

VPLIV POTOPLJENOSTI PRELIVOV NA PRETOČNO SPOSOBNOST HE NA SPODNJI SAVI



32. Goljevščkov spominski dan

Inštitut za hidravlične raziskave
Sabina Mišigoj, Martin Bombač, Jure Mlačnik

HIDROINŠTITUT

VSEBINA

- Uvod
- O spodnje savski verigi
- Hidravlične modelne raziskave
- Potek gladin čez prelivno polje
- Pretočne krivulje prelivnih polj
- Vpliv višine spodnje vode
- Primerjava geometrije prelivnih polj
- Relativna višina spodnje vode na HE
- Graf Froudovega števila
- Različen vpliv višine sp.v. na elektrarne
- O težavah HE Vrhovo
- Zaključki



HE Vrhovo



HE Boštanj



HE Arto –
Blanca

HE Krško



HE Brežice



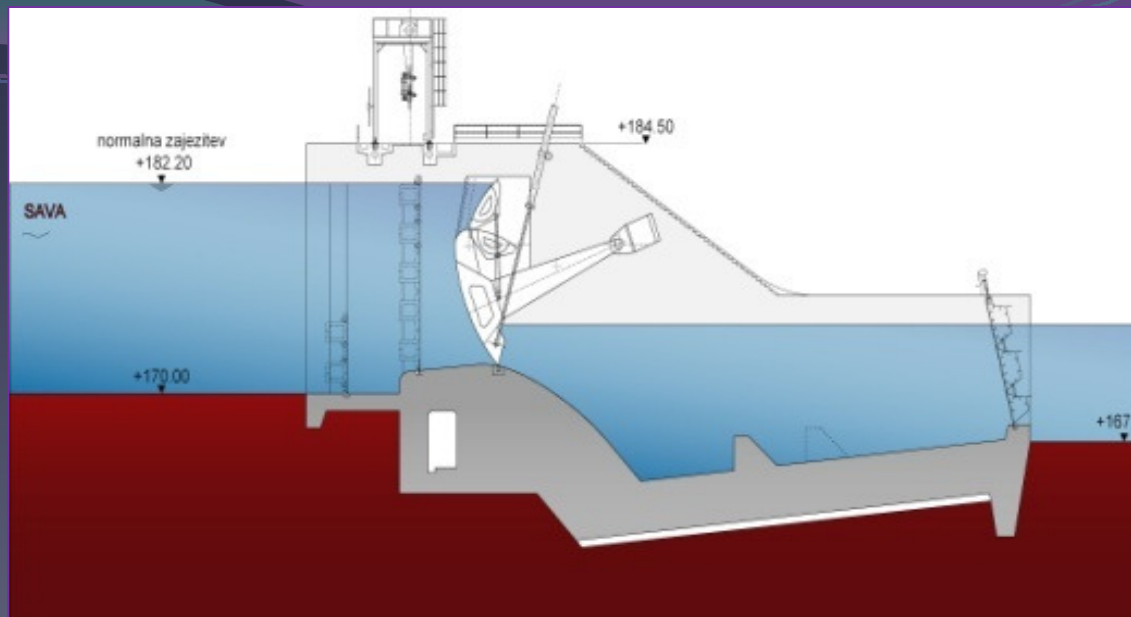
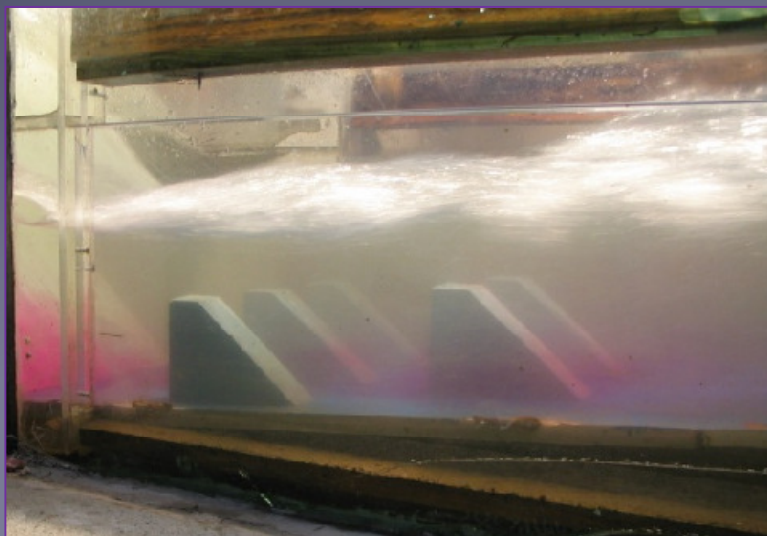
HE Mokrice



HIDROINŠTITUT

PRIMERJALNA TABELA

	HE Vrhovo	HE Boštanj	HE Arto-Blanca	HE Krško	HE Brežice	HE Mokrice
št. prelivnih polj	5	5	5	5	5	6
širina prelivnega polja	16.5 m	15 m	15 m	15 m	15 m	15 m
višina prelivnega praga	2 m	1.7 m	1.7 m	1.7 m	1.7 m	1.7 m
dolžina prelivnega praga	8.45 m	10.93 m	17.60 m	17.60 m	15.46 m	12.80 m
nazivna kota zaježitve	191,0 m n.m.	182,2 m n.m.	174,2 m n.m.	164.0 m n.m.	153.0 m n.m.	141,5 m n.m.
kota preliva	180,5 m	171.7 m n.m.	163.5 m	153.3 m .n.m.	142.3 m n.m.	131.8 m n.m.
oblika prelivnega hrbtna	Creagerjev	Creagerjev	izboljšana-a	izboljšana-a	izboljšana-b	izboljšana-b
kota dna podslapja	176.2 m n.m.	164.92 m n.m.	155.29 m n.m.	145.15 m n.m.	130.99 m n.m.	123.15 m n.m.
dolžina podslapja	21.00 m	25.67 m	25.30 m	25.3 m	26.87 m	29.57 m
globina podslapja	2.30 m	3.28	3.21 m	3.15 m	2.94 m	3.64 m
višina razbijačev	brez	2 m	3 m	3 m	3 m	2 m
kota dna spodnje struge	178.5 m n.m.	170.0 m n.m.	160.5 m n.m.	150.3 m n.m.	136.4 m n.m.	130.0 m n.m.
kota dna akumulacije	178.5 m n.m.	170.0 m n.m.	161.8 m n.m.	151.6 m n.m.	140.60 m n.m.	130.11 m n.m.
srednji letni pretok	229 m3/s	209 m3/s	215 m3/s	218 m3/s	231 m3/s	273 m3/s
Q ₁₀₀	3102 m3/s	3650 m3/s	3650 m3/s	3750 m3/s	3750 m3/s	4000 m3/s
inštaliran pretok	500 m3/s	500 m3/s	500 m3/s	500 m3/s	500 m3/s	500 m3/s
št. agregatov	3	3	3	3	3	3
tip turbine	cevna	cevna	Kaplanova	Kaplanova	Kaplanova	cevna
nazivni pretok skozi turbino	166.7 m3/s	166,7 m3/s	166,7 m3/s	166,7 m3/s	166,7 m3/s	166,7 m3/s
višina padca	10.5 m	8.2 m	10.7 m	9.9 m	10.4 m	7.6 m
srednja letna proizvodnja	116 GWh	115 GWh	144 GWh	144 GWh	168 GWh	133,19 GWh



HM raziskave





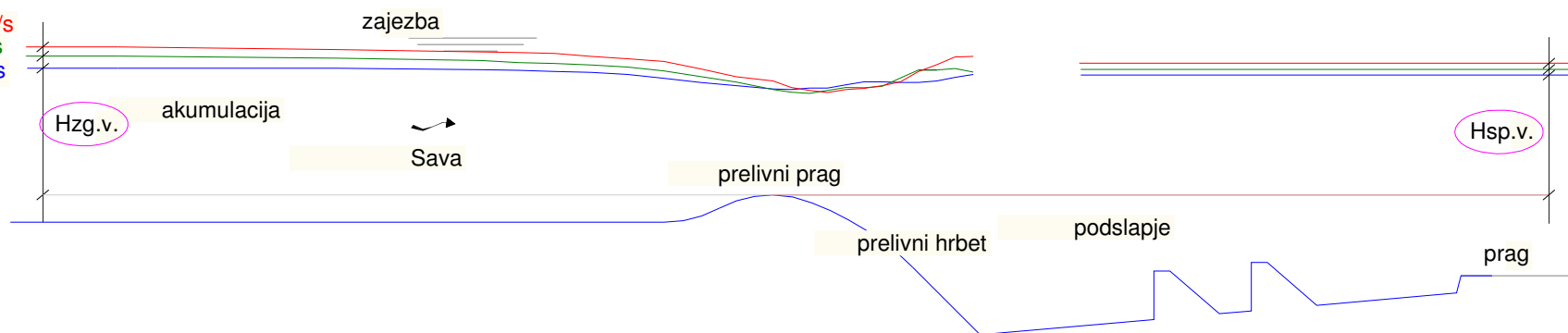
HM raziskave



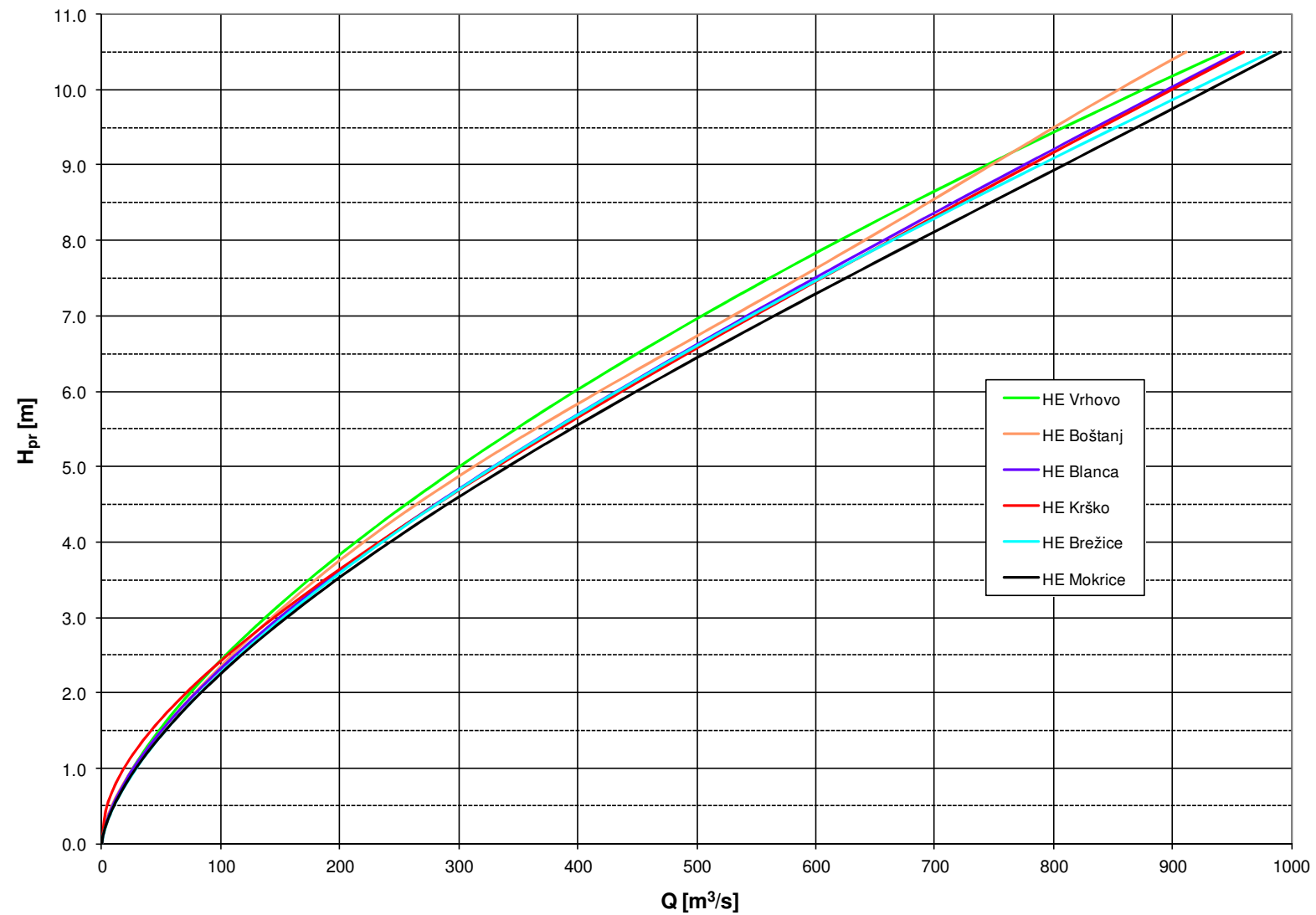
HIDROINŠTITUT

Potek gladin čez prelivno polje

$Q_{10000}=4125 \text{ m}^3/\text{s}$
 $Q_{1000}=3680 \text{ m}^3/\text{s}$
 $Q_{100}=3125 \text{ m}^3/\text{s}$



Pretočne krivulje pri prostem prelivanju



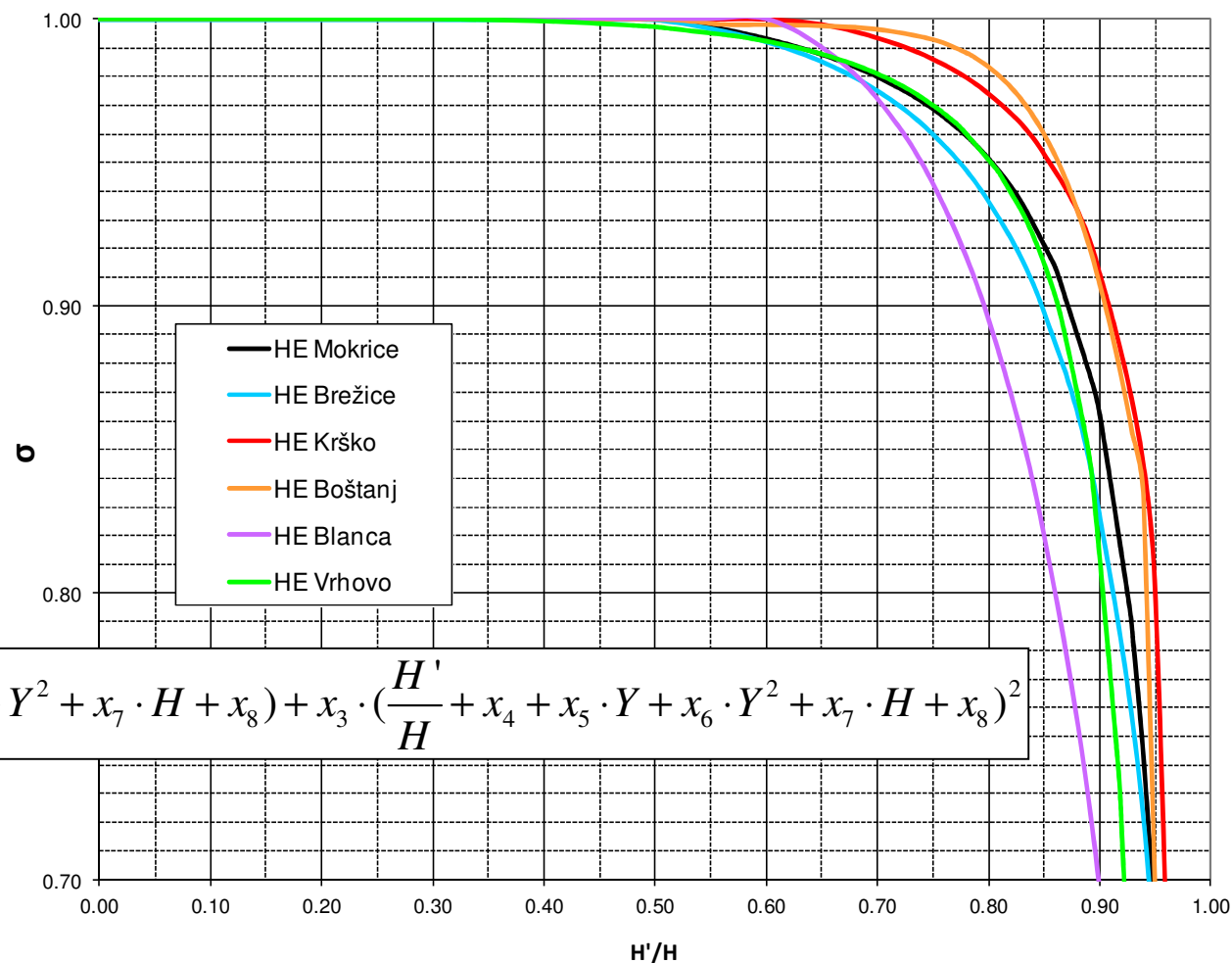
$$Q' = \sigma_p \cdot Q$$

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

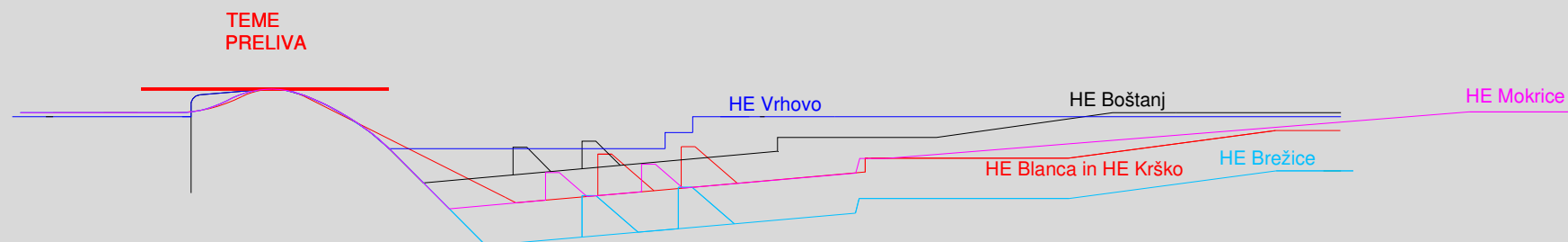
$x_1 - x_8$	konstante:
$x_1 =$	-0,74803
$x_2 =$	5,88400
$x_3 =$	-4,95424
$x_4 =$	0,48425
$x_5 =$	-0,17245
$x_6 =$	0,01275
$x_7 =$	0,02866
$x_8 =$	-0,14145

Q'	pretok z upoštevanjem vpliva višine spodnje vode [m ³ /s]
Q	pretok brez upoštevanja vpliva višine spodnje vode [m ³ /s]
σ_p	koeficient vpliva spodnje vode
H'	tlačna višina spodnje vode nad temenom preliva, merjena 10 m za iztokom iz strojnice [m]
H	tlačna višina zgornje vode nad temenom preliva, merjena 10 m pred vtokom v strojnico [m]

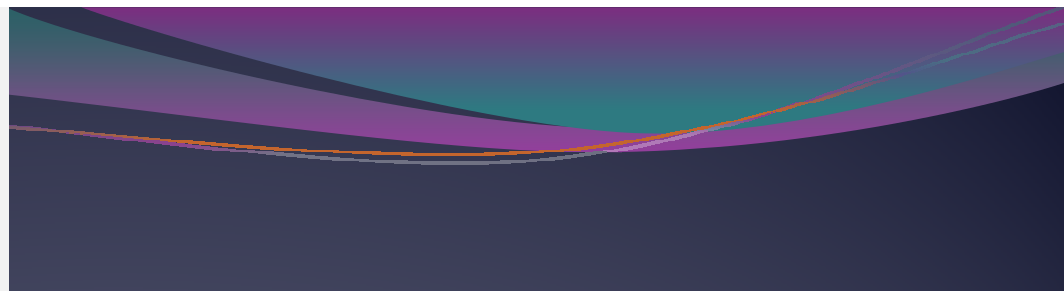
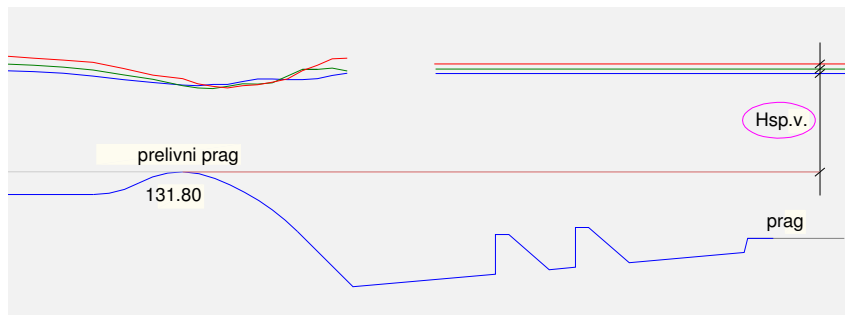
Koeficient vpliva višine spodnje vode σ



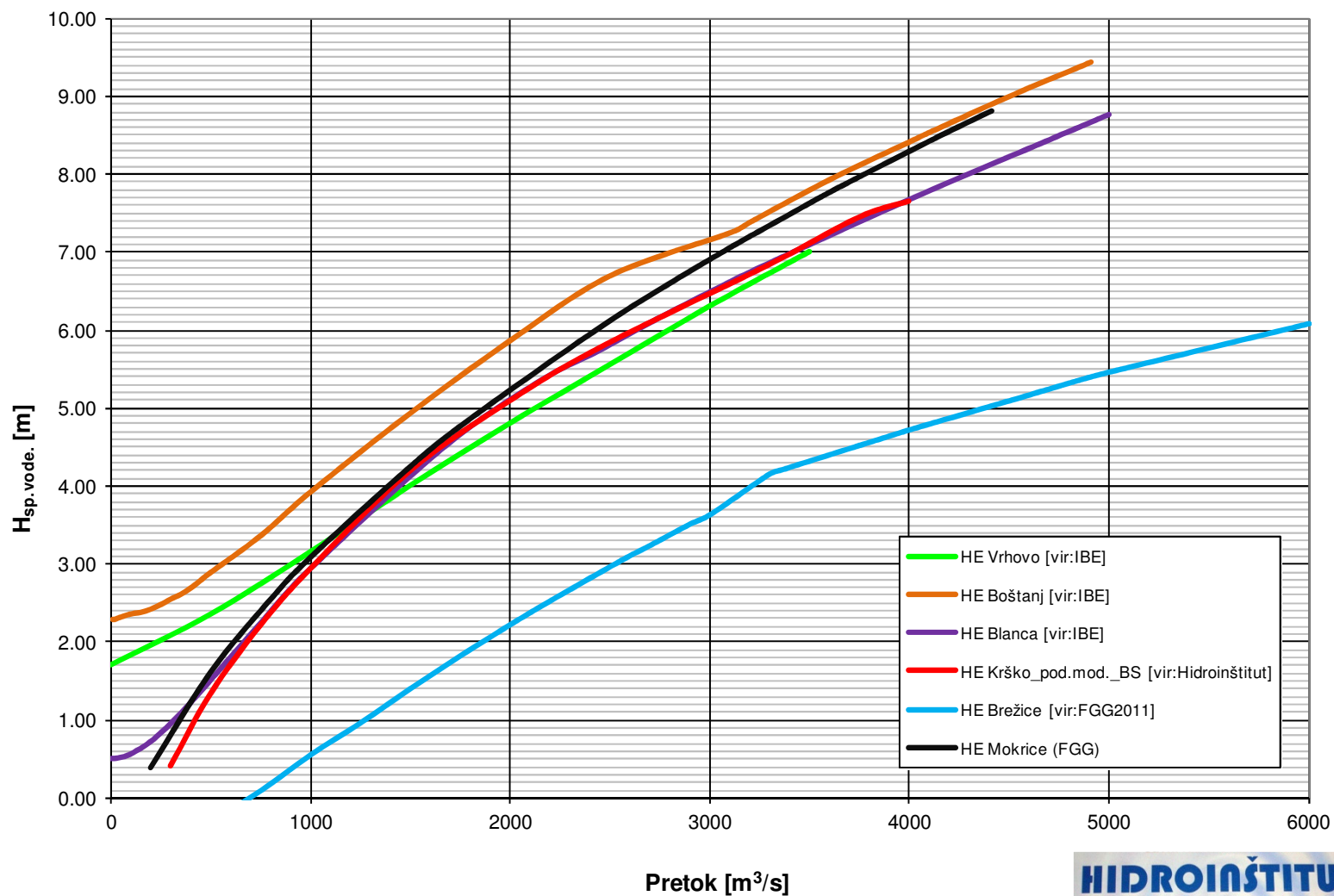
PRIMERJAVA GEOMETRIJE PRELIVNIH POLJ GLEDE NA KOTO TEMENA



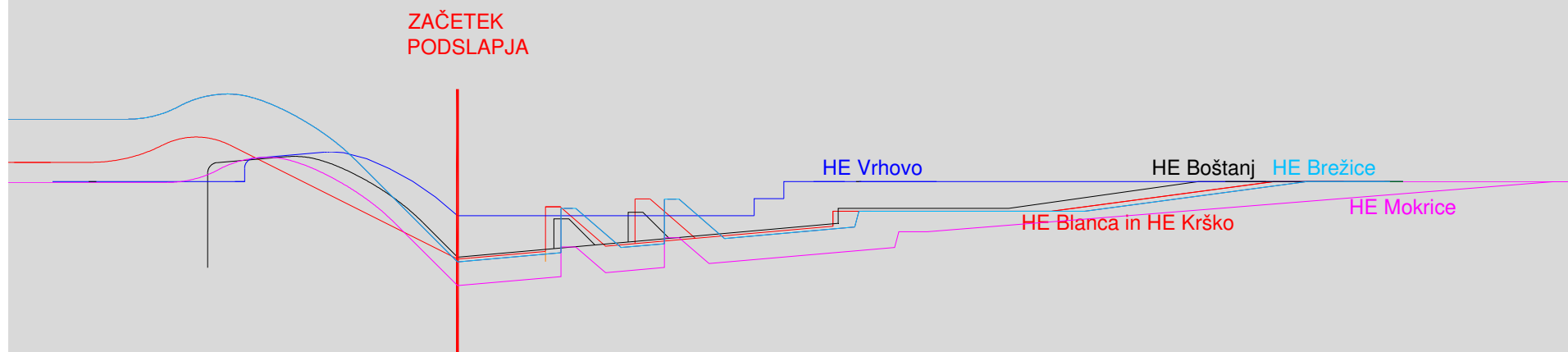
	HE Vrhovo	HE Boštanj	HE Arto-Blanča	HE Krško	HE Brežice	HE Mokrice
kota preliva	180,5 m n.m.	171.7 m n.m.	163.5 m n.m.	153.3 m .n.m.	142.3 m n.m.	131.8 m n.m.
kota dna podslapja	176.2 m n.m.	164.92 m n.m.	155.29 m n.m.	145.15 m n.m.	130.99 m n.m.	123.15 m n.m.
globina podslapja	2.30 m	3.28 m	3.21 m	3.15 m	2.94 m	3.64 m
kota dna spodnje struge	178.5 m n.m.	170.0 m n.m.	160.5 m n.m.	150.3 m n.m.	136.4 m n.m.	130.0 m n.m.
kota dna akumulacije	178.5 m n.m.	170.0 m n.m.	161.8 m n.m.	151.6 m n.m.	140.60 m n.m.	130.11 m n.m.
razlika (dno sp.struge.-teme) [m]	2.0	1.7	3.0	3.0	5.9	1.8
razlika (dno podsl.-dno sp.str.) [m]	2.3	5.1	5.2	5.2	5.4	6.8



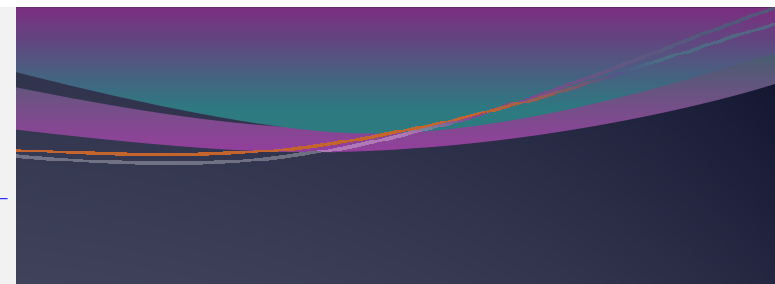
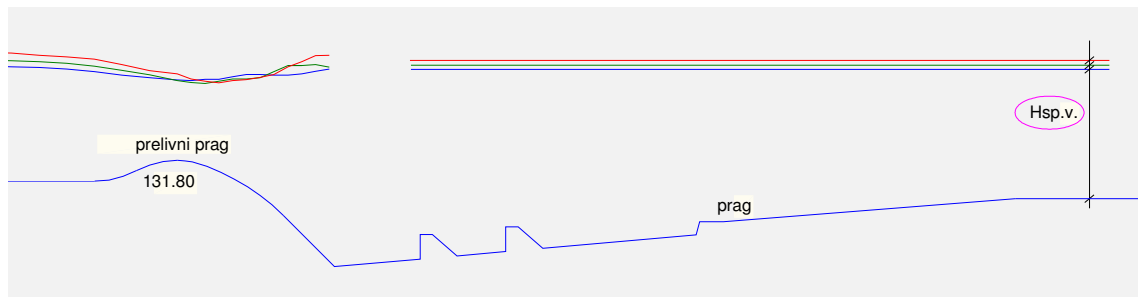
Relativna višina spodnje vode za HE glede na koto preliva



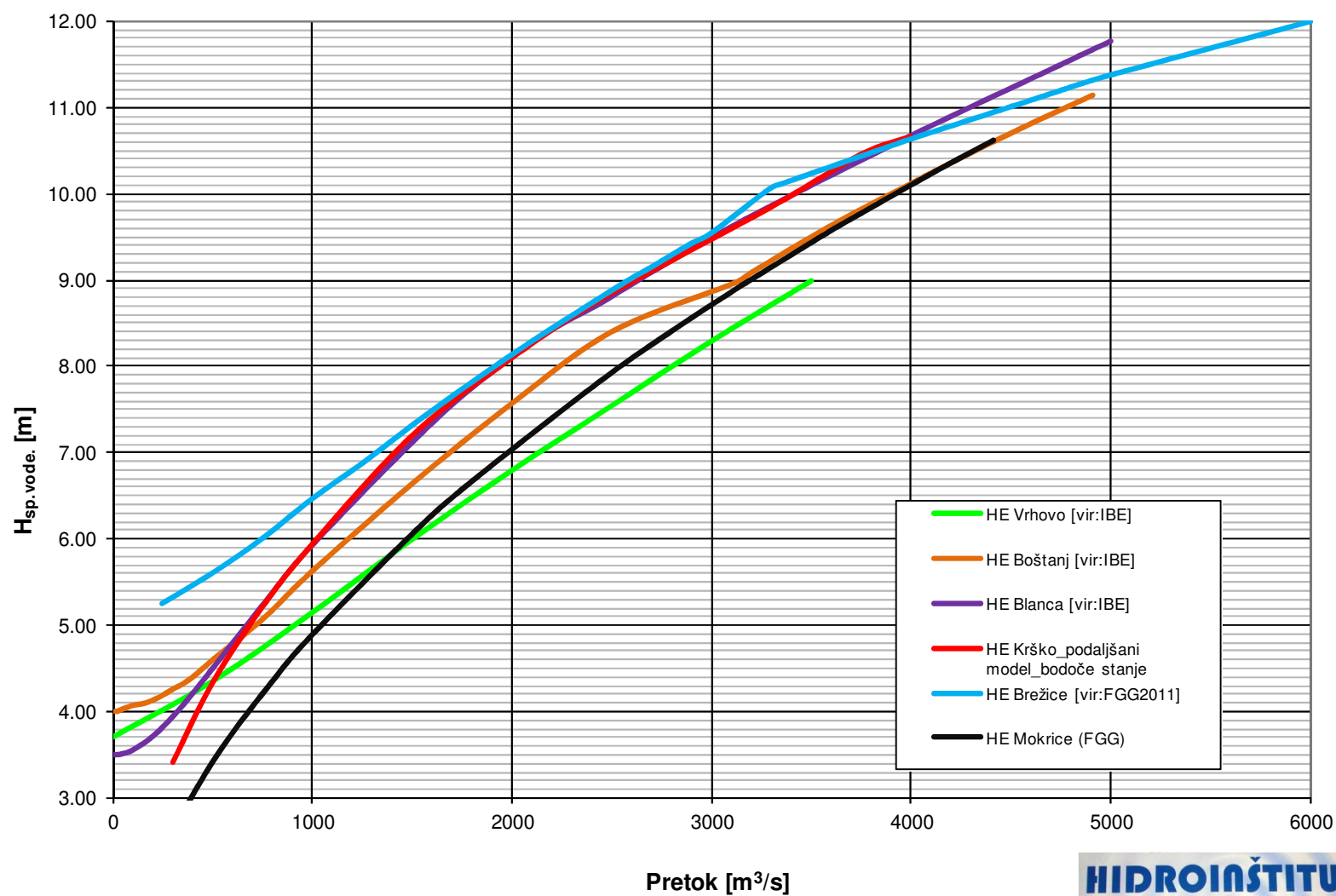
PRIMERJAVA GEOMETRIJE PRELIVNIH POLJ GLEDE NA KOTO SPODNJE STRUGE



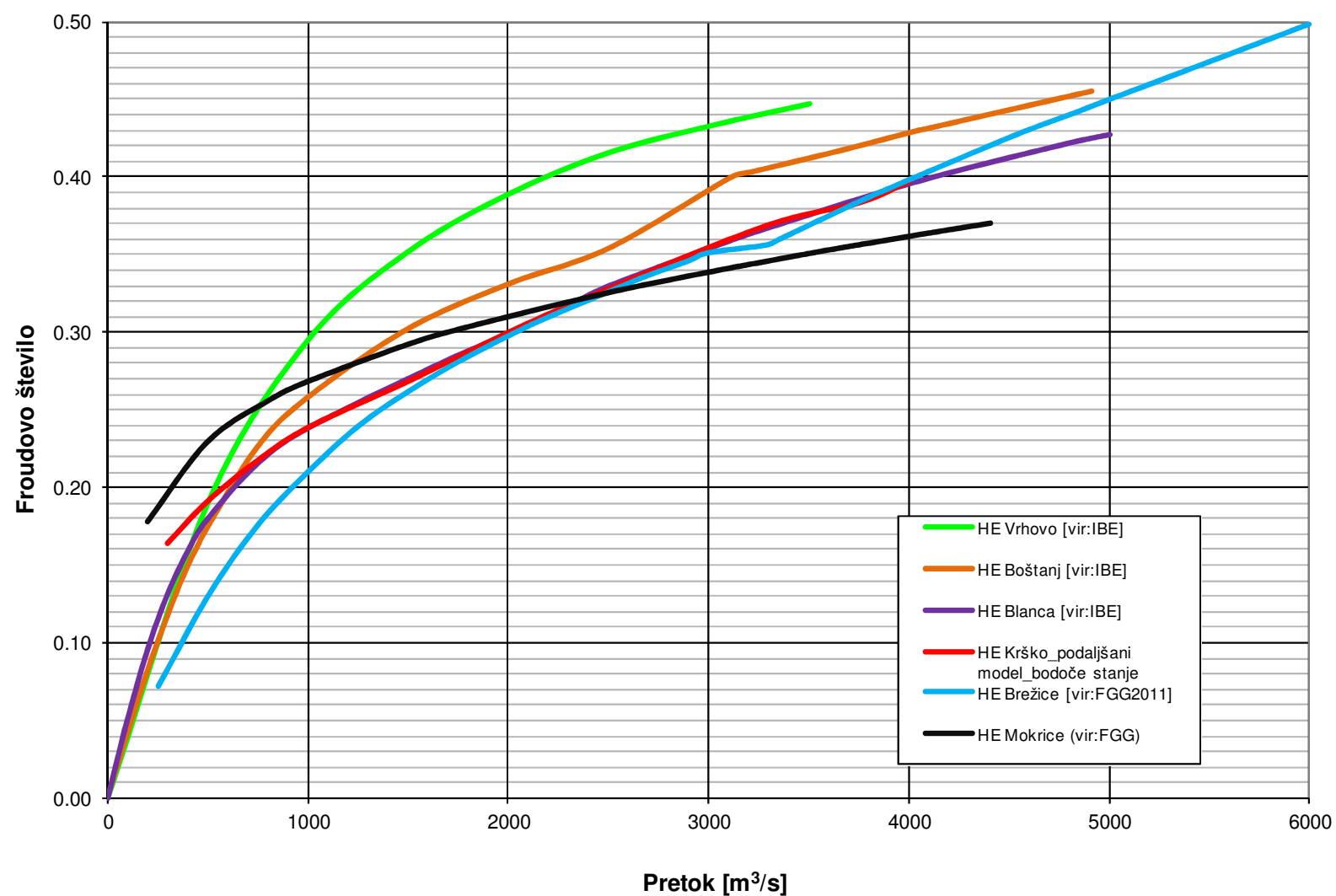
	HE Vrhovo	HE Boštanj	HE Arto-Blanča	HE Krško	HE Brežice	HE Mokrice
kota preliva	180,5 m n.m.	171.7 m n.m.	163.5 m n.m.	153.3 m .n.m.	142.3 m n.m.	131.8 m n.m.
kota dna podslapja	176.2 m n.m.	164.92 m n.m.	155.29 m n.m.	145.15 m n.m.	130.99 m n.m.	123.15 m n.m.
globina podslapja	2.30 m	3.28 m	3.21 m	3.15 m	2.94 m	3.64 m
kota dna spodnje struge	178.5 m n.m.	170.0 m n.m.	160.5 m n.m.	150.3 m n.m.	136.4 m n.m.	130.0 m n.m.
kota dna akumulacije	178.5 m n.m.	170.0 m n.m.	161.8 m n.m.	151.6 m n.m.	140.60 m n.m.	130.11 m n.m.
razlika (dno sp.struge.-teme) [m]	2.0	1.7	3.0	3.0	5.9	1.8
razlika (dno podsl.-dno sp.str.) [m]	2.3	5.1	5.2	5.2	5.4	6.8

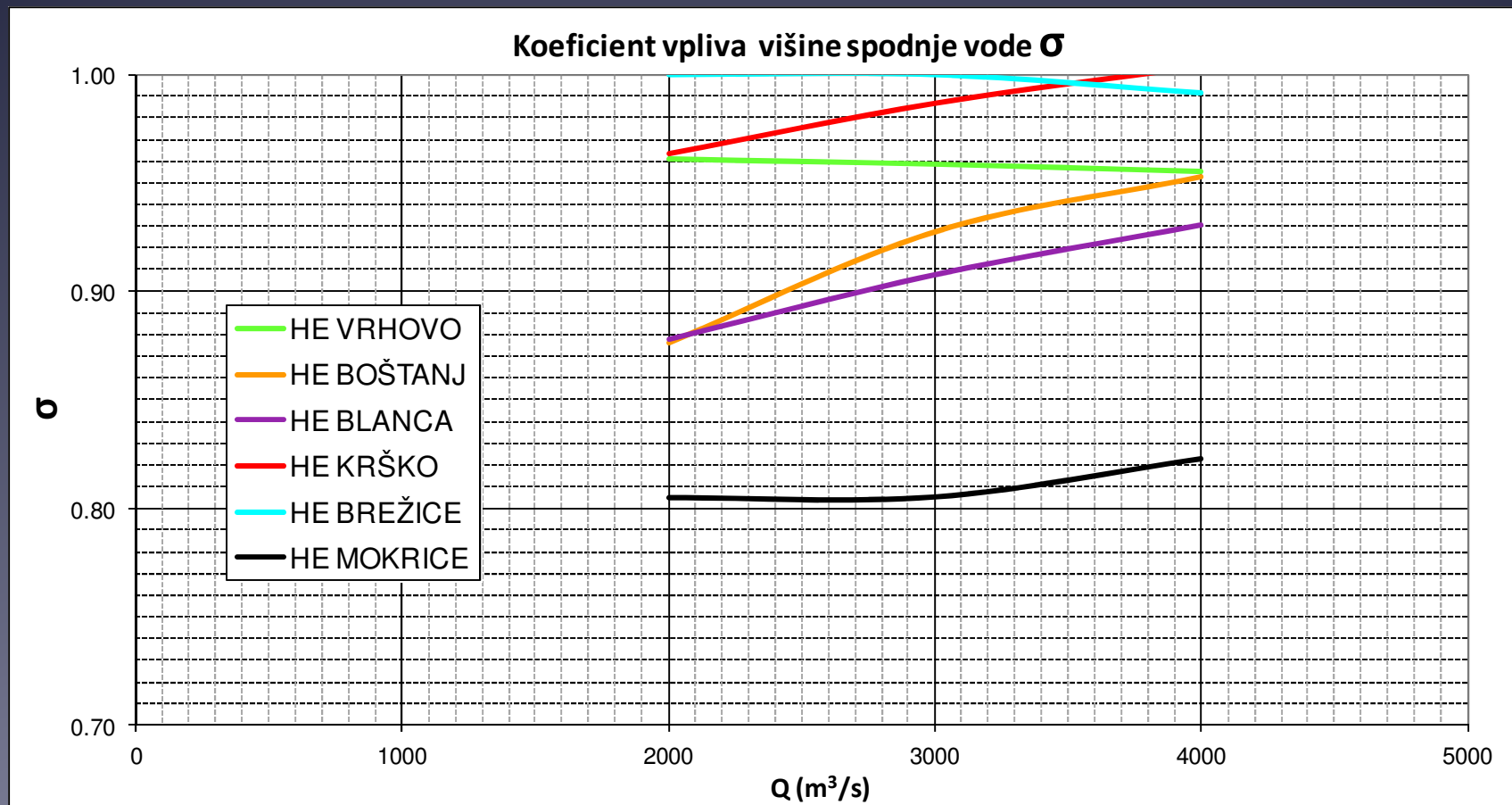


Relativna višina spodnje vode za HE glede na koto dna spodnje struge

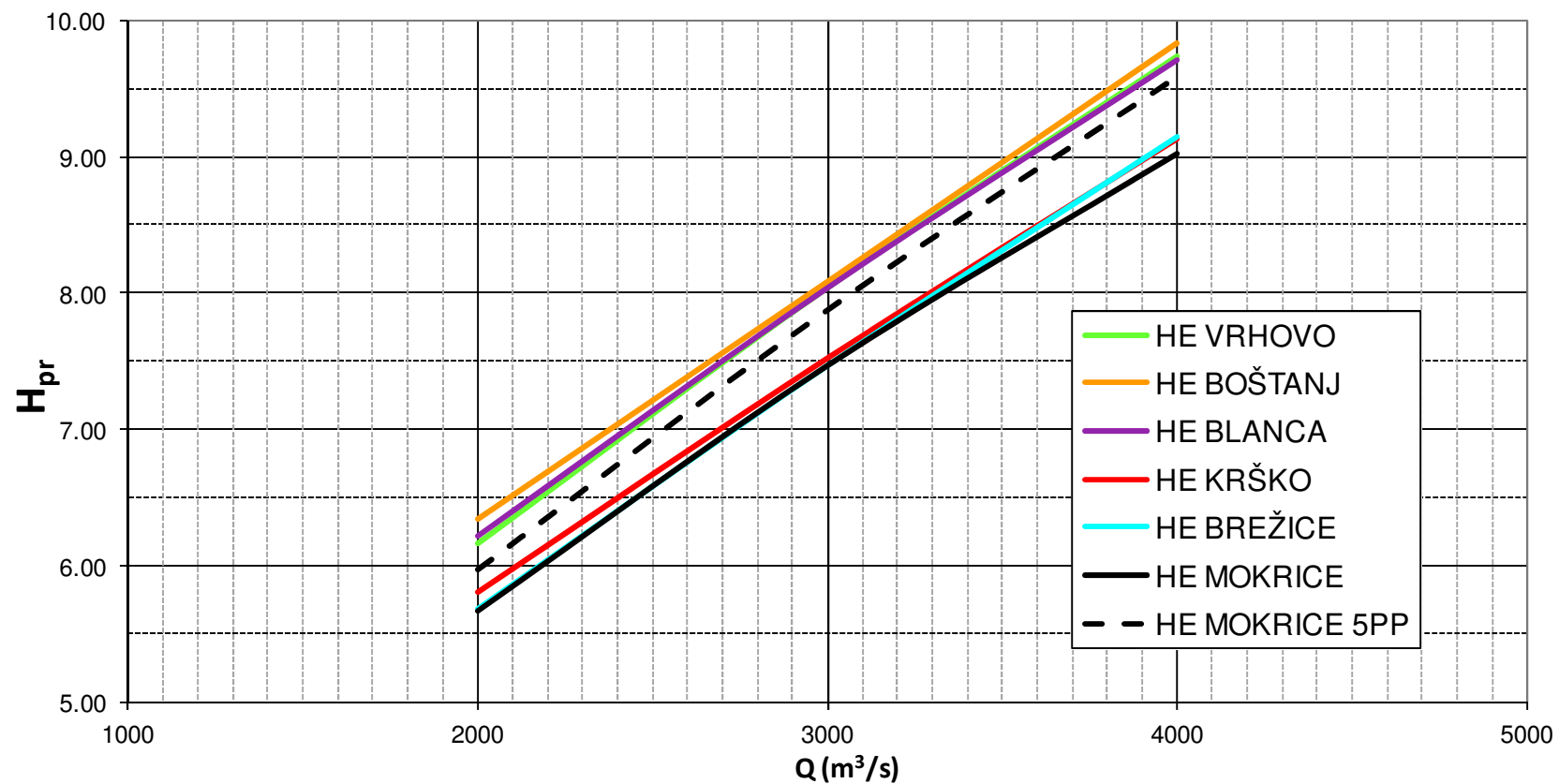


Froudovo število v spodnji strugi za podslapjem





Prelivna višina z vplivom višine spodnje vode



HE VRHOVO – primer nestabilnega delovanja podslapja

Velike količine plavja v akumulaciji



Izpiranje plavja ($1200 \text{ m}^3/\text{s}$, 1PP, $Y=6 \text{ m}$) – nepar. obratovanje



- vodni skok izven podslapja (nest. obratovanje podslapij)
- poškodbe, erozija na dolvodni strugi in brežinah



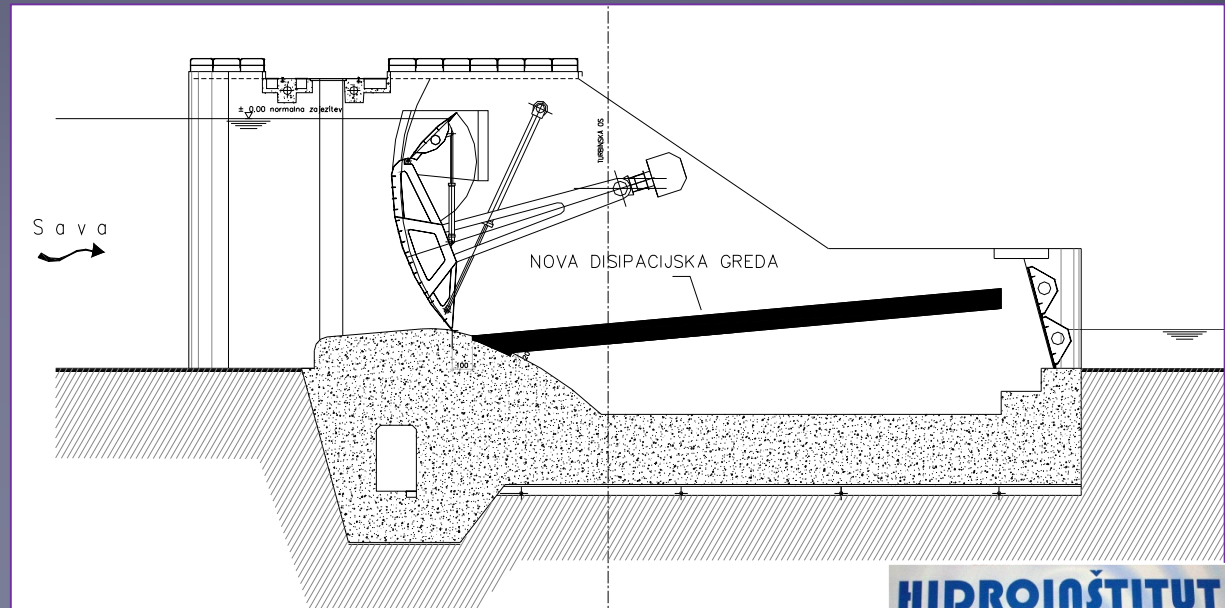
HE VRHOVO



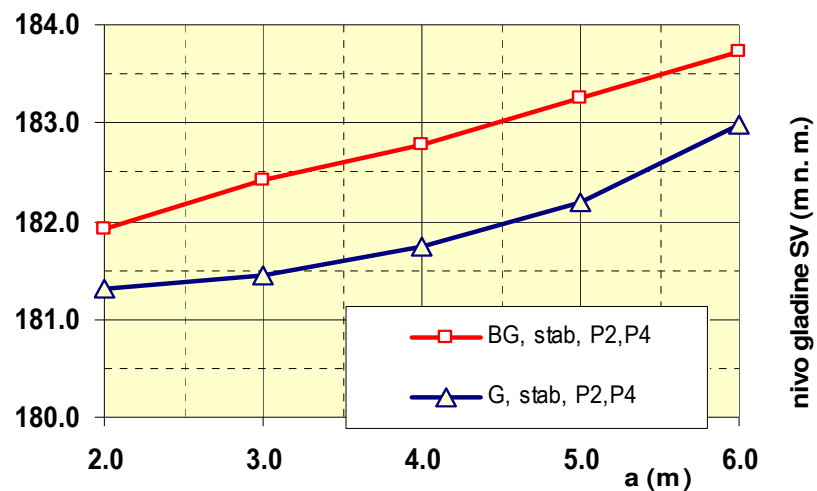
HIDROINŠTITUT



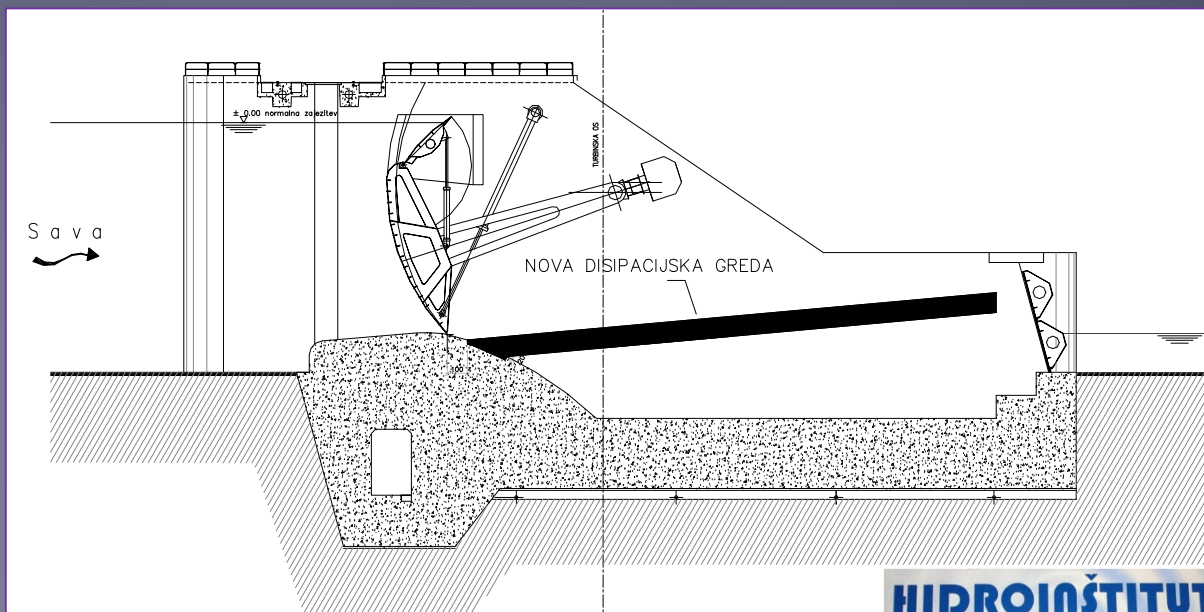
Povečati disipacijsko
zmogljivosti podslapij



Mejna linija stabilnega delovanja podslapja HE Vrhevo
v odvisnosti od višine spodnje vode in od odprtja
segmentne zapornice, model 1: 25



Povečati disipacijsko
zmogljivosti podslapij



ZAKLJUČKI

- Vpliv potopljenosti prelivov podoben .
- Razlike nastanejo pri praktičnem obratovanju zaradi:
 - specifičnosti lokacij pregrad,
 - geometrije, vzd. profila in prevodnosti dolvodne struge,
 - razlike v višini temena preliva in dna sp. struge,
 - različne učinkovitost podslapij (s HMR optimizacija podslapij – omogočeno radikalnejše nujno potrebno obratovanje)
 - pretočnih krivulj spodnje vode.
- S HMR individualna obravnava posamezne HE nujno potrebna (skriti problemi – značilnosti mikrolokacije in elektrarne).