

# KORIŠTENJE VODNIH SNAGA



NESTACIONARNE POJAVE  
U SUSTAVU HE

|

PRIPADAJUĆA RJEŠENJA

# Osnovni ciljevi kod planiranja HE sa stajališta nestacionarnih pojava

---

- Prijelaz iz jednog u drugi stacionarni režim rada ili prijelaz iz rada u mirovanje ili obrnuto ostvariti u što kraćem vremenu
- Sve građevine HE dimenzionirati na ekstremna moguća stanja tijekom korištenja
- Omogućiti regulaciju rada
- Gornje zahtjeve ostvariti uz minimalna ulaganja

# Nestacionarne pojave

---

## □ POD TLAKOM

### ■ 1-dim:

- VODNI UDAR U CIJEVIMA HE
- OSCILATORNA GIBANJA U SUSTAVU TLAČNI CJEVOVOD-VODNA KOMORA

## □ SA SLOBODNOM POVRŠINOM

### ■ 2-dim:

- Valovi u dovodnim i odvodnim kanalima

### ■ 3-dim:

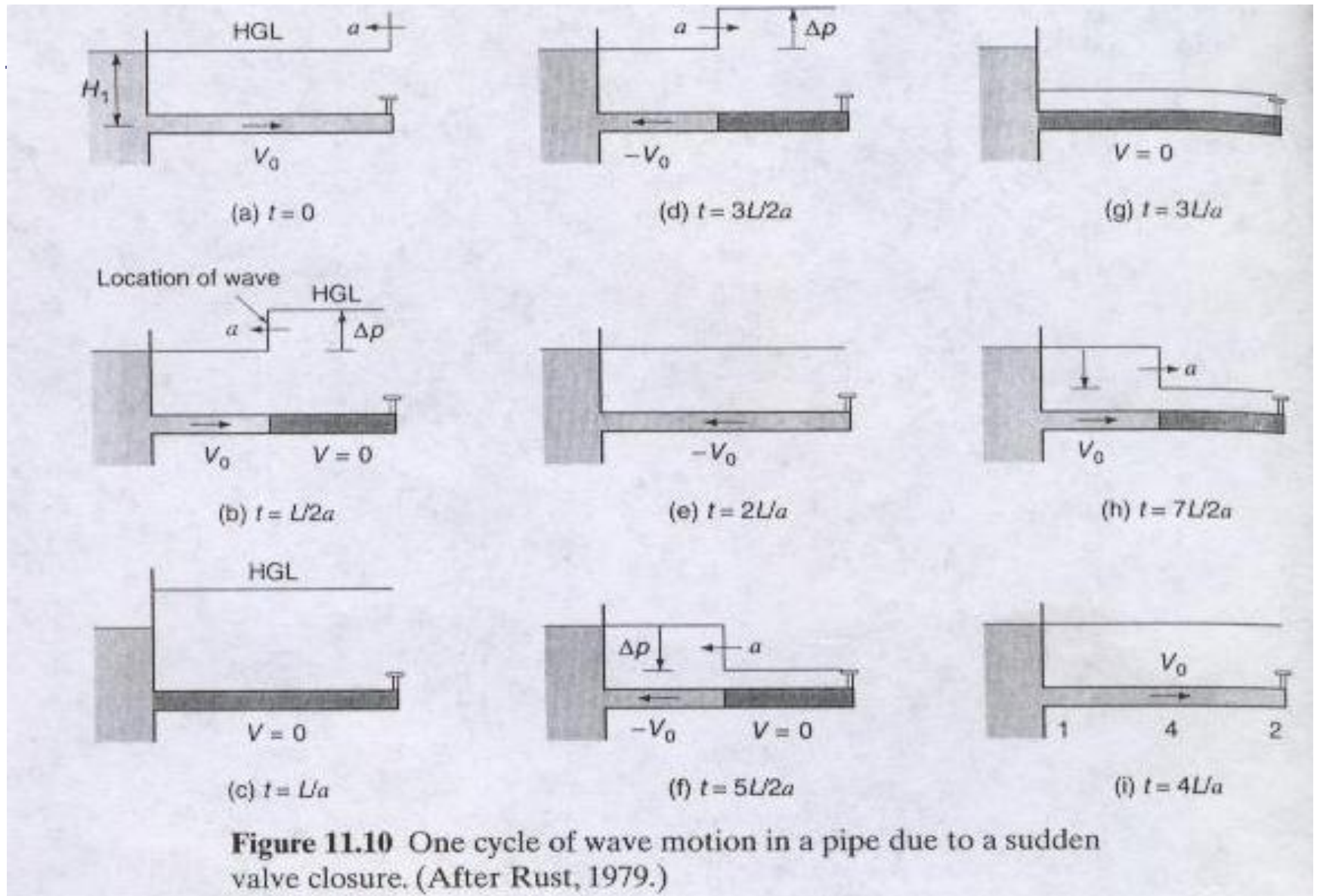
- Valovi u dovodnim i odvodnim kanalima u krivinama

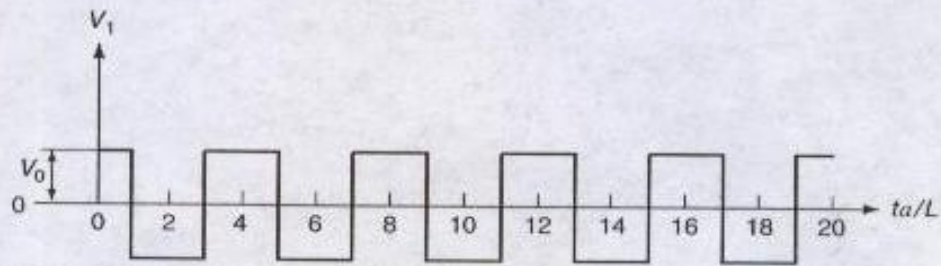
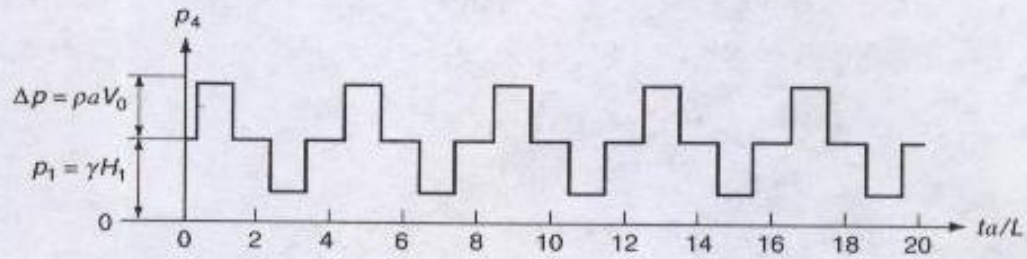
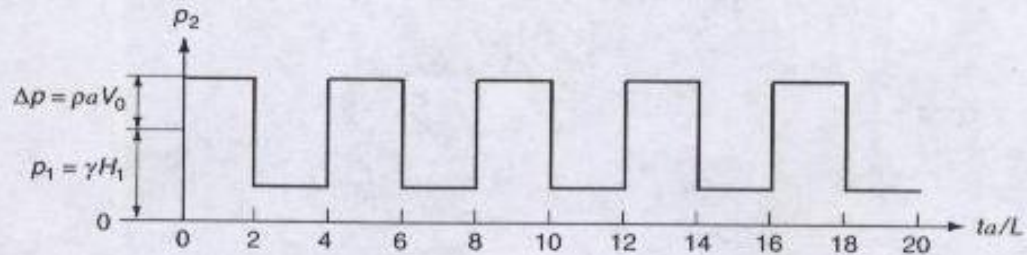
# Vodni udar

---

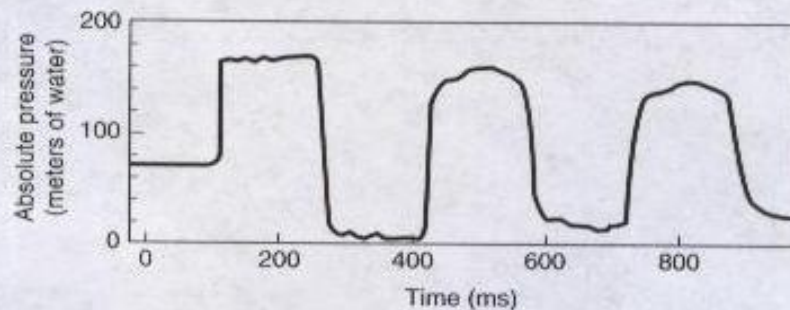
- fenomen širenja valova (val tlaka ili val brzine) sa odbijanjem na krajevima tunela i dijeljenjem na eventualnim račvama, kao i u točki priključka vodne komore
- javlja se kod derivacijskih HE s većim padovima, te su mjere zaštite složenije
- kod kraćih provodnika ne traži posebne mjere zaštite, te se u pravilu kod pribranskih HE ne razmatra

# Vodni udar kod trenutnog zatvaranja





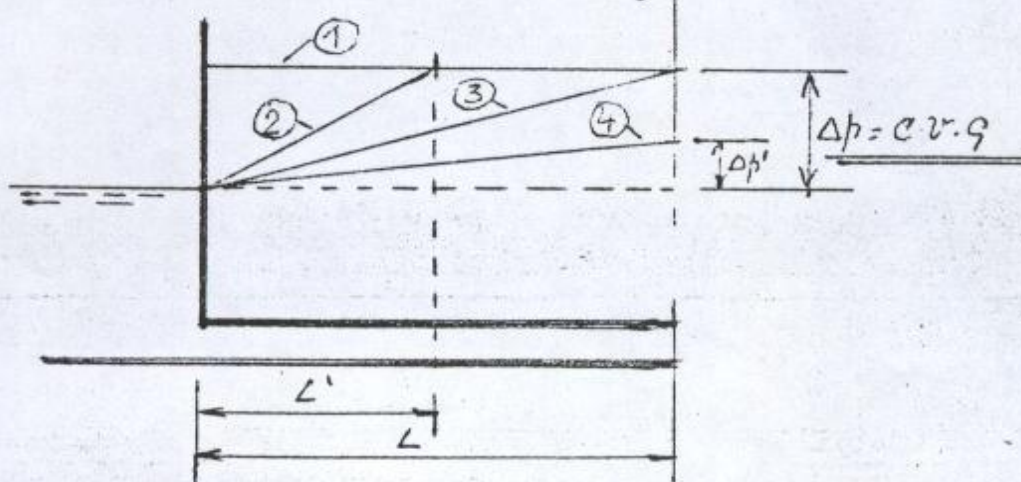
**Figure 11.11** Pressure waveforms at the valve ( $p_2$ ), pipe midpoint ( $p_4$ ), and velocity waveform at the entrance to the pipe ( $V_1$ ). (After Rust, 1979.)



**Figure 11.12** Pressure waveform at the valve for an actual pipe system following rapid valve closure. (After Martin, 1983.)

# Vodni udar kod postepenog zatvaranja

RASPORED PRITISAKA DUŽ CNEVI  
OVISI O VREMENU ZATVARANJA T



① ...  $T = 0$

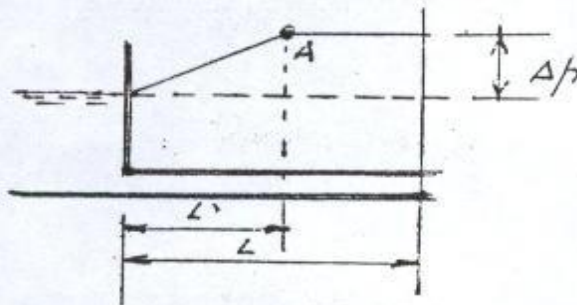
② ...  $0 < T < \frac{2L}{c}$

③ ...  $T = \frac{2L}{c}$

④ ...  $T > \frac{2L}{c}$

ČIM JE  $T > 0$  NA CNEVI UZ BAZEN  
SLOBODNE POVRŠINE  $\Delta p = 0$ .

DUŽINA POTEZA S REDUCIRANOM VELIČINOM VOD. UDARA



$T < \frac{2L}{c}$

iz:  $T = \frac{2L'}{c} \dots \underline{\underline{L' = \frac{cT}{2}}}$



# Mjere smanjivanja vodnog udara

---

- skraćivanje dužine dovoda
- povećanje vremena zatvaranja turbine
- izbor zakona zatvarača
- vodna komora
- sinhroni regulator kod niskotlačnih turbina



# VODNI UDAR UZ VODNU KOMORU

---

- VODNA KOMORA ISKLJUČUJE VODNI UDAR U DOVODNOM TUNELU
  - IMA ULOGU AKUMULACIJE ZA TLAČNU CIJEV
  - ZNATNO SMANJUJE NADTLAK U CIJEVI SKRAČUJUĆI UDALJENOST IZMEĐU ZATVARAČA I POVRŠINE ODBIJANJA

# PROBLEMI UZ VODNU KOMORU

---

- Penjanje vode u šahtu kod manevra zatvaranja
- Spuštanje vode u šahtu kod manevra otvaranja
- Podržavanje oscilacija od strane uređaja za regulaciju

# KVALITATIVNA ANALIZA OSCILACIJA MASA

---

- Nivo vode u vodnoj komori nepromjenljiv je samo kada je režim tečenja u dovodnom tunelu stalan – bilo kakav manevar na zatvaraču u vodnoj komori stvara oscilacije

SMANJENJE ili POVEĆANJE PROTOKA  
↓ ↓  
PORAST ili PAD TLAČNE VISINE

VODNA KOMORA PROLAZNO PREUZIMA ILI OSLOBAĐA OVU ENERGIJU PORASTOM ILI SPUŠTANJEM VODNOG NIVOVA

- Poslije nekog vremena uspostavlja se nova ravnoteža

# DIMENZIONIRANJE VODNE KOMORE

---

## □ POTPUNO TRENUTNO ZATVARANJE

- Najviši statički nivo
- Minimalni gubici u dovodnom tunelu i komori

## □ OTVARANJE

- Najniži statički nivo
- Max. gubici u dovodnom tunelu

# TIPOVI VODNIH KOMORA

---

- CILINDRIČNA
- S PRIGUŠENJEM
- DIFERENCIJALNA
- RAŠČLANJENA
- S PRELJEVOM



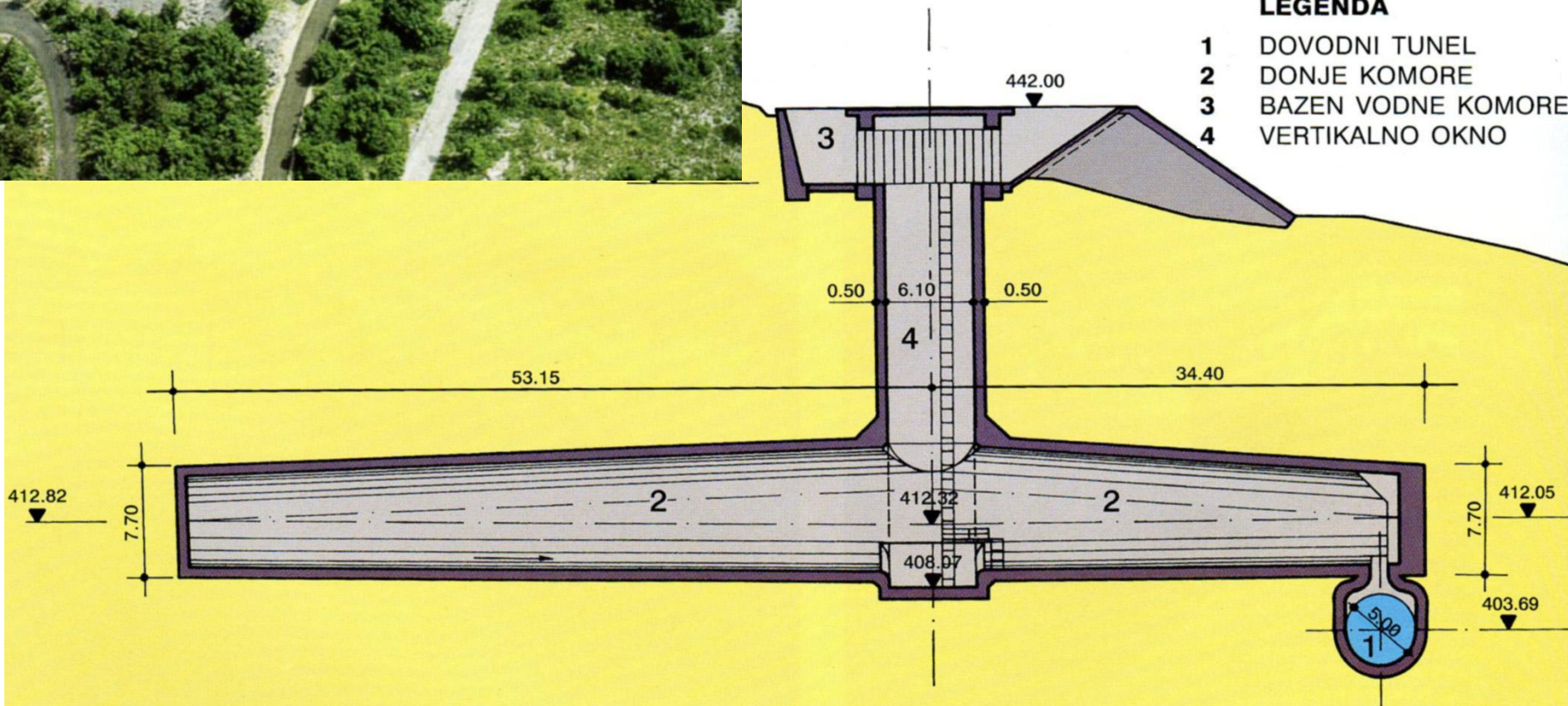
### LEGENDA

- 1 TUNEL GUSIĆ POLJE - HRMOTINE
- 2 VODNA KOMORA HRMOTINE
- 3 ZASUNSKA KOMORA
- 4 TLAČNI CJEVOVOD
- 5 STROJARNICA
- 6 ODVODNI TUNEL
- 7 IZLAZNA GRAĐEVINA
- 8 JADRANSKO MORE

# HE SENJ

### LEGENDA

- 1 DOVODNI TUNEL
- 2 DONJE KOMORE
- 3 BAZEN VODNE KOMORE
- 4 VERTIKALNO OKNO

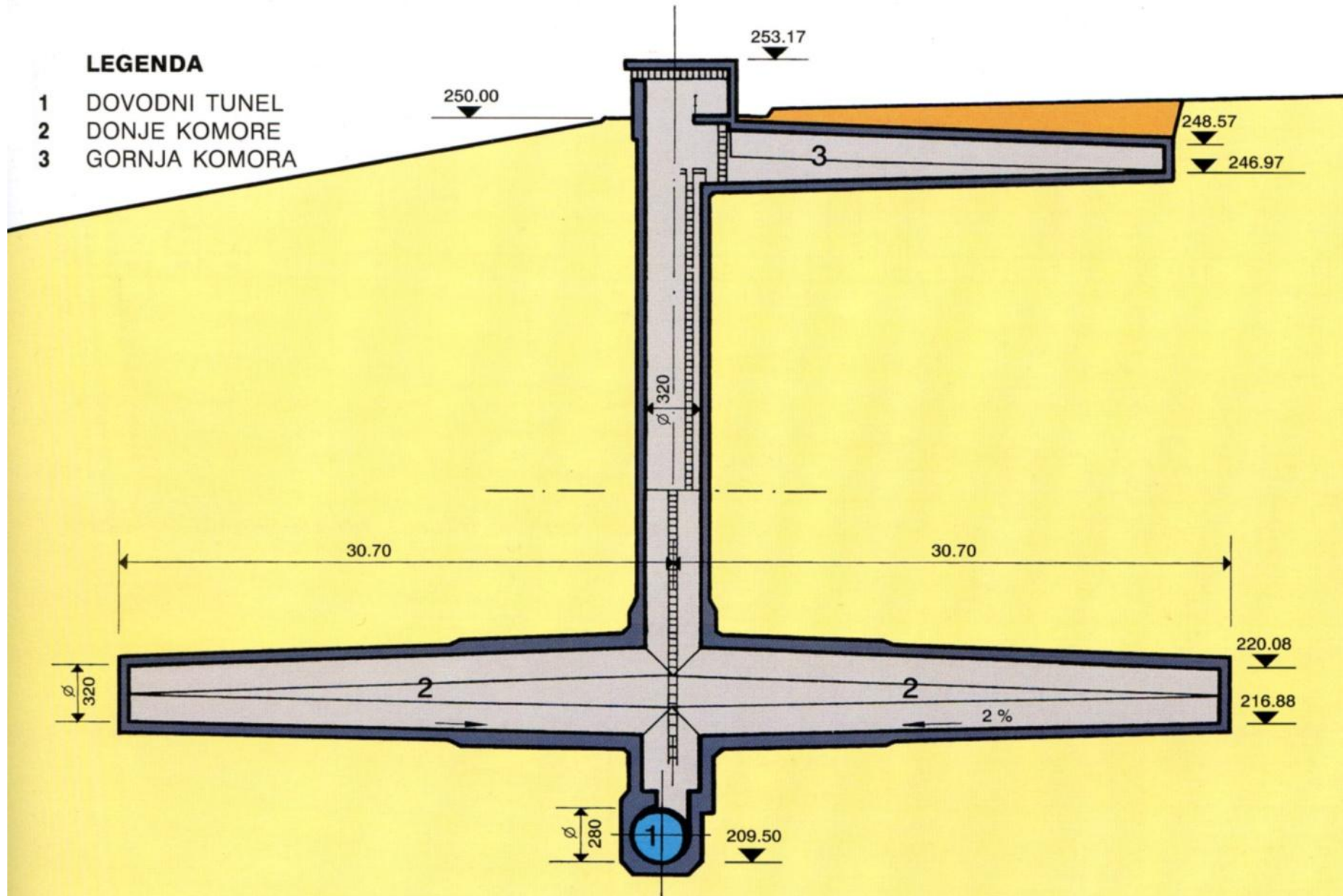




# HE RIJEKA

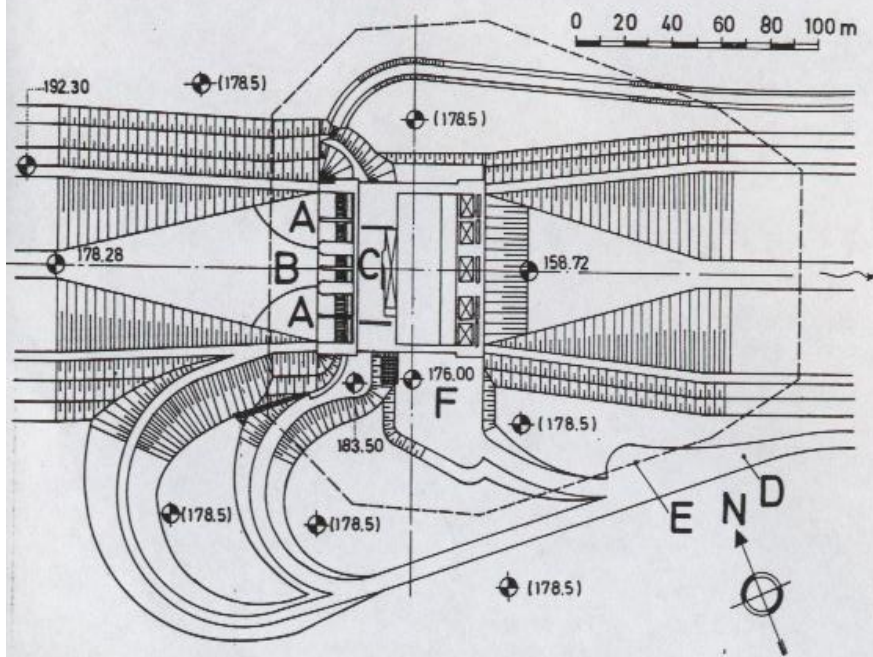
## LEGENDA

- 1 DOVODNI TUNEL
- 2 DONJE KOMORE
- 3 GORNJA KOMORA

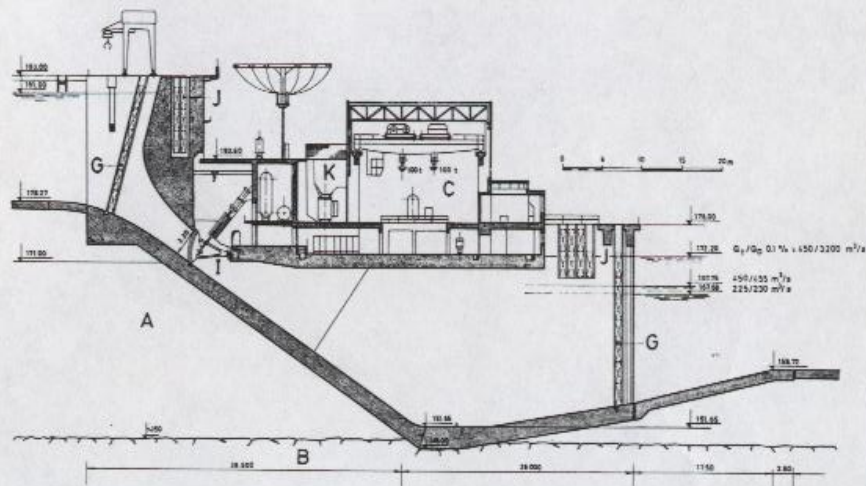
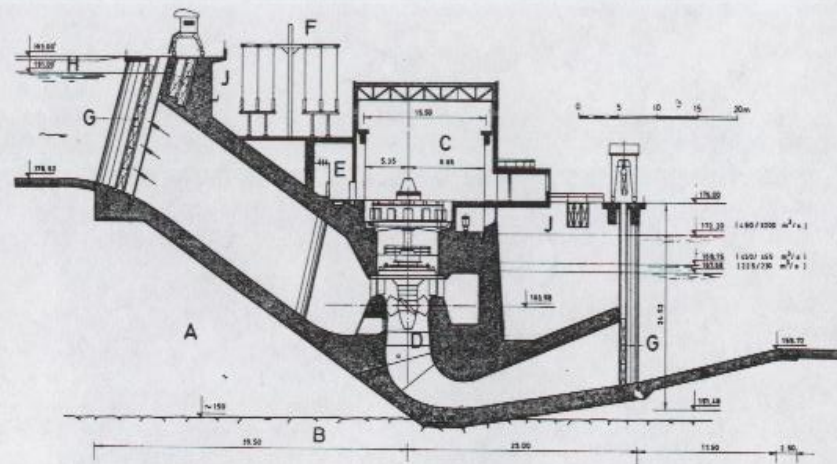




# PROVODNICI SA SLOBODNIM VODNIM LICEM



Položaj strojarnice: A - turbinsko polje, B - polje regulatora protoke, C - rasklopno postrojenje, 110 kV, D - pristupna cesta, E - glinobetonaska membrana, F - parkiralište



Strojarnica - presjek kroz agregat i regulator protoke: A - šljunak na mjestu, B - lapor, C - hala strojeva, D - kaplan turbina - generator, E - rasklopno postrojenje 35 kV, F - rasklopno postrojenje 110 kV, G - gredne zapornice, H - najviši statički uspor, I - segmentni zatvarač, J - spremište grednih zapornica, K - generatorski transformator

