

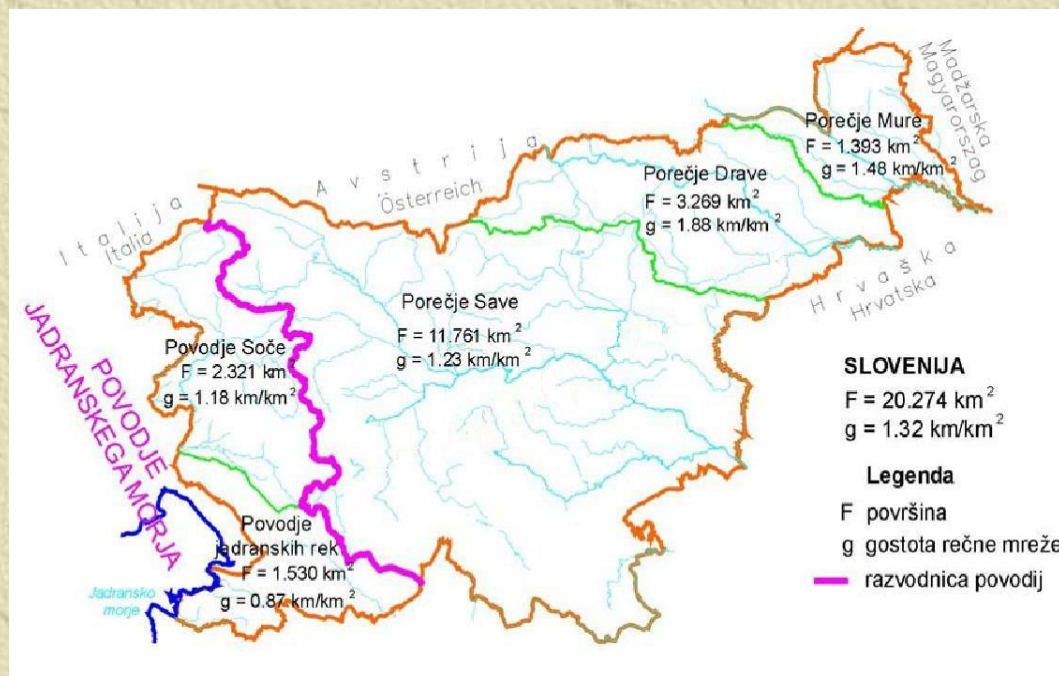
# HIDRAVLIČNE MODELNE RAZISKAVE PRETOČNIH HIDROELEKTRARN NA SPODNJI SAVI - PREGLED



Model HE Blanca

# Porečje Save - POSAVJE

- največje porečje - 58,1 % SLO ali 11761 km<sup>2</sup>
- Letna količina padavin je 1576 mm, odtok 936 mm
- dolžina Save do meje s Hrvaško je 220,72 km
- gostota rečne mreže – 1,23 km/km<sup>2</sup>



Vir: ARSO

# Hidravlične modelne raziskave

- HE VRHOVO, HE BOŠTANJ, HE BLANCA, HE KRŠKO
- Območje natoka
  - Transport plavja in plavin
  - Hitrostna slika pred turbinskim vtokom
- Območje prelivov in strojnice
  - Orientacija pregrade
  - Oblika preliva
  - Pretočne krivulje
- Območje podslapij in spodnje struge
  - Geometrija podslapij
  - Erozija struge in brežin za podslapji



# NATOK - problemi obratovanja na HE

**PLAVINE**

prod

lebdeče plavine  
(les, drevesni štori)

**PLAVJE**

(drevje, listje,  
plastika...)

**REŠEVANJE  
PROBLEMATIKE**

oblikovanje natoka

potopna stena

# RAZMERE NA SP. SAVI



Foto: SEL  
HIDROINŠTITUT

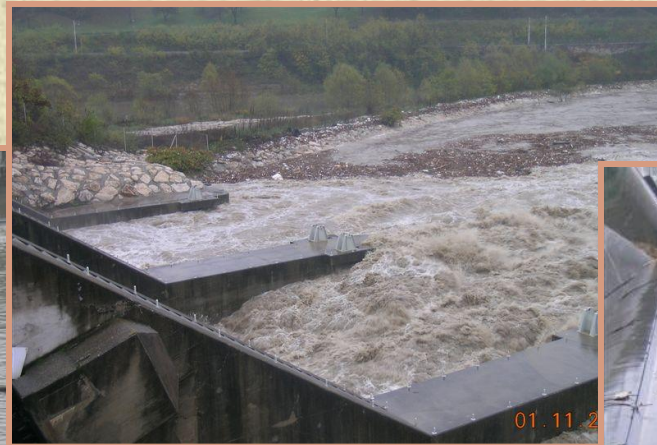
01 11 2004

# POSLEDICA – Problemi na HE



Foto: SEL

01.11.2004



01.11.2004



01.11.2004

## HE Vrhovo

Foto: SEL

Foto: SEL

# HMR HIDROELEKTRARN NA SPODNJI SAVI

## POTOPNA STENA

### Osnovne zahteve:

- zadrževanje plavja stran od vtokov
- preusmerjanje na prelivna polja

### Lastnosti:

- navadno jeklena plavajoča zavesa
- ne omogoča samodejnega čiščenja
- potrebna je zaustavitev agregatov
- možna prevrnitev ob preobremenitvi

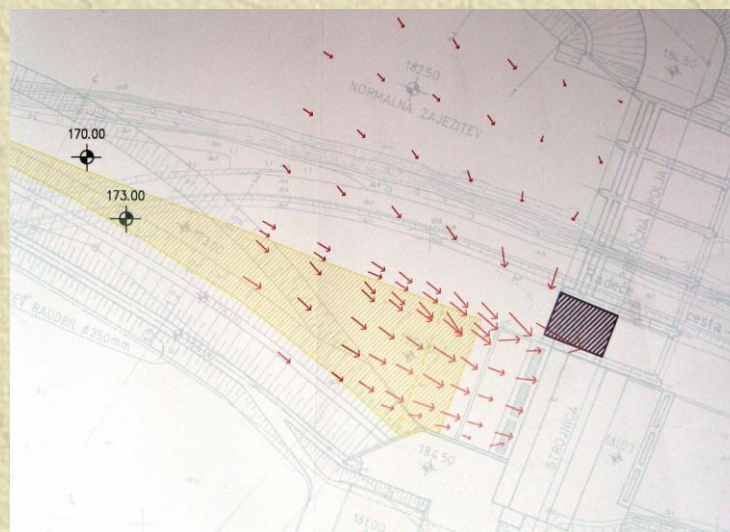


# HMR HIDROELEKTRARN NA SPODNJI SAVI

## OBLIKA DNA NATOKA

### IZHODIŠČA PRI HE VRHOVO:

- optimizacija hitrostne slike
- preprečitev vnosa proda



Meritve hitrosti v območju natoka na modelu HE Boštanj

### IZKUŠNJE PRI OBRATOVANJU:

- transport proda je preprečen že gorvodno v akumulaciji



- oblikovanje natoka, ki preprečuje vtok kotalečih plavin



# HMR HIDROELEKTRARN NA SPODNJI SAVI DNO NATOKA HE BOŠTANJ

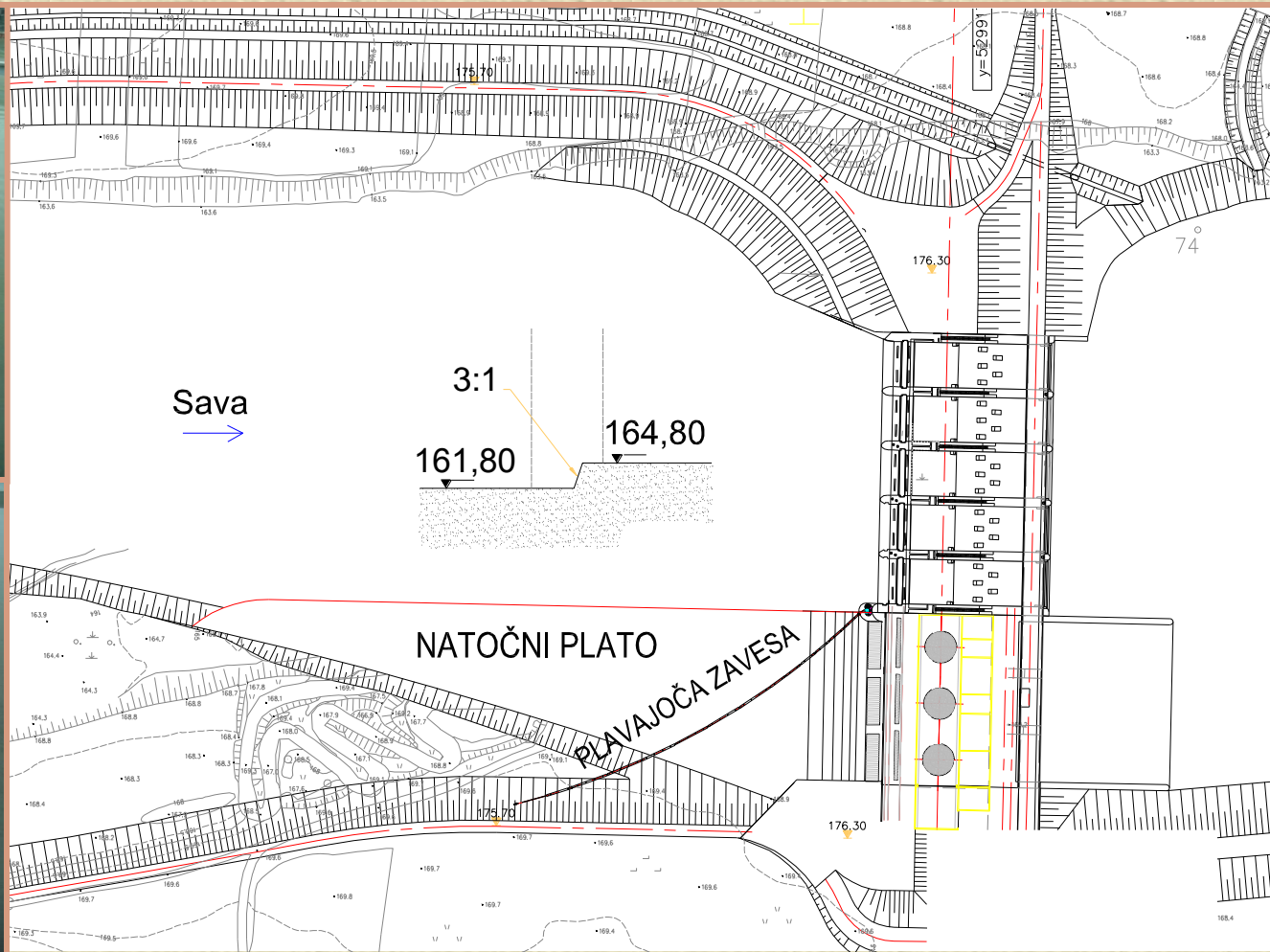
izhodiščna oblika



končna oblika dna natoka



# HMR HIDROELEKTRARN NA SPODNJI SAVI DNO NATOKA HE BLANCA



Jure Mlačnik  
Martin Bombač

# HMR HIDROELEKTRARN NA SPODNJI SAVI DNO NATOKA HE KRŠKO

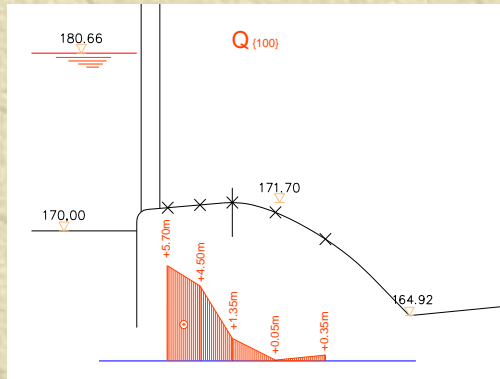


# OBLIKA DNA NATOKA ZAKLJUČKI

- Zagotavljanje optimalne hitrostne slike na vtoku
- Preprečevanje vnosa kotalečih plavin (les, drevesni štori)
- Projektiranje prilagojeno mikrolokaciji objekta
- Natočni plato nad koto dna akumulacije
- Strma stopnica
- Usmerjenost platoja v smeri toka
- Ekonomska optimizacija



# HMR HIDROELEKTRARN NA SPODNJI SAVI OBLIKA PRELIVOV



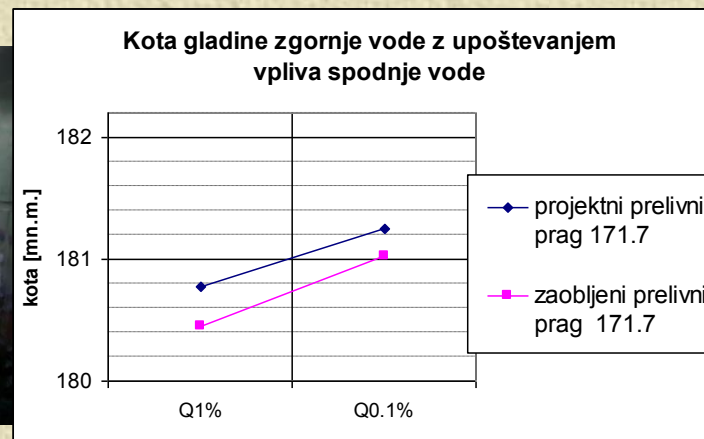
## RAZISKAVA OBLIKE PRELIVA ZA HE BOŠTANJ



### IZHODIŠČNA VARIANTA

### PRIMERJAVA

### KONČNA VARIANTA

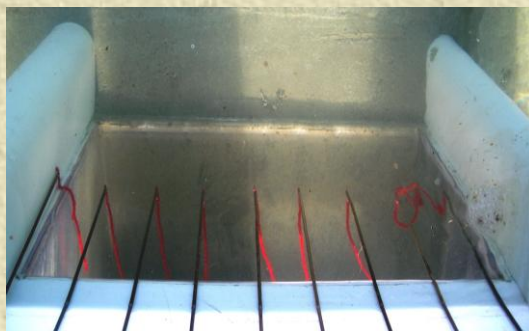


# HMR HIDROELEKTRARN NA SPODNJI SAVI VTOK V STROJNICO HE BOŠTANJ

## IZHODIŠČNA VARIANTA

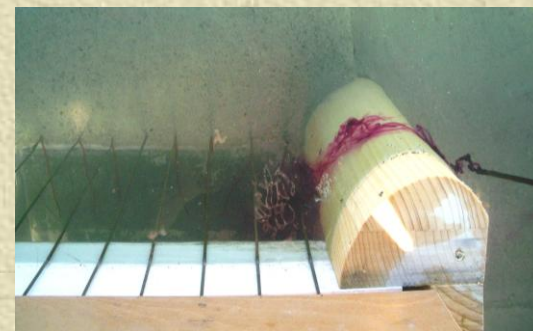


Turbulentno območje ob dnu vtočne komore za ležiščem servisnih zapornic  $Q_T = 500 \text{ m}^3/\text{s}$  – 2. turbinski vtok

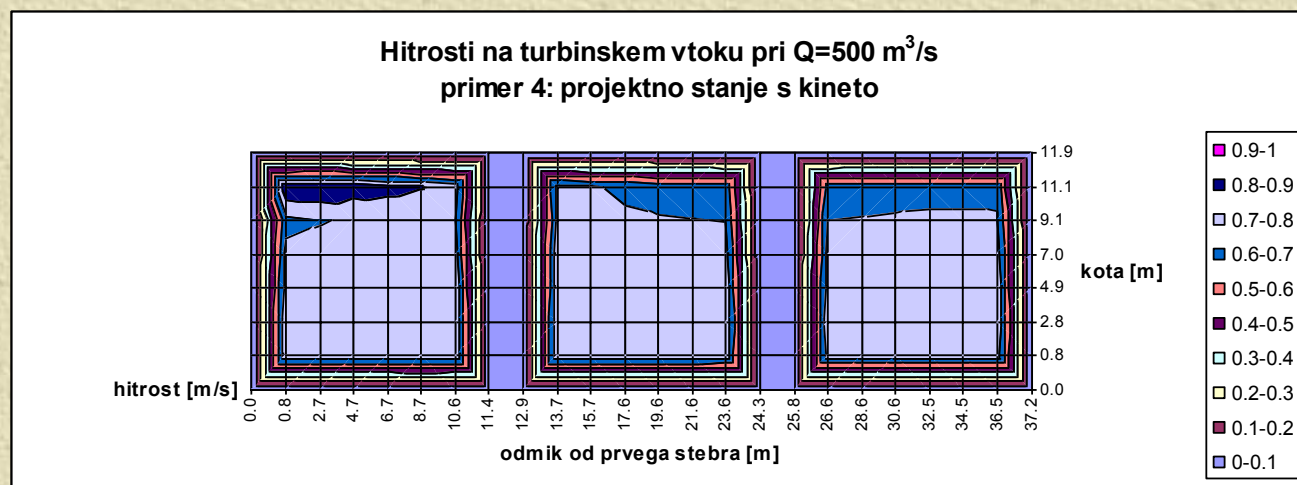


Turbulentno območje ob ločilnem stebru med strojnico in prelivi – izhodiščna oblika, 7 m nad dnom  $Q_T = 500 \text{ m}^3/\text{s}$

## KONČNA VARIANTA

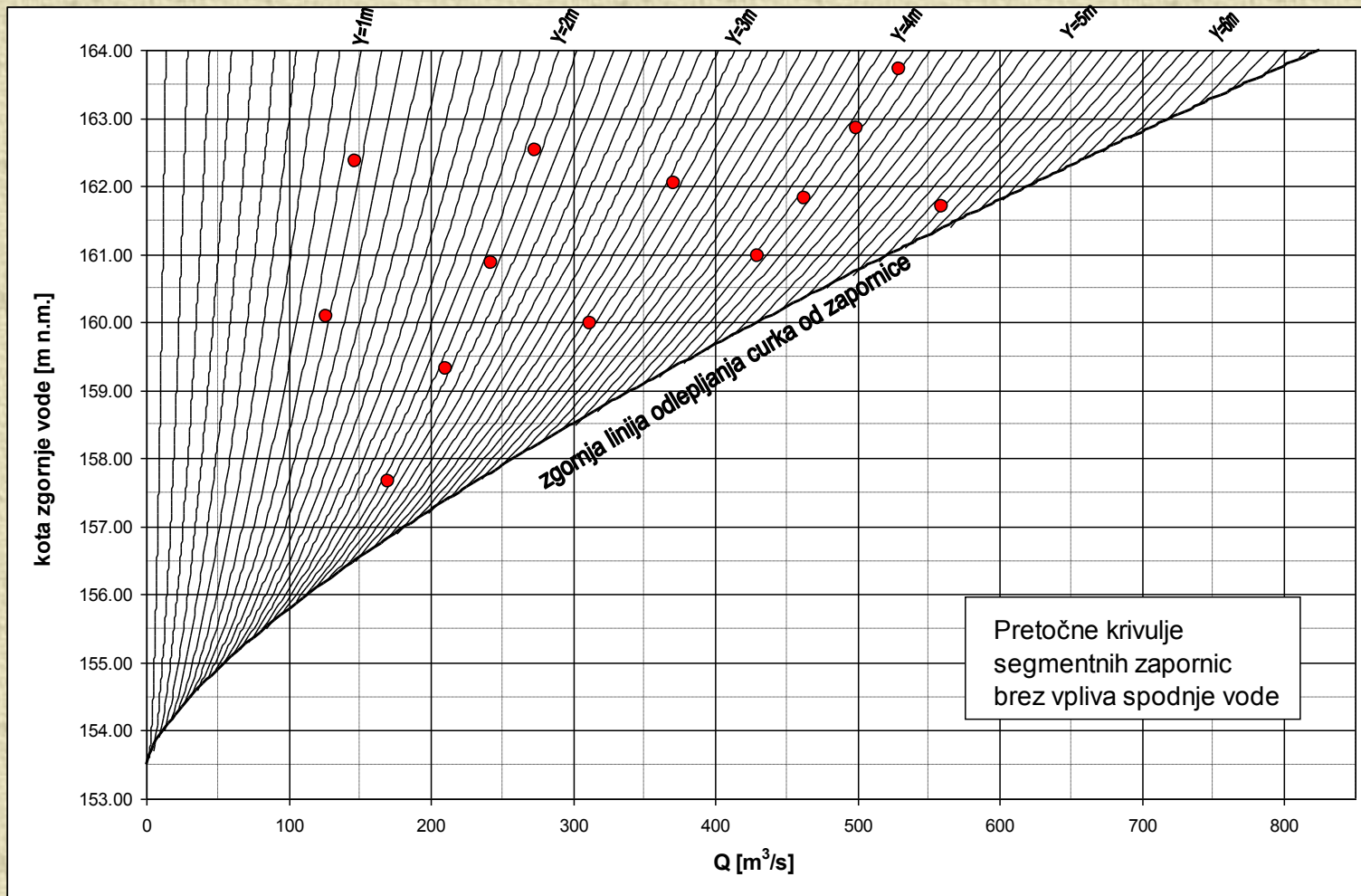


Predlagana oblika ločilnega stebra  $Q_T = 500 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $Q_{PP} = 0 \text{ m}^3/\text{s}$  – ni turbulence ob stebru



# HMR HIDROELEKTRARN NA SPODNJI SAVI PRETOČNE KRIVULJE ZAPORNIC

$$Q = \sigma_p \cdot \varphi \cdot \varepsilon \cdot a \cdot B_{15m} \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot (H - \varepsilon \cdot a)}$$

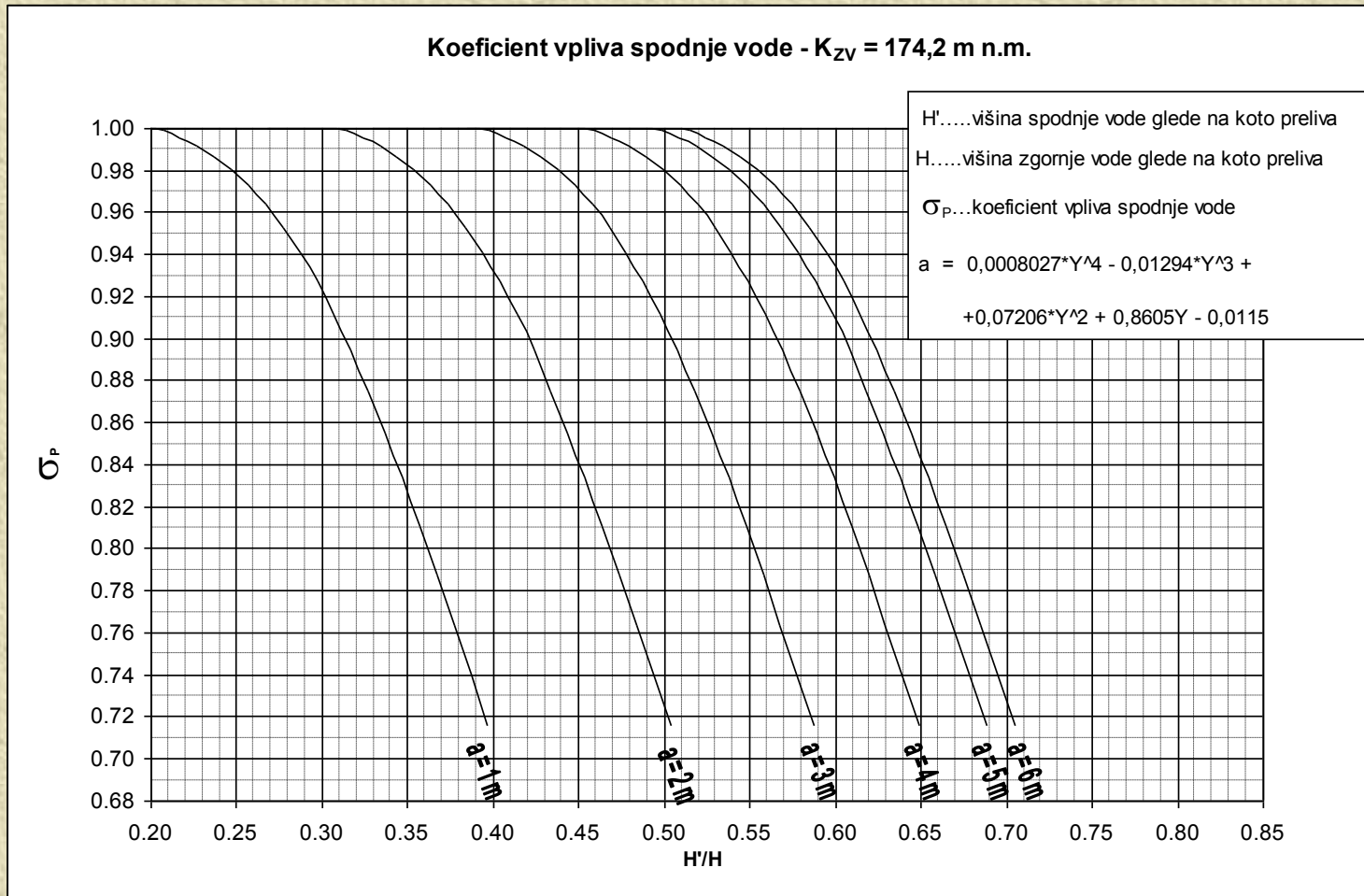


# HMR HIDROELEKTRARN NA SPODNJI SAVI

## VPLIV SPODNJE VODE

$$\sigma_p = f\left(\frac{H'}{H}, a, H\right) = \frac{x_1 \cdot x_2 + x_3 \cdot \left(\frac{H'}{H} + x_5 + x_6 \cdot a + x_7 \cdot a^2 + x_8 \cdot H + x_9\right)^{x_4}}{x_2 + \left(\frac{H'}{H} + x_5 + x_6 \cdot a + x_7 \cdot a^2 + x_8 \cdot H + x_9\right)^{x_4}}$$

Koeficient vpliva spodnje vode -  $K_{zv} = 174,2 \text{ m n.m.}$





# HMR HIDROELEKTRARN NA SPODNJI SAVI

## ORIENTACIJA PREGRADE

- Vpliv zasuka pregrade na obremenitev brežin dolvodno od objekta



Opazovanje tokovnic ob levem bregu pri  $Q=1,725\text{m}^3/\text{s}$



Merjenje hitrosti z ADV sondo ob levi brežini

# HMR HIDROELEKTRARN NA SPODNJI SAVI GRADBENA JAMA

- Vpliv gradbene jame na gladine v akumulaciji > meritve gladin
- Vpliv gradbene jame na erozijo struge > meritve hitrosti, opazovanje premeščanja proda, barvanje tokovnic...



Tok z inundacije v glavno korito pri  $Q_{10\%}=2.440 \text{ m}^3/\text{s}$ , ki povzroča največje pulzacije hitrosti ob levem bregu obtočnega kanala



Stanje dna po eroziji  $T=28$  ur pri  $Q_{10\%}=2.440 \text{ m}^3/\text{s}$

# HMR HIDROELEKTRARN NA SPODNJI SAVI PODSLAPJA

- Delovanje projektnega podslapja na Vrhovem ne zadostuje vsem načinom obratovanja, ki se pojavljajo zaradi izpiranja plavja.
- Ob zelo nizki spodnji vodi je potrebno veliko odprtje zapornic.
- Vodni skok uide iz podslapja in erodira dolvodno strugo.



HE Vrhovo – nedelujoče podslapje



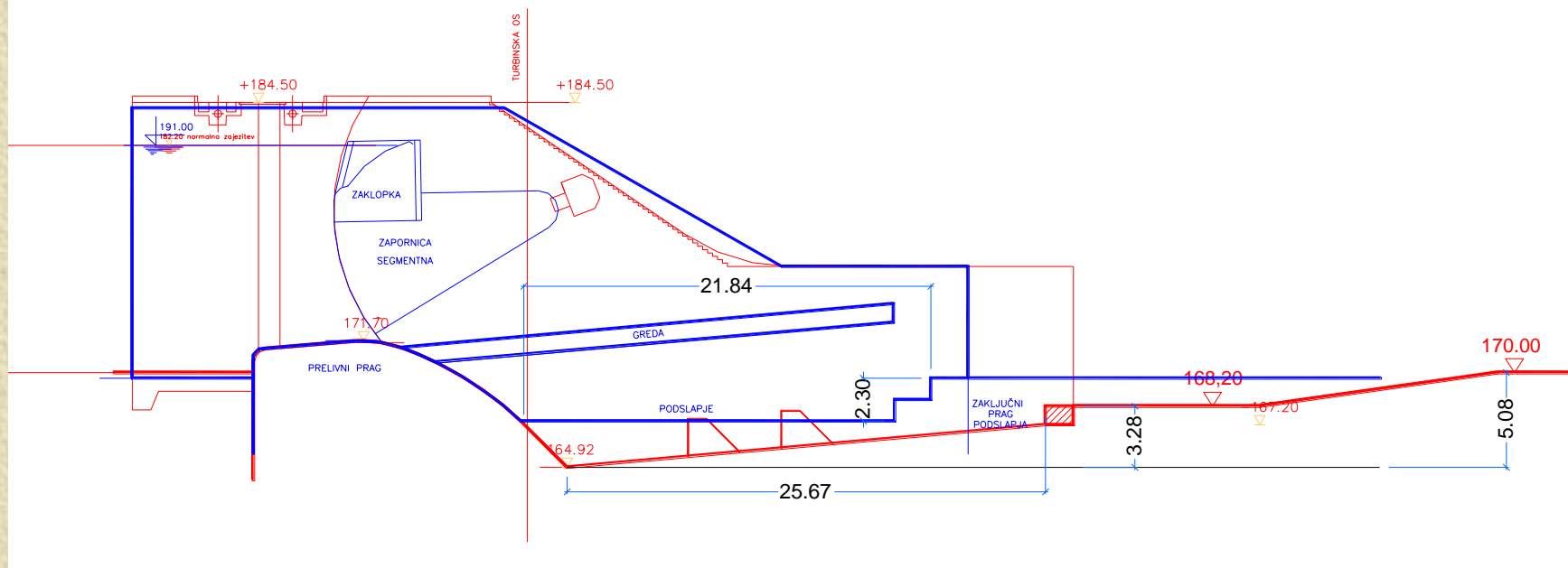
HE Vrhovo – vodni skok zunaj podslapja

# HMR HIDROELEKTRARN NA SPODNJI SAVI PODSLAPJA

- Z variiranjem več spremenljivk, same oblike podslapja, dolžine, globine, zaključnega pragu in razbijačev smo določili obliko podslapja, ki omogoča radikalnejše (vendar nujno potrebno) obratovanje.

## PRIMERJAVA GEOMETRIJE PRELIVNIH POLJ HE BOŠTANJ / HE VRHOVO

### PREREZ



# ZAKLJUČKI

- Hidravlične modelne raziskave so nujno potrebne, saj lahko le tako v celoti zaznamo in rešimo skrite probleme na bodoči HE.
- Potrebna je individualna obravnava posameznega objekta, ki se ga prilagodi mikrolokaciji.