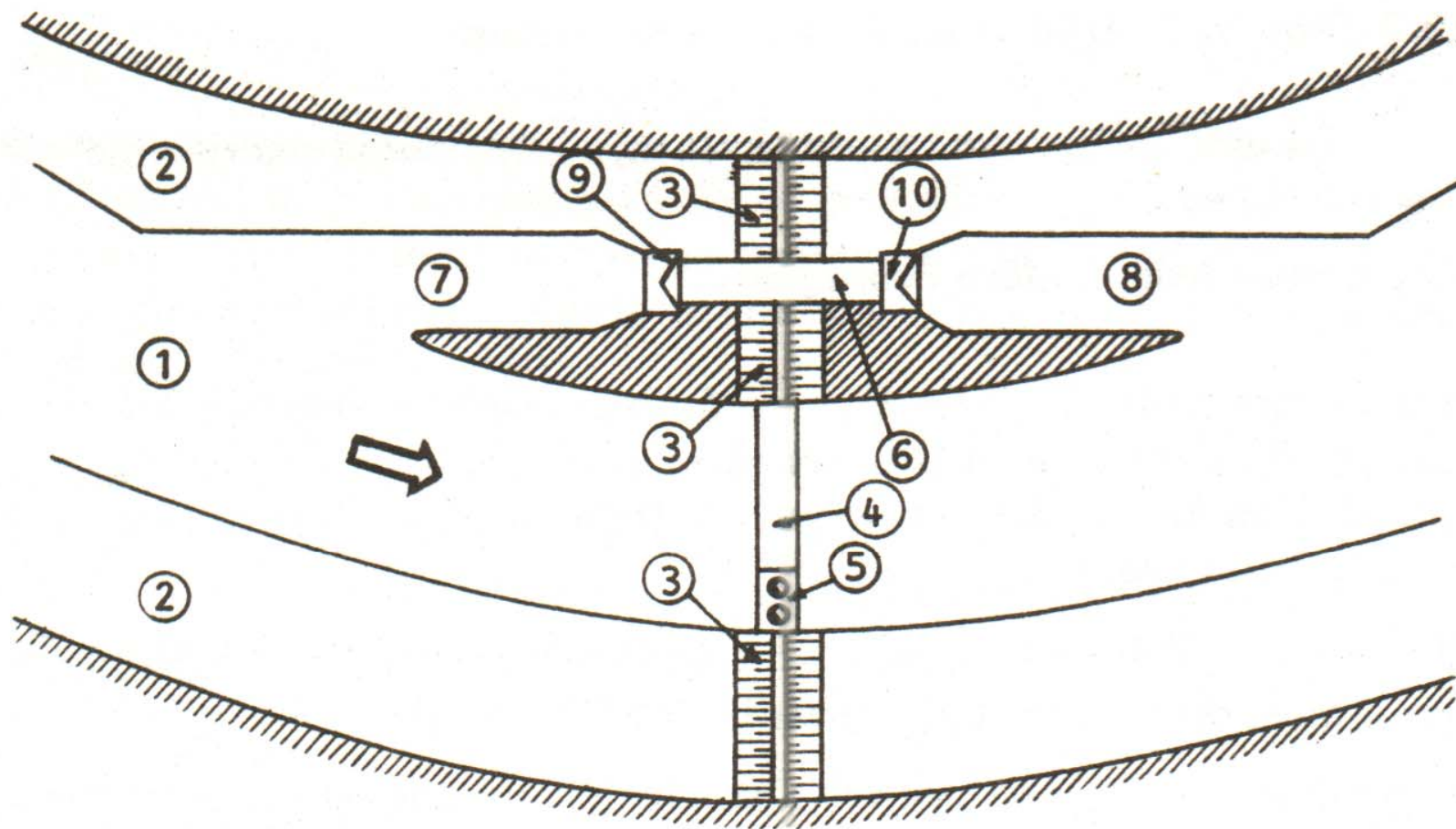
- узводно се услови побољшавају (повећане дубине и ширине, скраћена траса)
- капацитет пловног пута зависи од пропусне моћи преводница
- трајање навигационог периода се може смањити (ледостај, таласи, ...)
- ометање пловидбе испуштањем воде из ХЕ и преводница
- морфолошке промене изискују стално осматрање пловног коридора



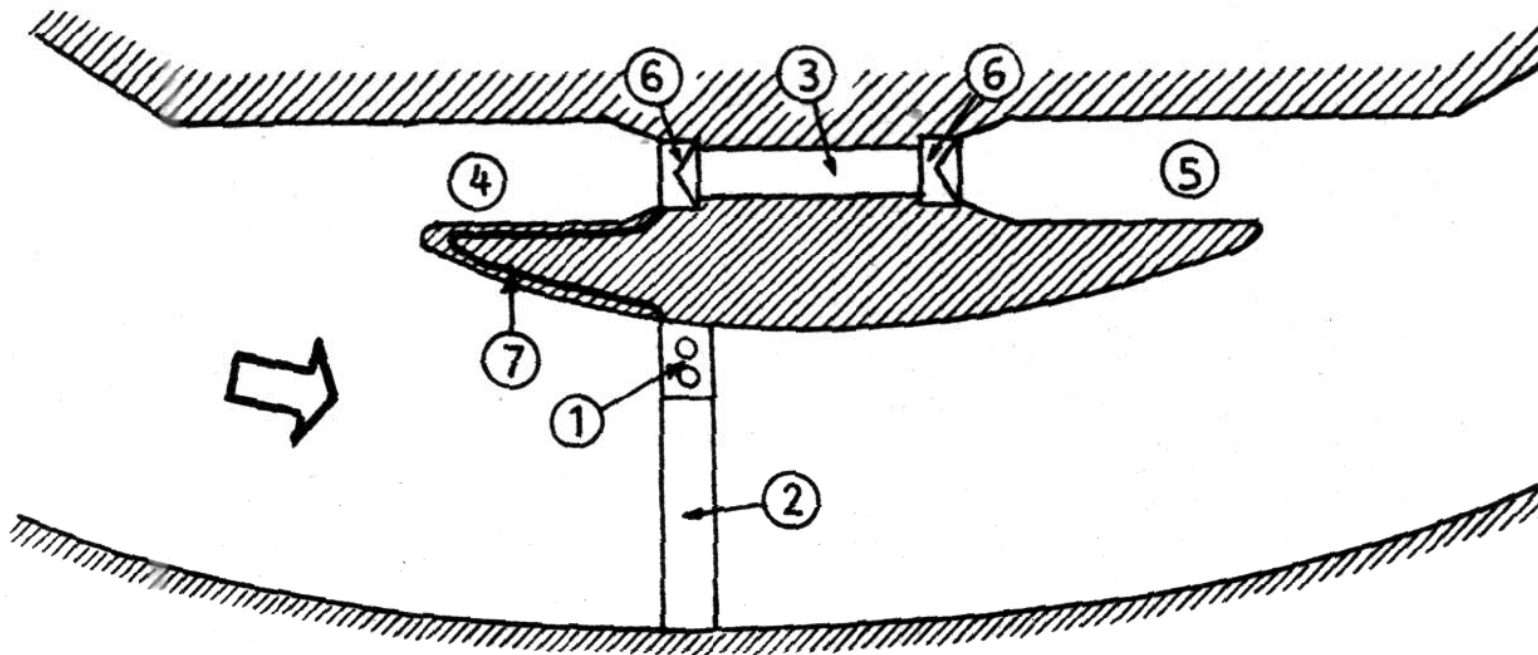
# Хидрочвор

... скуп хидротехничких објеката  
за вишенаменско коришћење водотока

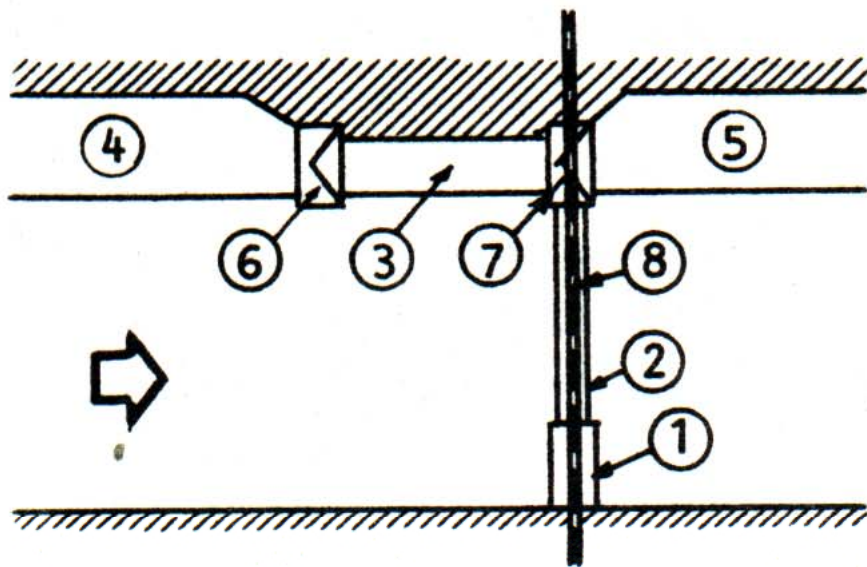
- брана
- преводница
- хидроелектрана
- водозахват
- (пумпна станица)



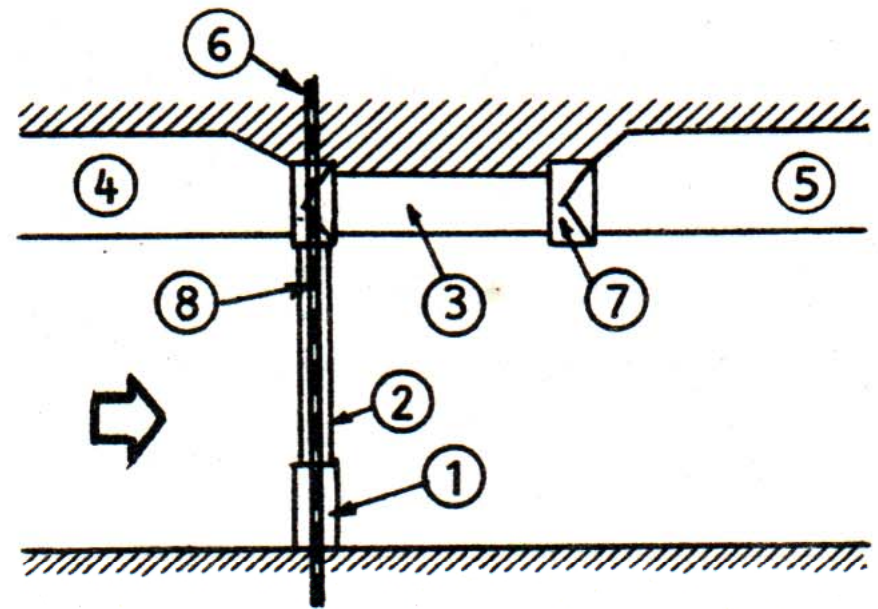
Shema hidročvora u širokom ravničarskom koritu. (1) - glavno korito; (2) - korito za velku vodu - inundacija; (3) - zemljani deo brane - neprelivni deo; (4) - betonski - prelivni deo brane; (5) - hidroelektrana; (6) - brodska prevoznica; (7) - uzvodni prilazni kanal; (8) - nizvodni prilazni kanal; (9) - gornja glava brodske prevoznice; (10) - donja glava brodske prevoznice.



Shema hidročvora u uskom rečnom koritu u krivini. (1) - hidroelektrana; (2) - brana; (3) - brodska prevodnica; (4) - uzvodni prilazni kanal; (5) - nizvodni prilazni kanal; (6) - glava brodske prevodnice; (7) - usporni nasip.



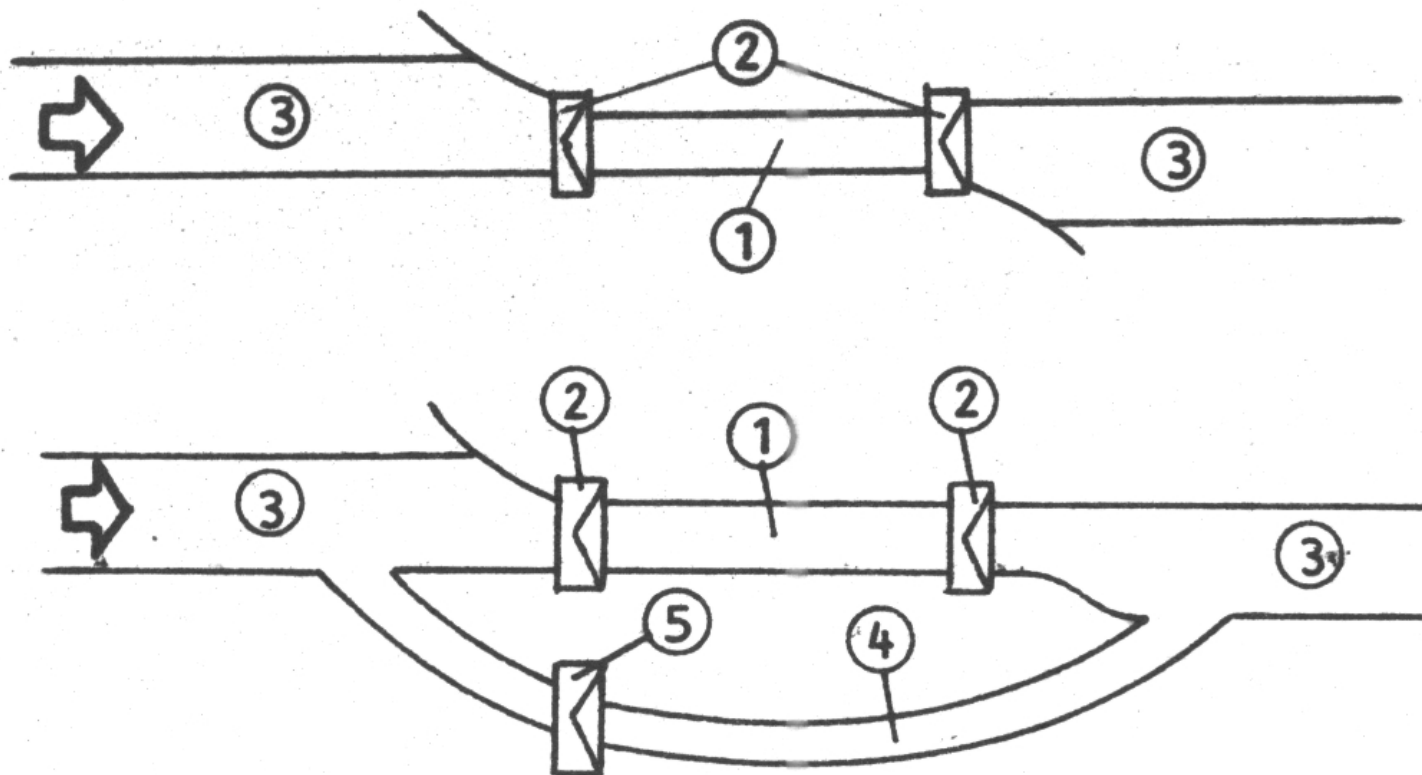
a) Šema hidročvora sa branom u produžetku donje glave



b) Šema hidročvora sa branom u produžetku gornje glave

Šema hidročvora na pravolinijskom delu rečnog toka sa uskim koritom. (1) - hidroelektrana; (2) - brana; (3) - brodska prevodnica; (4)-(5) - nizvodni prilazni kanali; (6) - gornja glava brodske prevodnice; (7) - donja glava brodske prevodnice; (8) - suvozemna saobraćajnica.



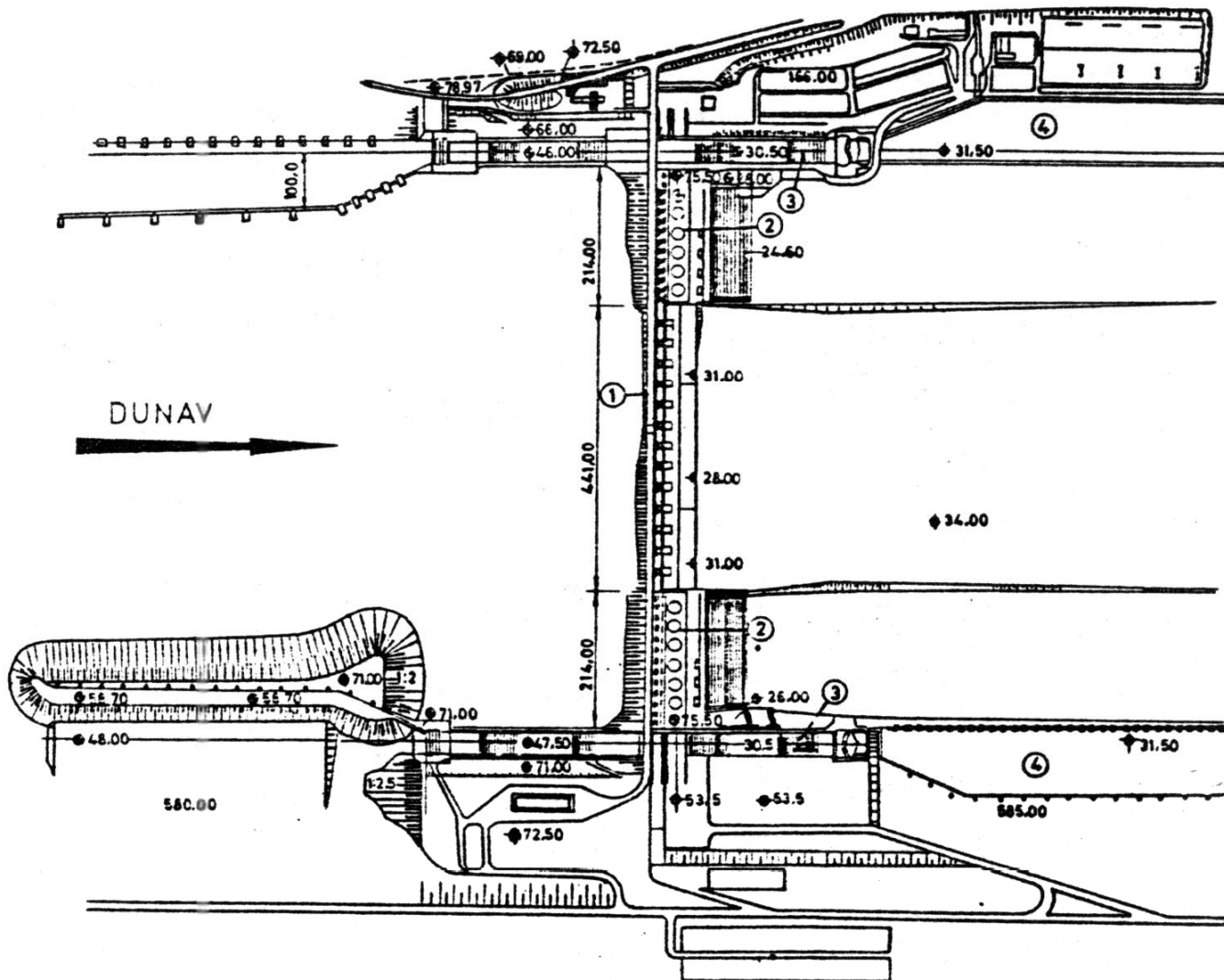


**Shema hidročvora na plovnom kanalu. (1) - brodska prevodnica; (2) - glava brodske prevodnice; (3) - plovni kanal; (4) - derivacioni kanal; (5) - ustava.**



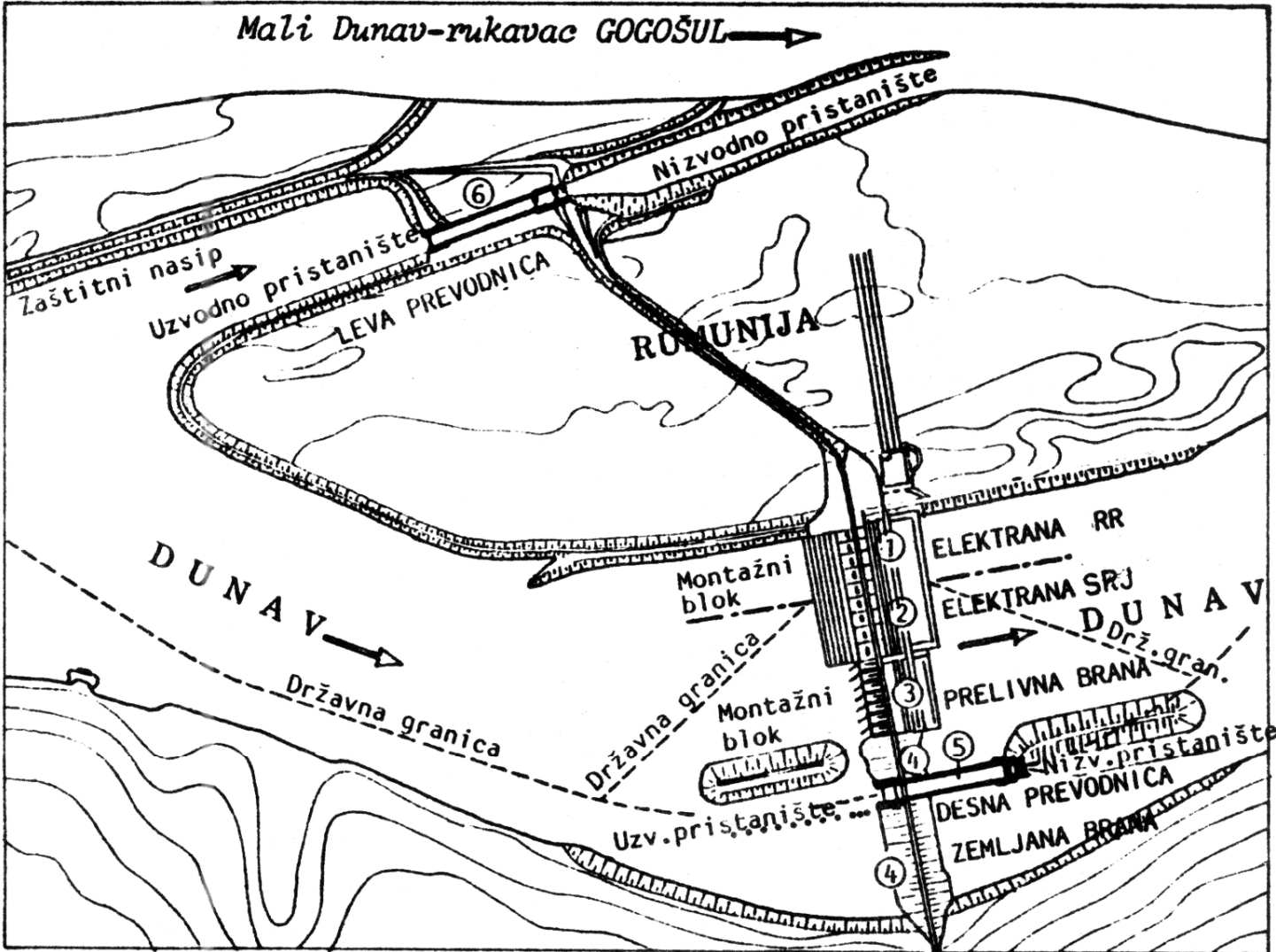


# ХЕПС “Ђердап 1”



Opšta dispozicija hidročvora HEPS Derdap.

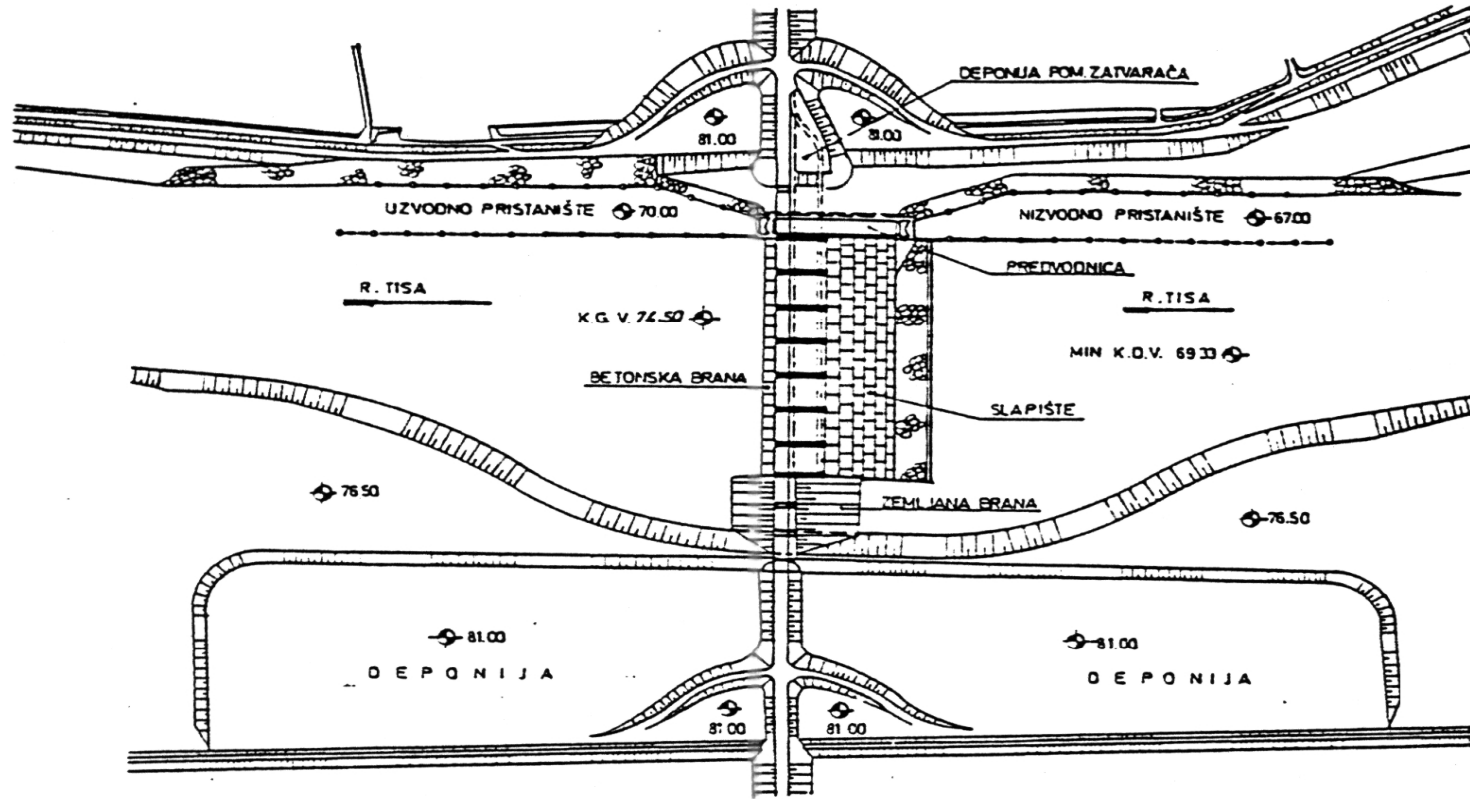
- (1) - prelivni deo brane;
- (2) - elektrane;
- (3) - prevodnice;
- (4) - prilazni kanali.



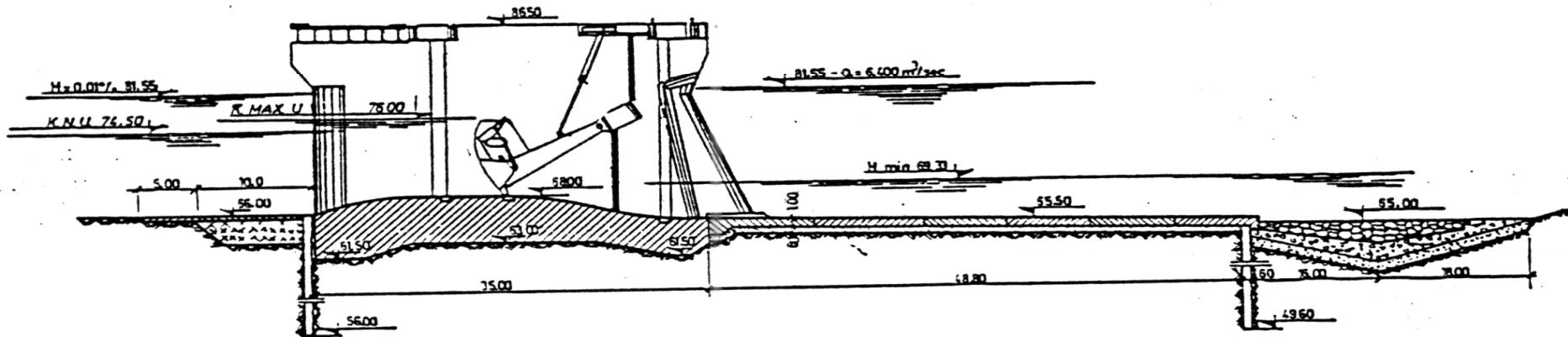
Dispozicija HEPS Đerdap II

- |                            |                             |
|----------------------------|-----------------------------|
| 1. Rumunska elektrana      | 4. Zemljana brana           |
| 2. Jugoslovenska elektrana | 5. Jugoslovenska prevodnica |
| 3. Prelivna brana          | 6. Rumunska prevodnica      |





Opšta situacije brane na Tisi, km. 62 + 988



# Измена хидролошког режима

