



INSTITUT ZA TEHNOLOGIJU  
NUKLEARNIH I DRUGIH  
MINERALNIH SIROVINA  
Beograd



“GEA” d.o.o.  
Preduzeće za  
projektovanje  
i inženjering  
Pančevo

# TEHNIČKI RUDARSKI PROJEKAT NADVIŠENJA BRANE FLOTACIJSKOG JALOVIŠTA RUDNIKA GROT

## KNJIGA VIII

TEHNIČKI PROJEKAT OBELEŽAVANJA PODRUČJA  
UGROŽENOG U SLUČAJU PROLOMA BRANE GROT  
I SISTEMA OSMATRANJA I OBAVEŠTAVANJA NA TOM PODRUČJU

### SVESKA VIII.1

HIDRAULIČKA ANALIZA PROBOJA BRANE JALOVIŠTA GROT  
I DEFINISANJE UGROŽENOG PODRUČJA

Autor:

Dr Miodrag B. Jovanović, dipl. građ, inž.

Beograd, septembar 2020.god.

**TEHNIČKI RUDARSKI PROJEKAT  
NADVIŠENJA BRANE FLOTACIJSKOG JALOVIŠTA RUDNIKA GROT**

**KNJIGA VIII**

**TEHNIČKI PROJEKAT OBELEŽAVANJA PODRUČJA UGROŽENOG U  
SLUČAJU PROLOMA BRANE GROT I SISTEMA OSMATRANJA I  
OBAVEŠTAVANJA NA TOM PODRUČJU**

**SVESKA VIII.1**

**HIDRAULIČKA ANALIZA PROBOJA BRANE JALOVIŠTA GROT  
I DEFINISANJE UGROŽENOG PODRUČJA**

**Sadržaj**

Spisak slika i tabela  
Spisak grafičkih i tabelarnih priloga

**TEHNIČKI IZVEŠTAJ**

1. Uvod
  2. Podloge
  3. Metoda proračuna
  4. Računske varijante
  5. Rezultati proračuna
  6. Zaključci
- Literatura

**TABELARNI PRILOZI  
GRAFIČKI PRILOZI**

GEA D.o.o. Preduzeće za projektovanje i inženjering - Pančevo	TRP nadvišenja brane flotacijskog jalovišta Grot kod Krive Feje	SADRŽAJ	LISTOVA: -
	SVESKA VIII.1		LIST: -

## Spisak slika

**Slika 1-1.** Satelitski snimak jalovišta Grot kod Krive Feje (Google Earth®)

**Slika 2-1.** Karta dostupna na portalu „GeoSrbija“ i digitalni plan jalovišta Grot

**Slika 2-2.** Nizvodna granica računske oblasti

**Slika 2-3.** Karakteristični profili

**Slika 2-4.** Skica nadvišenja brane Grot sa merodavnim kotama

**Slika 2-5.** Kriva zapremine flutacijskog jalovišta Grot kod Krive Feje

**Slika 3-1.** Shematizacija breše u telu brane

**Slika 3-2.** Linearni ili nelinearni zakoni razrade breše

**Slika 3-3.** Reološki modeli fluida

**Slika 3-4.** Vrednosti kritičnog tangencijalnog napona za neke mešavine

**Slika 4-1.** Položaj probaja brane Grot

**Slika 4-2.** Usvojene dimenzije breše u telu brane Grot

**Slika 5-1.** Hidrogrami oticaja u profilu brane Grot

**Slika 5-2.** Nivogrami pražnjenja deponije i nivogrami neposredno nizvodno od brane Grot

**Slika 5-3.** Ugroženi stambeni objekti u donjem toku Korbevačke reke

## Spisak tabela

**Tabela 5-1.** Položaj profila u kojima se prikazuju rezultati proračuna

**Tabela 5-2.** Sniženje maksimalnog protoka na kraju računske oblasti

**Tabela 5-3.** Razlike maksimalnih kota nivoa u varijantama Prolom T=0,5 h i Prolom T=1,0 h

**Tabela 5-4.** Hidraulička dubina H u varijanti Prolom T=1,0 h

**Tabela 5-5.** Hidraulička dubina H u varijanti Prolom T=0,5 h

GEA D.o.o. Preduzeće za projektovanje i inženjeringu - Pančevo	TRP nadvišenja brane flotacijskog jalovišta Grot kod Krive Feje	SPISAK SLIKA I TABELA	LISTOVA: -
	SVESKA VIII.1		LIST: -

## Spisak grafičkih priloga

- PRILOG G1: Razmatrana oblast na karti u razmeri 1:25000
- PRILOG G2: Karta u razmeri 1:25000 i digitalni model terena (DMT) sa dolinama razmatranih vodotoka
- PRILOG G3: Uzdužni profil razmatranih vodotoka
- PRILOG G4: Diskretizacija računske oblasti-položaj poprečnih profila generisanih sa DMT
- PRILOG G5: Položaj računskih profila u dolini Seliškog potoka
- PRILOG G6: Položaj računskih profila u dolini reke Soboštice
- PRILOG G7: Položaj računskih profila u dolini Klisurske reke
- PRILOG G8: Položaj računskih profila u dolini Korbevačke reke
- PRILOG G9: Položaj interpolovanih računskih profila
- PRILOG G10: Položaj interpolovanih računskih profila u dolini Sliškog potoka
- PRILOG G11: Položaj interpolovanih računskih profila u dolini reke Soboštice
- PRILOG G12: Položaj interpolovanih računskih profila u dolini Klisurske reke
- PRILOG G13: Položaj interpolovanih računskih profila u dolini Korbevačke reke
- PRILOG G14: Položaj Računskih Evidencionih Profila (REP) za prikaz rezultata
- PRILOG G15: Prostiranje poplavnog talasa-hidrogrami / Trajanje proloma brane T=1,0 h
- PRILOG G16: Prostiranje poplavnog talasa-hidrogrami / Trajanje proloma brane T=0,5 h
- PRILOG G17: Uzdužni profil maksimalnih protoka
- PRILOG G18: Prostiranje poplavnog talasa – nivogrami (1)
- PRILOG G19: Prostiranje poplavnog talasa – nivogrami (2)
- PRILOG G20: Prostiranje poplavnog talasa – nivogrami (3)
- PRILOG G21: Prostiranje poplavnog talasa – nivogrami (4)
- PRILOG G22: Prostiranje poplavnog talasa – nivogrami (5)
- PRILOG G23: Uzdužni profil maksimalnih kota nivoa (1)
- PRILOG G24: Uzdužni profil maksimalnih kota nivoa (2)
- PRILOG G25: Uzdužni profil maksimalnih kota nivoa (3)
- PRILOG G26: Uzdužni profil maksimalnih kota nivoa (4)
- PRILOG G27: Vremena pojave čela talasa i maksimalne kote nivoa
- PRILOG G28: Maksimalne dubine u plavnoj zoni (1) – Dolina Seliškog potoka
- PRILOG G29: Maksimalne dubine u plavnoj zoni (2) – Doline reke Soboštice i Klisurske reke
- PRILOG G30: Maksimalne dubine u plavnoj zoni (3) – Doline Klisurske reke i Korbevačke reke
- PRILOG G31: Maksimalne dubine u plavnoj zoni (4) – Dolina Korbevačke reke
- PRILOG G32: Maksimalne kote nivoa u plavnoj zoni (1) – Dolina Seliškog potoka
- PRILOG G33: Maksimalne kote nivoa u plavnoj zoni (2) – Doline reke Soboštice i Klisurske reke
- PRILOG G34: Maksimalne kote nivoa u plavnoj zoni (3) – Doline Klisurske reke i Korbevačke reke
- PRILOG G35: Maksimalne kote nivoa u plavnoj zoni (4) – Dolina Korbevačke reke
- PRILOG G36: Položaj belega za obeležavanje granice plavne oblasti (1) – Dolina Seliškog potoka
- PRILOG G37: Položaj belega za obeležavanje granice plavne oblasti (2) – Doline r. Soboštice i Klisurske r.
- PRILOG G38: Položaj belega za obeležavanje granice plavne oblasti (3) – Doline Klisurske r. i Korbevačke r.
- PRILOG G39: Položaj belega za obeležavanje granice plavne oblasti (4) – Dolina Korbevačke reke
- PRILOG G40: Tehničke karakteristike belega za obeležavanje bezbednih kota na terenu

## Spisak tabelarnih priloga

- PRILOG T1: Vreme nailaska čela talasa i maksimalne kote sa vremenom pojave
- PRILOG T2: Belege na desnoj obali (1)
- PRILOG T3: Belege na desnoj obali (2)
- PRILOG T4: Belege na desnoj obali (3)
- PRILOG T5: Belege na levoj obali (1)
- PRILOG T6: Belege na levoj obali (2)
- PRILOG T7: Belege na levoj obali (3)

GEA D.o.o. Preduzeće za projektovanje i inženjeringu - Pančevo	TRP nadvišenja brane flotacijskog jalovišta Grot kod Krive Feje	SPISAK GRAFIČKIH I TABELARNIH PRILOGA	LISTOVA: -
	SVESKA VIII.1		LIST: -

## TEHNIČKI IZVEŠTAJ

GEA D.o.o. Preduzeće za projektovanje i inženjering - Pančevo	TRP nadvišenja brane flotacijskog jalovišta Grot kod Krive Feje	-	LISTOVA: -
	SVESKA VIII.1	-	LIST: -

## 1. UVOD

Ovaj projekat se bavi razmatranjem hidrauličkih posledica eventualnog proboja nadvišene brane flotacijskog jalovišta Grot kod Krive Feje (Slika 1-1), udaljenog od Vranjske banje (u vazdušnoj liniji) nepunih 15 km (Prilog G1). Razmatrana obalast obuhvata prostor između jalovišta Grot i doline Južne Morave. Reč je o uskim dolinama nekoliko vodotoka: Seliškog potoka, reke Soboštice, Klisurske reke i Korbevačke reke (Prilog G2).



**Slika 1-1.** Satelitski snimak jalovišta Grot kod Krive Feje (Google Earth®)

Na jalovištu Grot postoje dve brane (Slika 1-1). Ovde se razmatra isključivo "velika" brana, dok ona "mala" nije od interesa za analizu hidrauličkih posledica proloma brane, jer je kota krune ove brane niža od okolnog terena.

Osnovni zadatak ovog projekta je da se na osnovu hidrauličkih proračuna definiše oblast potencijalno ugrožena rušenjem ("velike") brane Grot, što podrazumeva određivanje granice plovne zone nizvodno od jalovišta, maksimalnih kota nivoa poplavnog talasa i brzinu njegovog prostiranja. Ovi podaci su osnova za sledeću fazu projektovanja - izradu projekta za obeležavanje plavnog područja i formiranje sistema za rano upozorenje stanovništva na tom području.

Hidrauličke analize proloma brana zasnovane su na teoriji neustaljenog strujanja vode sa slobodnom površinom i sprovode se u skladu sa inostranim i domaćim preporukama [5, 13, 20]. Računska metoda i pretpostavke koje su vezane za dinamiku rušenja brane i kretanje mešavine vode i jalovine biće razmatrane u tački 3, dok su početni i granični uslovi, vezani za računske varijante, dati u tački 4 ovog izveštaja.

Rezultati proračuna, prikazani u tački 5, odnose se na dva slučaja proloma brane – sporiji prolom trajanja 1 h (60 min) i brži prolom, trajanja 0,5 h (30 min). U oba slučaja korišćena je ista geometrija računske oblasti, sa istim graničnim uslovima. Za hidrauličku analizu su bili merodavni sledeći osnovni podaci iz Tehničkog rudarskog projekta: visina nadvišenja sadašnje brane (12 m), ukupna visina brane 112 m (kota krune 1192 mm), konačna kota nivoa deponije 1190 mm i zapremina deponije 9 miliona m<sup>3</sup>.

GEA D.o.o. Preduzeće za projektovanje i inženjeringu - Pančevo	TRP nadvišenja brane flotacijskog jalovišta Grot kod Krive Feje	1. UVOD	LISTOVA: 2
	SVESKA VIII.1		LIST: 1

Osnovni rezultati proračuna se sastoje od:

- rasporeda protoka i kota nivoa u prostoru i vremenu - hidrograma i nivograma;
- pokazatelja brzine prostiranja talasa - vremena pojave čela talasa i vremena pojave maksimalne kote nivoa;
- granice plavne oblasti.

Ovi rezultati su prikazani u grafičkim prilozima ovog izveštaja. Vrednosti koje se odnose na maksimalne kote nivoa (bitne za obeležavanje terena), kao i na vremena pojave čela i vrha talasa (bitne za rano upozorenje stanovništva) date su i u tabelarnom obliku.

U posebnim prilozima prikazana je karta sa granicom plavnog područja i preliminarnim položajem belega za obeležavanje bezbednih kota na terenu. Konačni raspored belega, prilagođen uslovima na terenu, odrediće se u Tehničkom projektu sistema osmatranja i obaveštavanja (Sveska VIII.2).

U tački 6 dati su zaključci.

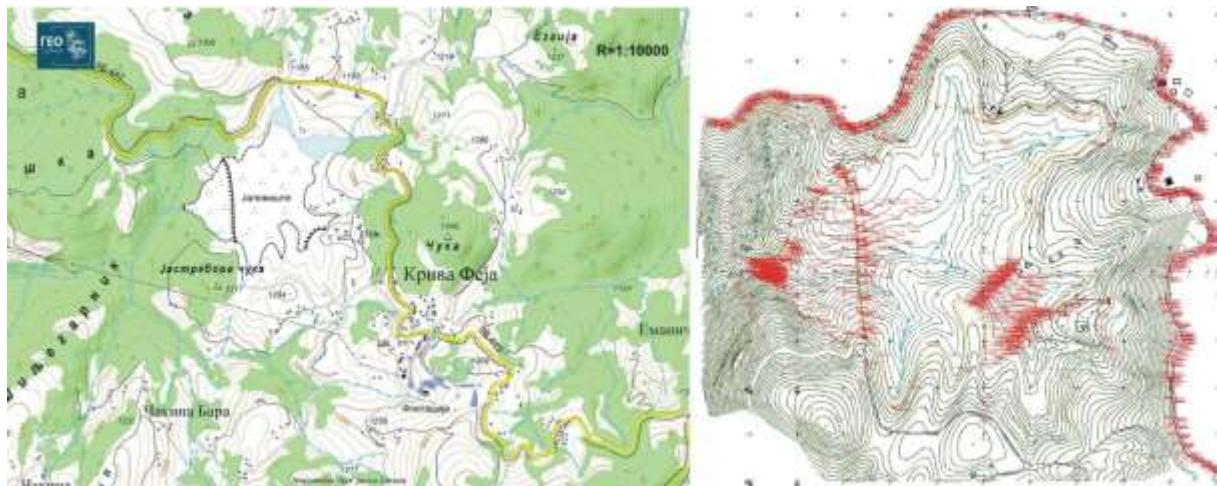
Može se napomenuti da su pri izradi ovog projekta korišćena višedecenijska iskustva na izradi sličnih projekata na Građevinskom fakultetu u Beogradu [6-12], kao i kroz objavljivanje naučnih i stručnih radova koji se odnose na datu problematiku [2, 14-16].

GEA D.o.o. Preduzeće za projektovanje i inženjeringu - Pančevo	TRP nadvišenja brane flotacijskog jalovišta Grot kod Krine Feje	1. UVOD	LISTOVA: 2
	SVESKA VIII.1		LIST: 2

## 2 PODLOGE

### 2.1 Topografske i geodetske podloge

Za izradu ovog projekta, na rapolaganju je bio digitalni plan jalovišta Grot, izrađen na osnovu najnovijeg geodetskog snimanja (Slika 2.1). Iz ovog plana, korišćeni su samo osnovni podaci: kote krune postojeće brane, prosečni nivoi deponije i podnožja brane u koritu Seliškog potoka).



**Slika 2-1.** Karta dostupna na portalu „GeoSrbija“ i digitalni plan jalovišta Grot (geodetski snimljene tačke su označene crvenom bojom).

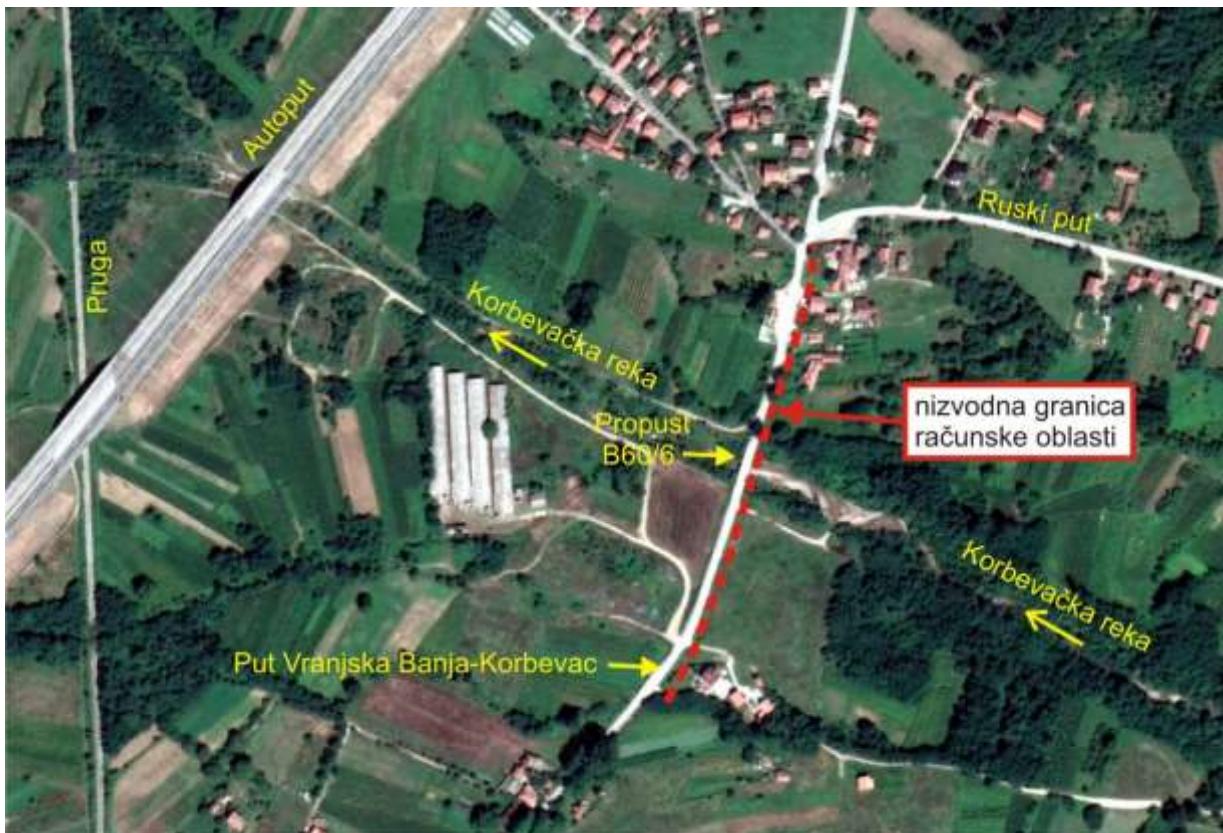
Kako se unapred ne može definisati domet poplavnog talasa nastalog prołomom brane Grot, bilo je potrebno pribaviti topografske podloge celog područja između jalovišta Grot i doline J. Morave, a to znači dolina Seliškog potoka, reke Soboštice, Klisurske reke i Korbevačke reke. Granica u dolini Južne Morave je postavljena na njenoj desnoj obali, duž nasipa lokalnog puta Vranjska Banja-Korbevac, sa propustima B60/6, B60/6.5 i B60/6.6 (Slika 2-2). Procena je bila (kasnije računom potvrđena) da vrh talasa ne može mnogo premašiti niveletu ovog puta.

Postavljanje nizvodne granice računskog domena na prelazu iz doline Korbevačke reke u dolinu Južne Morave vezano je i za metodologiju proračuna. Naime, primena računskog modela linjiskog (1D) tečenja je opravdana samo u relativno uskim rečnim dolinama, dok se za široke inundacione površine velikih reka moraju koristiti znatno složeniji modeli ravanskog (2D) tečenja, koji se ne koriste u standardnim proračunima.

Za područje između jalovišta i doline Južne Morave na raspolaganju su georeferencirane karte u razmeri 1:50000, 1:25000 i 1:10000 na internet sajtu „GeoSrbija“ (Slika 2-1). Međutim, umesto ovih karata, u ovom projektu su korišćene georeferencirane karte Geografskog instituta SANU u razmeri 1:25000, jer je uz njih, dobijen i odgovarajući digitalni model terena (DMT). Pomoću ovih podloga (PRILOG G2), za potrebe hidrauličkog proračuna su generisani poprečni profili pomoću GIS alata Mapper, koji je sastavni deo softverskog paketa HEC-RAS [21].

Prateći trase pomenutih vodotoka, povučena je linija dna korita (talveg) i definisan uzdužni profil razmatranog područja (PRILOG G3). Može se konstatovati da je uprosečeni uzdužni nagib izuzetno veliki: Seliški potok: 9,2 – 10,3 %, reka Soboštica: 5,6 %, Klisurska reka: 3,1 %, Korbevačka reka: 2,2 %. Ove vrednosti već unapred ukazuju na buran režim tečenja, što predstavlja veliku teškoću za numeričku simulaciju poplavnog talasa. Pored toga, imajući u vidu ovako velike uzdužne nagibe, a male širine doline, već je unapred jasno da ne može doći do značajnijeg usputnog smanjenja vrha talasa, niti do njegovog usporavanja.

GEA D.o.o. Preduzeće za projektovanje i inženjering - Pančevo	TRP nadvišenja brane flotacijskog jalovišta Grot kod Krive Feje	2. PODLOGE	LISTOVA: 5
	SVESKA VIII.1		LIST: 1



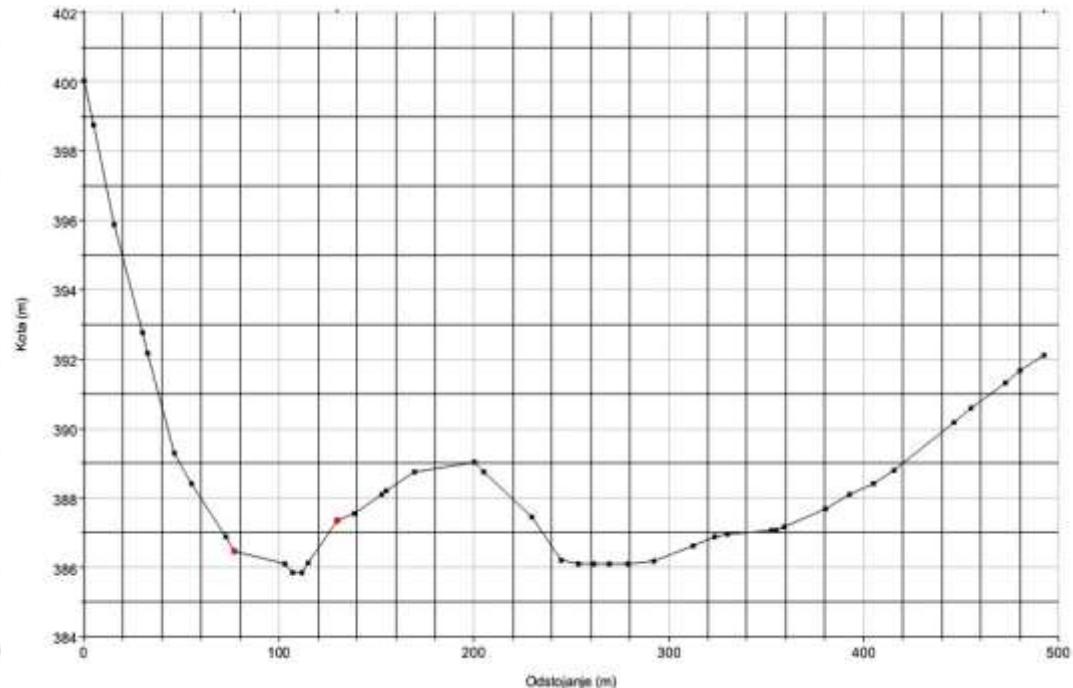
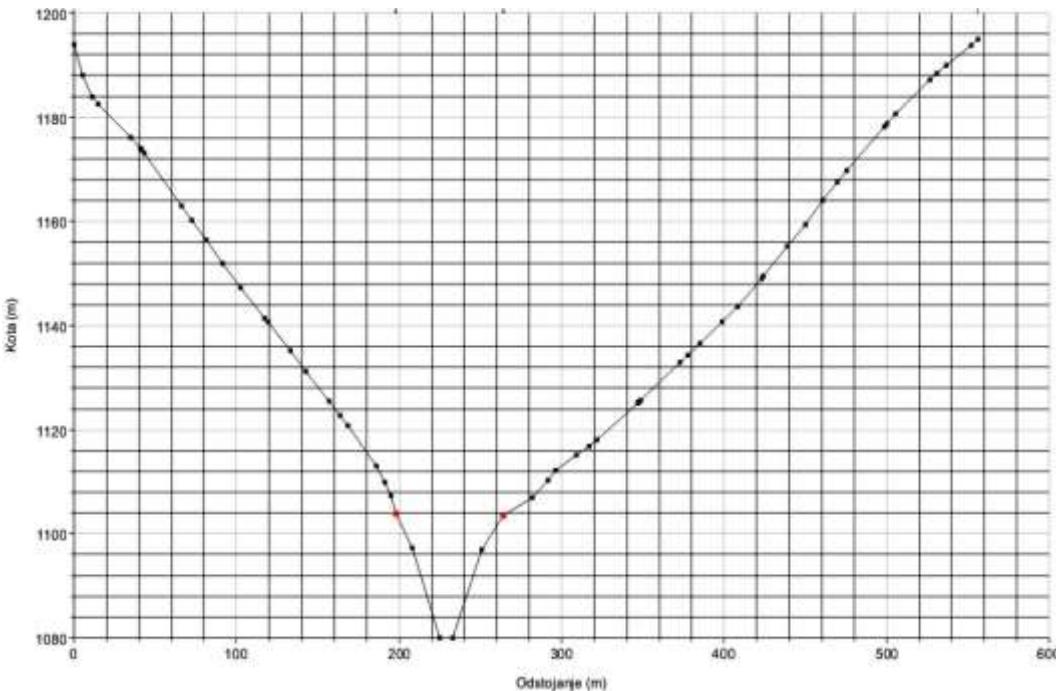
**Slika 2-2.** Nizvodna granica računske oblasti

Diskretizacija razmatrane oblasti je podrazumevala postavljanje određenog broja računskih poprečnih profila na hidraulički relevantnim mestima (krivine, suženja, proširenja, ušća i dr.). Definisano je ukupno 107 osnovnih profila, na prosečnom razmaku od oko 140 m (PRILOZI G4 - G8). Međutim, stabilnost proračuna je zahtevala interpolaciju velikog broja računskih profila između osnovnih profila (PRILOZI G9 – G13), na prosečnom razmaku od oko 10 m, tako da su proračuni obavljani sa ukupno 1515 profila.

Poprečni profili čine geometrijsku bazu podataka za hidrauličke proračune, ali se zbog ogromnog broja, svi ne mogu prikazati u ovom izveštaju. Tek ilustracije radi, na Slici 2-3 prikazana su dva profila - profil Seliškog potoka neposredno nizvodno od brane Grot i profil na nizvodnom kraju računske oblasti, u dolini Korbevačke reke, na lokaciji Cevanci, oko 14 km nizvodno od brane.

**Važna napomena:** Topografske podloge koje se odnose na doline razmatranih vodotoka nisu zasnovane na terenskom geodetskom snimanju, već su formirane na osnovu DMT. Kako je prostorna rezolucija DTM-a (veličina piksela)  $30 \times 30$  m, iz njega generisane podloge imaju ograničenu tačnost. To znači da ni rezultati hidrauličkog proračuna ne mogu biti apsolutno tačni. Ovo treba imati u vidu kada su u pitanju granica plavne zone i maksimalne kote plavljenja. To međutim, nikako ne znači da se rezultati sprovedenog hidrauličkog proračuna ne mogu koristiti za projektovanje sistema obeležavanja i obaveštavanja (OIO).

GEA D.o.o. Preduzeće za projektovanje i inženjering - Pančevo	TRP nadvišenja brane flotacijskog jalovišta Grot kod Krive Feje	2. PODLOGE	LISTOVA: 5
	SVESKA VIII.1		LIST: 2



**Slika 2-3.** Karakteristični profili; levo: profil Seliškog potoka neposredno nizvodno od brane Grot; desno: profil Korbevačke reke na lokaciji Cevanci, oko 14 km nizvodno od brane.

GEA D.o.o. Preduzeće za projektovanje i inženjering - Pančevo	TRP nadvišenja brane flotacijskog jalovišta Grot kod Krive Feje	2. PODLOGE	LISTOVA: 5
	SVESKA VIII.1		LIST: 3

## 2.2 Hidrološke podloge

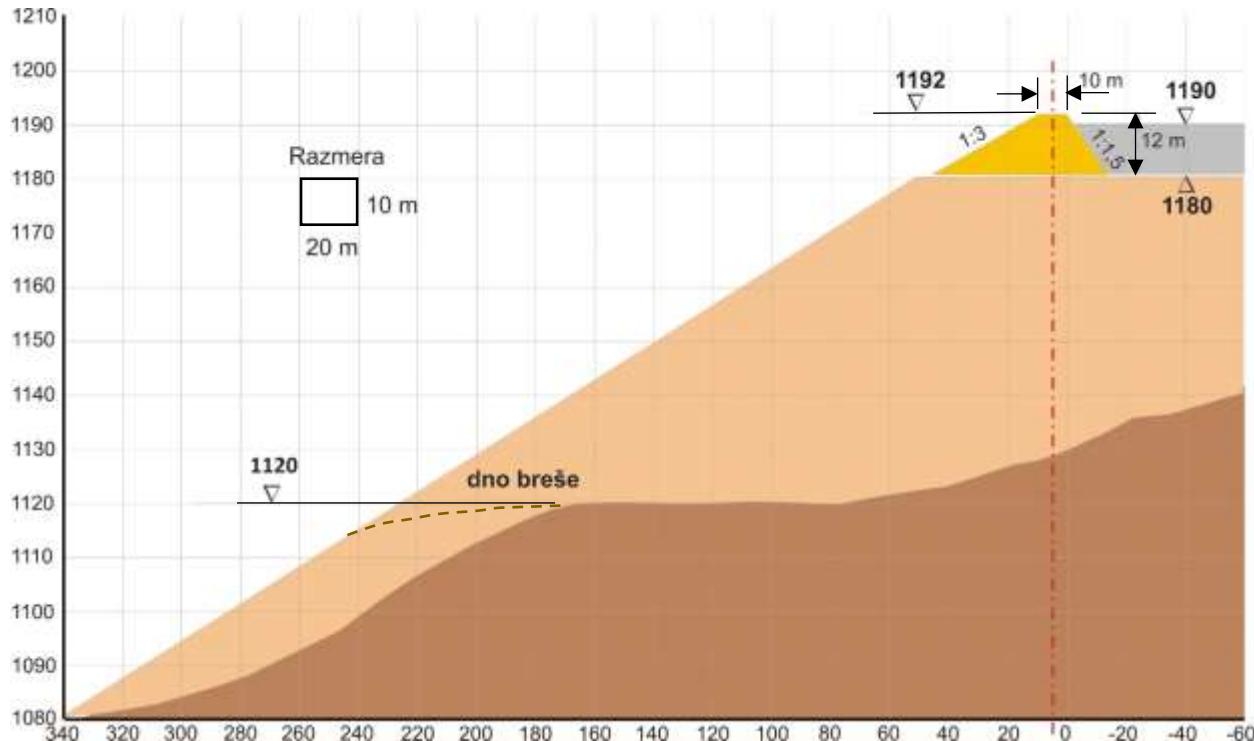
U okviru ovog projekta nije rađena hidrološka analiza, jer atmosferske vode u ovom slučaju nisu kritične i ne mogu značajno uticati na veličinu poplavnog talasa u slučaju proloma brane. U proračunima nisu uzeti u obzir ni kapaciteti evakuacionih objekata na brani, jer su oni beznačajni u odnosu na protoke koji bi se u slučaju proloma brane javili na mestu brane i na nizvodnom području.

## 2.3 Hidrauličke podloge

Hidraulička rapavost je usvojena na osnovu podataka iz literature [17, 22], jer u nedostatku snimljenih linija nivoa, vrednosti Maningovog (Manning) koeficijenta rapavosti se ne mogu kalibrirati. Zbog veoma krupnog nanosa i velike obraslosti terena, za glavno korito vodotoka usvojena je vrednost Maningovog koeficijenta rapavosti  $n=0,04 \text{ m}^{-1/3}\text{s}$ , a inundacija  $n = 0,05 \text{ m}^{-1/3}\text{s}$ . Ove vrednosti imaju veze i sa karakterom fliuda (gustom mešavinom), o čemu će biti reči u narednoj, 3. tački ovog izveštaja.

## 2.4 Podaci o brani i jalovištu Grot

Na Slici 2-4 prikazana je skica brane Grot prema projektu nadvišenja.



Slika 2-4. Skica nadvišenja brane Grot sa merodavnim kotama

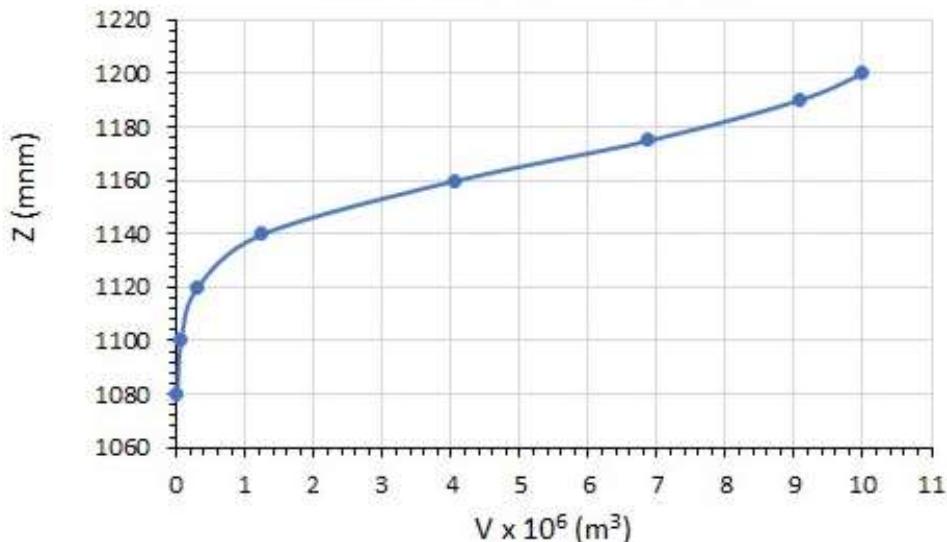
Imajući u vidu konfiguraciju prirodnog terena ispod materijala odloženog u deponiji, procenjeno je da bi se u slučaju proloma brane, u njenom telu formirala breša sa konačnom kotom dna 1120 mm, kao što je prikazano na Slici 2-4. Detaljnije obrazloženje procesa proloma brane biće dato u tački 3 ovog izveštaja.

GEA D.o.o. Preduzeće za projektovanje i inženjeringu - Pančevo	TRP nadvišenja brane flotacijskog jalovišta Grot kod Krive Feje	2. PODLOGE	LISTOVA: 5
	SVESKA VIII.1		LIST: 4

Za hidrauličke proračune korišćeni su sledeći podaci o brani i jalovištu:

- Konačna kota krune brane: 1192 mm;
- Konačna kota nivoa deponije: 1190 mm;
- Visina nadvišenja: 12 m;
- Kota terena u nožici: 1080 mm;
- Visina nadvišene brane:  $1192 - 1080 = 112$  m;
- Širina krune brane: 10 m;
- Dužina brane u kruni: 600 m;
- Nagib kosina: nizvodni 1:3, uzvodni 1:1,5 (ka deponiji);
- Jedinična težina deponovane i prirodno oceđene jalovine: 17,5 kN/m<sup>3</sup>;
- Ukupna zapremina deponije (hidrociklonirani pesak+deponovani preliv-mulj):  $9,06 \times 10^6$  m<sup>3</sup>.

Kriva zapremine jalovišta prikazana je na Slici 2-5. Veličina početne zapremine deponije je za proračun poplavnog talasa veoma važna, jer utiče na zapreminu poplavnog talasa koji nastaje prołomom brane.



**Slika 2-5.** Kriva zapremine flutacijskog jalovišta Grot kod Krive Feje (ekstrapolovana do kote 1200 mm).

GEA D.o.o. Preduzeće za projektovanje i inženjering - Pančevo	TRP nadvišenja brane flotacijskog jalovišta Grot kod Krive Feje	2. PODLOGE	LISTOVA: 5
	SVESKA VIII.1		LIST: 5

### 3. METODA PRORAČUNA

Pri numeričkom modeliranju hidrauličkih posledica rušenja brana, javlja se niz problema, od kojih su najvažniji:

- izbor i definisanje merodavnih hidroloških uslova;
- izbor merodavnih nivoa u akumulaciji;
- određivanje protoka evakuacionih objekata;
- definisanje dinamike rušenja brane;
- numeričko modeliranje prostiranja talasa nizvodno od brane;
- kalibracija i provera računskog modela.

Računski model proloma brane daje kao rezultat poplavni talas (grafiki prikazan hidrogramom), na osnovu koga se određuje obim plavljenja nizvodnog područja. Karakteristike tog hidrograma (zapremina i maksimalni protok) zavise od početne kote nivoa vode u akumulaciji (odnosno njene zapremine), kao i usvojene brzine rušenja brane. Rezultat proračuna prostiranja poplavnog talasa predstavlja vremenski i prostorni raspored protoka i brzine kretanja talasa, odnosno kota nivoa i dubina, nizvodno od brane. Ovi rezultati se dobijaju (obično) primenom modela linijskog neustaljenog tečenja, koji je ugrađen u softverski paket HEC-RAS [21] – standardni numerički alat u hidraulici otvorenih tokova.

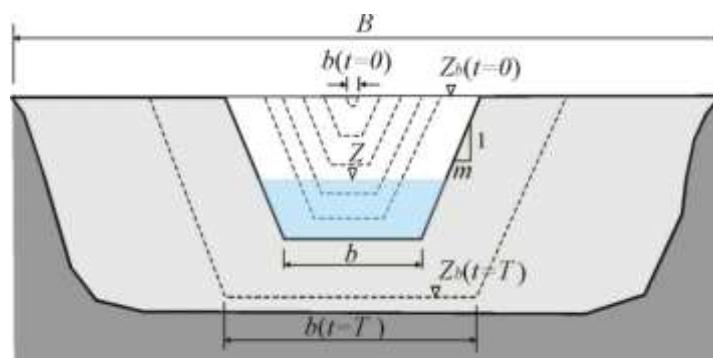
**Modeliranje proloma brane.** Računski model je zasnovan na sledećim prepostavkama:

- rušenje nasute brane je delimično i postepeno, uz formiranje breše u telu brane;
- poprečni presek breše je trapeznog ili pravougaonog oblika;
- širina breše u dnu i visina breše, kao i njena brzina razrade (konstantna ili promenljiva) definišu se na osnovu podataka o registrovanim prołomima brana iz prošlosti.

U nastavku se daje kratko obrazloženje navedenih prepostavki.

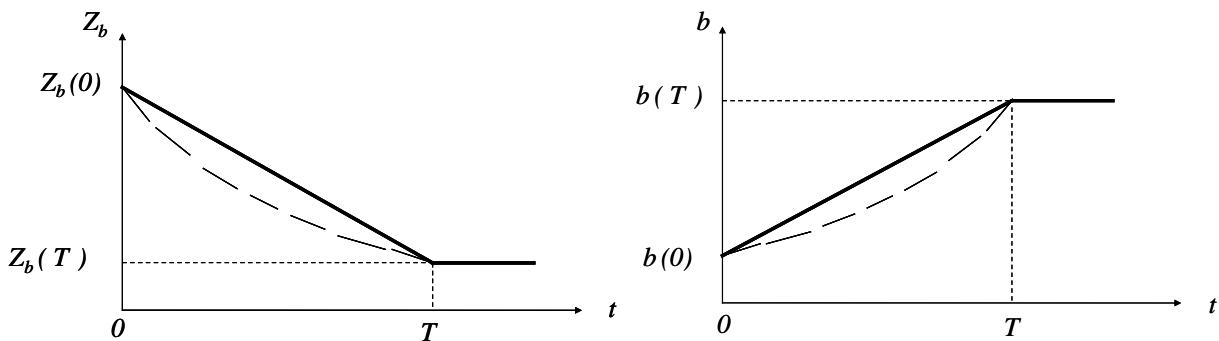
S obzirom na dužinu i konstruktivne karakteristike nasutih brana, njihovo rušenje može biti samo *delimično* i *progresivno*, sa formiranjem breše u telu brane. Ova prepostavka je potvrđena brojnim havarijama brana i nasipa iz prošlosti, o čemu postoje podaci u literaturi, na pr. [3, 4, 5, 18, 19]. Kroz brešu ističe deponovana jalovina koja ima svojstva gustog viskoznog fluida.

U hidrauličkom smislu, isticanje kroz brešu se tretira kao prelivanje preko širokog praga. Pri tome, numeričkim modelom se obično ne simulira fizički proces erozije materijala pod uticajem prelivnog mlaza, već se samo računa izlazni hidrogram na osnovu prepostavljenog oblika breše (Slika 3-1) i usvojene zakonitosti njenog razvoja (Slika 3-2).



**Slika 3-1.** Shematizacija breše u telu brane; breša je trapeznog ili pravougaonog oblika ( $m$  – nagib kosina definisan uglom unutrašnjeg trenja), a njena širina ( $b$ ) i kota dna ( $Z_b$ ) menjaju se zadatom brzinom od usvojenih početnih do krajnjih vrednosti u vremenskom intervalu  $0 < t < T$ .

GEA D.o.o. Preduzeće za projektovanje i inženjeringu - Pančevo	TRP nadvišenja brane flotacijskog jalovišta Grot kod Krive Feje	3 METODA PRORAČUNA	LISTOVA: 5
	SVESKA VIII.1		LIST: 1



**Slika 3-2.** Linearni ili nelinearni zakoni razrade breše trapeznog/pravougaonog oblika, po visini i širini; kote dna breše u početnom trenutku  $Z_b(0)$  i u trenutku kraja proloma  $Z_b(T)$  zadaju se shodno konkretnim uslovima; isto važi i za početnu i krajnju širinu breše  $b(0)$  i  $b(T)$ , pri čemu se za definisanje zakona razrade breše koriste podaci iz literature [3, 4, 5, 18, 19].

Dinamika razvoja breše može se analitički opisati u opštem obliku [4]:

$$Z_b(t) = Z_b(0) - [Z_b(0) - Z_b(T)] \left( \frac{t}{T} \right)^{a_1} \quad (3-1)$$

$$b(t) = b(0) + [b(T) - b(0)] \left( \frac{t}{T} \right)^{a_2} \quad (3-2)$$

Vrednosti eksponenata  $a_1$  i  $a_2$  određuju brzinu razrade breše; za  $a_1=a_2=1$ , brzina je konstantna (linearni zakon), a za  $a_1 = a_2 = 2$ , brzina je promenljiva (nelinearni - kvadratni zakon razrade).

Prolomi brana i nasipa iz prošlosti uglavnom potvrđuju realnost opisane shematizacije breše. Tako na primer, breše u telu nasipa pepelišta "Kostolac" koja je snimljena nakon havarije 13.06.2002. godine, bila je pravougaonog poprečnog preseka, a njena evolucija imala je linearanu zakonitost [10].

Već je rečeno da se u hidrauličkom smislu isticanje kroz brešu tretira kao prelivanje preko širokog praga promenljivih dimenzija u vremenu. Trenutni protok kroz brešu je definisan jednačinom nepotopljenog (u završnoj fazi razrade, eventualno potopljenog) prelivanja preko širokog praga [4]. Račun prelivanja se obavlja sve dok je trenutni nivo vode u deponiji viši od trenutne kote dna preliva ( $Z > Z_b$ ).

Pored karakteristika breše, na izlazni talas bitno utiče zapremina akumulacije. Pražnjenje akumulacije usled oticanja kroz brešu može se uprošćeno računati rešavanjem jednačine kontinuiteta [16, 17, 21]:

$$\frac{dV(Z)}{dt} \equiv \Omega(Z) \cdot \frac{dz}{dt} = Q_u(t) - Q_b(t) \quad (3-3)$$

gde su  $Z$ ,  $V$  i  $\Omega$  - trenutna kota nivoa, zapremina i površina vodene akumulacije,  $Q_u$  - trenutni dotok, a  $Q_b$  - trenutni protok (oticaj) kroz brešu. Kao ulazni podaci zadaju se krive zapremine ili površine akumulacije. Diferencijalna jednačina (3-3) je nelinearna i mora se rešavati nekom numeričkom metodom, uz početni uslov:  $Z(t=0) = Z_0$ , gde je  $Z_0$  – zadata početna kota nivoa vode u akumulaciji.

GEA D.o.o. Preduzeće za projektovanje i inženjeringu - Pančevo	TRP nadvišenja brane flotacijskog jalovišta Grot kod Krive Feje	3 METODA PRORAČUNA	LISTOVA: 5
	SVESKA VIII.1		LIST: 2

**Modeliranje kretanja talasa.** Računom se predviđa transformacije poplavnog talasa u rečnom koritu i inundacijama. Rezultat proračuna je prostorni i vremenski raspored kota nivoa i protoka duž razmatrane računske deonice. Linijsko (prostorno jednodimenziono 1D) neustaljeno tečenje u prirodnim tokovima opisuje se sistemom parcijalnih diferencijalnih jednačina [1, 4, 17, 21, 22]:

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} - q = 0 \quad (3-4)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{Q^2}{A} \right) + g \cdot A \cdot \frac{\partial Z}{\partial x} + g \cdot A \cdot \left( \frac{Q \cdot |Q|}{K^2} \right) = 0 \quad (3-5)$$

od kojih prva jednačina iskazuje zakon održanja mase (jednačina kontinuiteta), a druga zakon održanja količine kretanja (dinamička jednačina). Nezavisno promenljive su odstojanje i vreme ( $x, t$ ), a zavisno promenljive, kota nivoa i protok ( $Z, Q$ ).

Hidraulički modul  $K = (1/n) AR^{2/3}$  može se raščlaniti u složenom poprečnom preseku na više komponenti:  $K = \sum K_i = \sum (1/n_i) A_i R_i^{2/3}$  ( $i = 1, 2, \dots$ ), tako da se obuhvati neravnomernost rapavosti po poprečnom preseku, što je neophodno kada se radi o tečenju vode izlivene po inundacijama [1, 17]. Maningov koeficijent otpora ( $n$ ) ima ulogu kalibracionog parametra. U jednačini (3-4) jedinični dotok (ako postoji) nosi oznaku “ $q$ ”, a u jednačini (3-5) figurišu još površina poprečnog preseka ( $A$ ), hidraulički radius ( $R$ ) i gravitaciono ubrzanje ( $g$ ).

Sistem jednačina (3-4)-(3-5) je nelinearan i može se rešavati isključivo numeričkim metodama. U praksi se za datu vrstu problema obično koristi Prajsmanova (Preissman) shema konačnih razlika [1, 4, 17, 21]. Proračunu prethodi prostorna diskretizacija računske oblasti u vidu većeg broja poprečnih profila duž vodotoka. Već je rečeno da je u ovom projektu korišćeno 107 profila generisanih sa digitalnog modela terena i georeferencirane karte, sa interpolacijom dodatnih 1408 računskih profila na prosečnom razmaku od 10 m, tako da je ukupni broj računskih profila iznosio 1515.

Rešavanje sistema (3-4)-(3-5) uslovljeno je i zadavanjem određenih početnih i graničnih uslova. Početnim uslovima definisan je raspored zavisno promenljivih ( $Z, Q$ ) u trenutku  $t = 0$ . Ovi uslovi se automatski generišu u procesu „zagrevanja modela“ kada se u većem broju računskih vremenskih koraka jednačine (3-4)-(3-5) rešavaju sa konstantnim zadatim protokom.

Uzvodni granični uslov je spoljašnji dotok u akumulaciju (u ovom slučaju, definisan kao nulti dotok). U problemima proloma brana, postoji i tzv. „unutrašnji granični uslov“, koji je definisan zadatim karakteristikama breše. Nizvodni uslov je u ovom slučaju računska normalna dubina na izlaznom kraju računske oblasti (uslov u obliku računske krive protoka).

U ovom projektu je pretpostavljeno da preko razmatranih vodotoka nema mostova. Čak i da ih ima, svojom veličinom i konstruktivnim karakteristikama ne bi bitno ometali prostiranje poplavnog talasa, jer bi bili zagušeni i preliveni, a verovatno i srušeni.

**Kalibracija modela.** U hidrotehničkoj praksi je uobičajeno da se računski modeli kalibrišu. Podrazumeva se da je profesionalno izrađen softver istestiran i pouzdan, tako da kalibracija služi samo za podešavanje vrednosti parametara modela. Da bi to bilo moguće, neophodno je da se raspolaže sa bar jednom snimljenom linijom nivoa pri nekom poznatom protoku. Još je bolje ako se raspolaže sa više snimljenih linija nivoa.

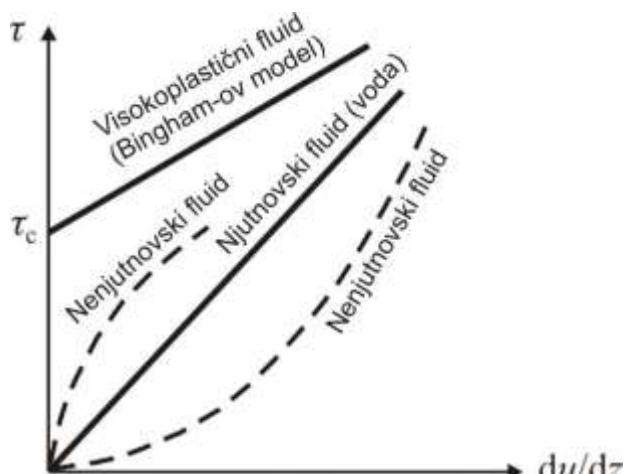
GEA D.o.o. Preduzeće za projektovanje i inženjeringu - Pančevo	TRP nadvišenja brane flotacijskog jalovišta Grot kod Krive Feje	3 METODA PRORAČUNA	LISTOVA: 5
	SVESKA VIII.1		LIST: 3

Nažalost, u ovom projektu kalibracija nije formalno mogla biti sprovedena, jer nisu vršena snimanja linija nivoa. Zato su vrednosti Manningovog koeficijenta, kao jedinog parametra modela linijskih tokova, usvojene na osnovu iskustva i karakteristika rečnog korita i inundacija. Treba dodati i to da u slučaju proloma brana, kalibracija računskog modela suštinski i nije moguća, jer se radi o protocima i nivoima koji su mnogo puta veći od najvećih protoka i nivoa u prirodnom hidrološkom režimu vodotoka, kada se i mogu obaviti merenja.

Ukazuje se i na činjenicu da u problemima ove vrste, Manningov koeficijent ima šire značenje. Ne samo da odražava hidrauličke otpore, već, kada je kalibracija moguća, apsorbuje i greške u zadatoj geometriji računskih poprečnih profila. Usvajanje relativno visokih vrednosti ovog globalnog parametra stavlja sračunate kote nivoa na stranu sigurnosti, što je poželjno u proračunima proloma brana.

**Modeliranje gustih mešavina.** Prilikom probaja brane, formira se mešavina vode i jalovine, koja u hidrauličkom smislu predstavlja dvofazni fluid. Udeo čvrste faze u jediničnoj zapremini mešavine predstavlja koncentraciju čvrste faze. Ova koncentracija se menja u prostoru i vremenu sa kretanjem talasa mešavine. To važi i za gustinu mešavine, koja zavisi od koncentracije čvrste faze.

Pri koncentracijama većim od oko 10 %, mešavina prima karakter „guste mešavine“, ili tzv. „nenjutnovskog fluida“ [2]. Za analizu tečenja takvog fluida potrebno je definisati odgovarajući reološki model (Slika 3-3). Za mešavine vode i jalovine prikladan je tzv. Bingamov (Bingham) model, čiji se parametri – granična nosivost ( $\tau_c$ ) (odsečak na ordinati) i viskoznost (nagib prave), određuju pomoću laboratorijskih uređaja (cevastih ili rotacionih viskometara) [2], što je istraživačka tema fundamentalne mehanike fluida.



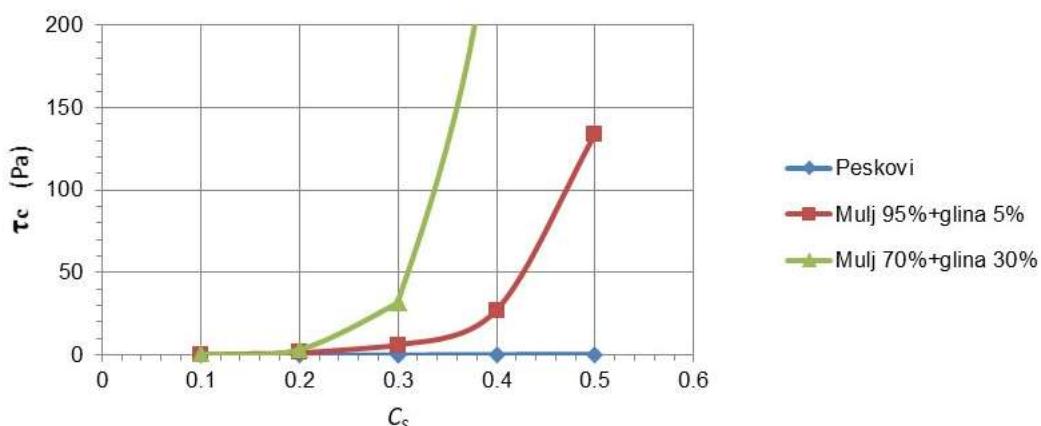
Slika 3-3. Reološki modeli fluida

Međutim, na osnovu dosadašnjih eksperimenata mogu se izvući neke korisne informacije za proračune u praksi. Eksperimenti sa mešavinama su pokazali da se u opsegu koncentracija čvrste faze 4 – 36 %, u laboratorijskom kanalu ostvaruju za 10 do 25 % veće dubine od onih kod „čiste“ vode [2]. Ova informacija se može iskoristiti da se numeričko modeliranje tečenja gусте mešавине obavi indirektno, tako što se pretpostavi da je radni fluid „čista voda“, a povećani unutrašnji otpori (viskoznosti) mešavine uvedu u proračun kroz povećanu rapavost, da bi se dobile veće dubine toka. Usvojene (velike) vrednosti Manningovog koeficijenta svakako „pokrivaju“ mešavinu sa koncentracijom jalovine od bar 10 %.

GEA D.o.o. Preduzeće za projektovanje i inženjeringu - Pančevo	TRP nadvišenja brane flotacijskog jalovišta Grot kod Krive Feje	3 METODA PRORAČUNA	LISTOVA: 5
	SVESKA VIII.1		LIST: 4

Problem je što koncentracija jalovine u mešavini, ne samo da nije unapred poznata, već se pri kretanju poplavnog talasa, menja u prostoru i vremenu. Koncentracija jalovine u mešavini je najveća u početnoj fazi formiranja poplavnog talasa i na deonicama neposredno nizvodno od srušene brane. Ova koncentracija opada vremenom, duž toka. Teorijski, talas guse mešavine staje i „zamrzava“ se kada stvarni tangencijalni napon „padne“ ispod „kritičnog tangencijalnog napona“ ( $\tau_c$ ) na Slici 3.3.

Na Slici 3-4 prikazana je eksperimentalno utvrđena zavisnost kritičnog tangencijalnog napona od zapreminske koncentracije čvrste faze nekih mešavina. Pokazaće se hidrauličkim proračunom da su, zbog velikog uzdužnog nagiba korita, ogromnog protoka i brzina, tangencijalni naponi u slučaju proloma brane Grot, neuporedivo veći od vrednosti na Slici 3-4, što znači da nema zaustavljanja talasa mešavine.



Slika 3-4. Vrednosti kritičnog tangencijalnog napona za neke mešavine

Da se ponovi: nije moguće predvideti gustinu raskvašene jalovine, koja je promenljiva u prostoru i vremenu. Model koji bi omogućio proračun kretanja ovakvog fluida, zasnovan na njegovim reološkim svojstvima, morao bi da numerički simulira neravnotežne uslove transporta čvrste faze (kao i deformaciju rečnog korita), što je u domenu naučnog istraživanja. Za sada nema takvog modela koji bi se mogao univerzalno primeniti u svakodnevnoj inženjerskoj praksi.

Imajući u vidu sve što je prethodno rečeno, može se konstatovati da, pored neizvesnosti ulaznih podataka, postoji i niz neizvesnosti vezanih za računski model proloma brane, prirodu fluida i načina proračuna njegovog kretanja. Ove neizvesnosti se ne mogu otkloniti, ali inženjerski razumnim prepostavkama i izborom vrednosti računskih parametara u modelu koji simulira kretanje vode, može se doći do rezultata koji su na strani sigurnosti.

**Zaključak.** U ovom projektu je pretpostavljeno da je rušenje brane delimično i progresivno i odvija se kroz proces evolucije breše u telu brane. Zapremina raskvašene jalovine koja formira poplavni talas jednaka je zapremini deponije do usvojene konačne kote dna breše. Hidraulički proračuni talasa su rađeni pod pretpostavkom da je u pitanju voda, a ne mešavina vode i jalovine. Modeliranje tečenja mešavine obavljena je indirektno, povećanjem vrednosti Maningovog koeficijenta rapavosti. Ove pretpostavke daju rezultate koji su na strani sigurnosti sa stanovišta zaštite ugroženog područja nizvodno od brane.

GEA D.o.o. Preduzeće za projektovanje i inženjerstvo - Pančevo	TRP nadvišenja brane flotacijskog jalovišta Grot kod Krive Feje	3 METODA PRORAČUNA	LISTOVA: 5
	SVESKA VIII.1		LIST: 5

#### 4. RAČUNSKE VARIJANTE

Kao što je već rečeno, pretpostavlja se da je uzrok rušenja brane od jalovine obrušavanje jednog dela brane i formiranje breše kroz koju raskvašena jalovina otiče sve dok traje proces obrušavanja. Oblik i dimenzije breše, kao i trajanje njene razrade zavise od konkretnih uslova.

U literaturi se mogu naći brojni podaci o rušenju brana na jalovištima. Od naročitog interesa su podaci o dimenzijama breše i trajanju njenog formiranja, prikupljeni za 29 srušenih brana od jalovine, od kojih 22 u Čileu, 5 u Japanu i 2 u Peruu [19]. Izvesno je da je širom sveta ovakvih slučajeva bilo mnogo više, ali mnogi slučajevi nisu dokumentovani, pa nisu ni evidentirani u literaturi.

Na Slici 4-1 prikazana je lokacija brane i jalovišta Grot, sa mestom proboja brane.



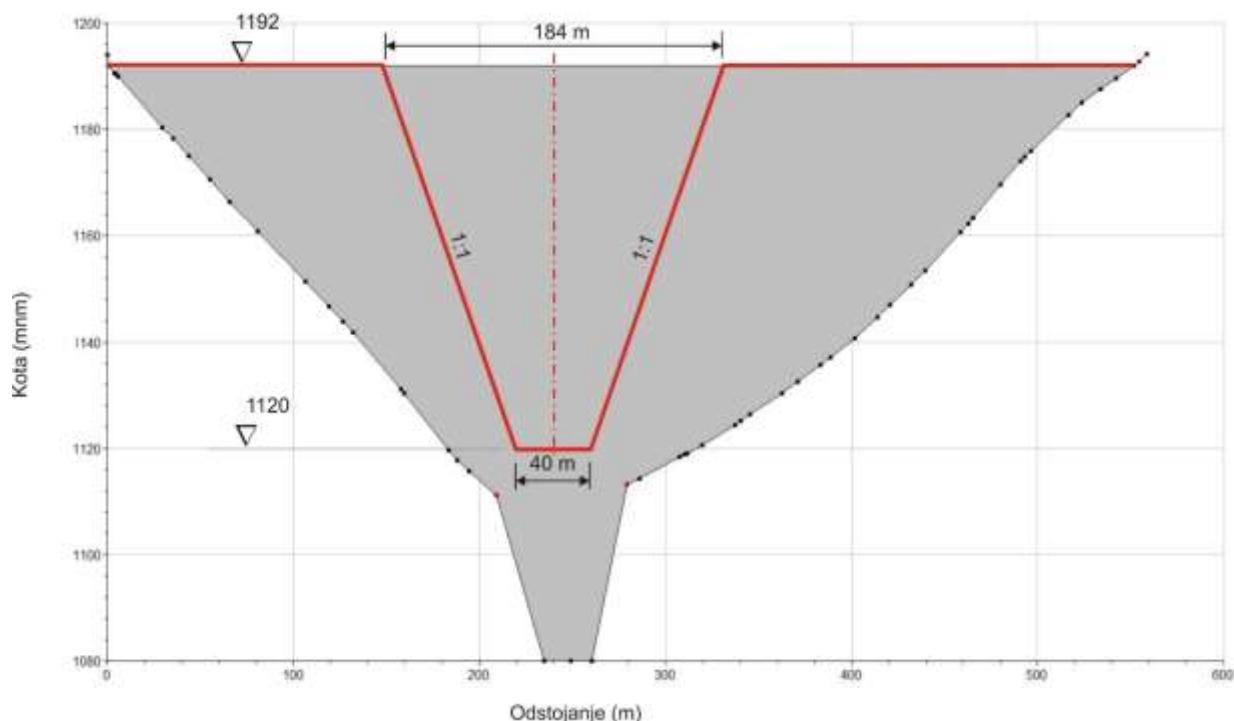
**Slika 4-1.** Položaj proboja brane Grot

U literaturi [18 i 21] su date korelace zavisnosti širine breše i vremena njene razrade od visine brane i zapremine akumulacije. Obuhvaćeno je 5 zavisnosti čiji su autori: MacDonald i Langridge-Monopolis (1984), Froehlich (1995 i 2008), Van Thun i Gilette (1990) i Xu i Zhang (2009). Imajući u vidu podatke ovih autora, usvojene su sledeće geometrijske karakteristike breše u telu brane Grot:

- početna kota (jednaka koti krune brane): 1192 mm;
- konačna kota dha: 1120 mm;
- konačna visina:  $1192 - 1120 = 72$  m;
- konačna širina na kruni brane: 184 m;
- konačna širina na dnu: 40 m;
- nagib kosina: 1:1

Grafički prikaz breše dat je na Slici 4-2.

GEA D.o.o. Preduzeće za projektovanje i inženjeringu - Pančevo	TRP nadvišenja brane flotacijskog jalovišta Grot kod Krive Feje	4. RAČUNSKE VARIJANTE	LISTOVA: 2
	SVESKA VIII.1		LIST: 1



**Slika 4-2.** Usvojene dimenzije breše u telu brane Grot

Na osnovu korelacija navedenih autora i podataka za jalovište Grot, razrada breše može trajati od 0,25 h do 1,69 h. Odlučeno je da se za istu geometriju breše usvoje dve varijante proračuna:

- (1) prolov trajanja  $T = 1,0 \text{ h}$  (60 min);
- (2) prolov trajanja  $T = 0,5 \text{ h}$  (30 min).

Ostali računski elementi su zadržani (isti) u obe varijante: računska mreža od 1515 profila (prikazana u PRILOZIMA G9-G13) i kote deponije i brane (date u opisu podloga - tačka 2.4, Slika 2-4).

GEA D.o.o. Preduzeće za projektovanje i inženjering - Pančevo	TRP nadvišenja brane flotacijskog jalovišta Grot kod Krive Feje	4. RAČUNSKE VARIJANTE	LISTOVA: 2
	SVESKA VIII.1		LIST: 2

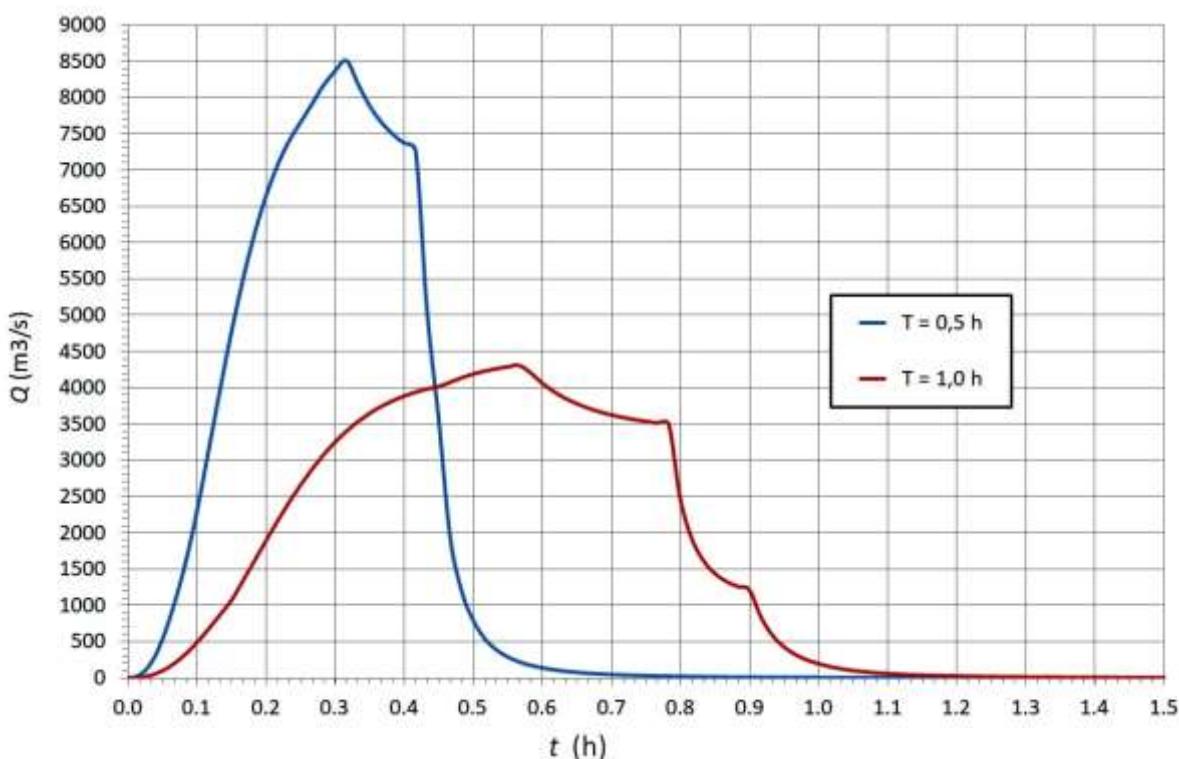
## 5. REZULTATI PRORAČUNA

Pri zrmatranju rezultata koji se prikazuju u nastavku, treba ponoviti činjenicu da su *proračuni zasnovani na vodi kao fluidu, a ne na mešavini vode i jalovine*. Ovo uprošćenje je neminovno jer je proračun kretanja mešavine praktično nemoguć iz ranije navedenih razloga. Imajući to u vidu, jasno je da kada se u prikazu rezultata govori o poplavnom (vodnom) talasu, implicitno se podrazumeva da je reč o talasu mešavine vode i jalovine.

Rezultati koji se prikazuju u nastavku obuhvataju:

- hidrograme u profilu brane koji predstavljaju talase nastale prolomom brane;
- nivograme pražnjenja akumulacije usled proloma brane;
- hidrograme i nivograme u izabranim profilima koji prikazuju dinamiku prostiranja i usputnog ublaženja poplavnih talasa;
- uzdužne profile maksimalnih protoka i maksimalnih kota nivoa;
- dijagrame vremena pojave čela talasa i maksimalnih kota nivoa.

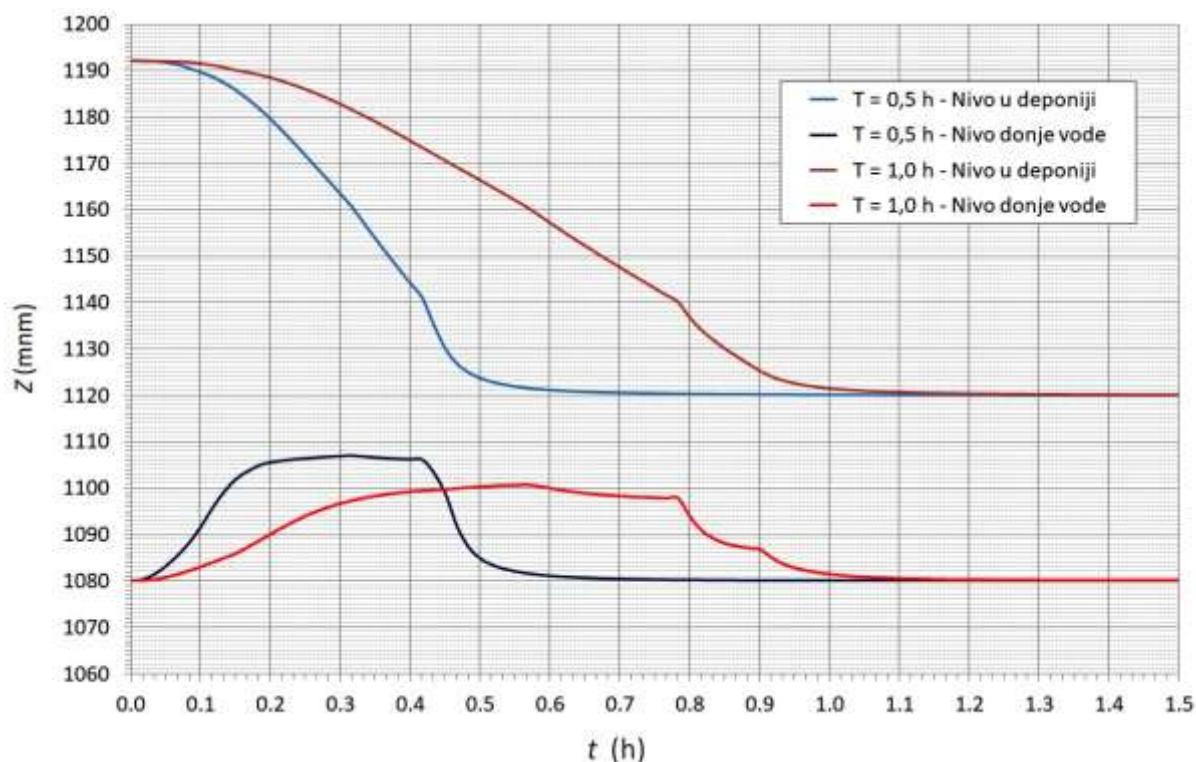
**Oticaj kroz brešu i pražnjenje deponije.** Na Slici 5-1 prikazani su hidrogrami talasa formiranog u profilu brane Grot u procesu njenog rušenja. Može se primetiti da je vršni protok u slučaju proloma kraćeg trajanja od 0,5 h ( $Q_{\max} = 8527 \text{ m}^3/\text{s}$ ), skoro dva puta veći od onog kod trajanja 1,0 h ( $Q_{\max} = 4312 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Kako je zapremina talasa u oba slučaja ista ( $8,96 \times 10^6 \text{ m}^3$ ), vremenska osnova talasa sa većim vršnim protokom mora biti kraća, oko 0,8 h, naspram 1,2 h kod talasa sa nižim vršnim protokom.



Slika 5-1. Hidrogrami oticaja u profilu brane Grot

Slici 5-2 prikazani su za obe računske varijante nivogrami pražnjenja deponije u toku rušenja brane, kao i nivogrami "donje vode", u profilu neposredno od brane u dolini Seliškog potoka.

GEA D.o.o. Preduzeće za projektovanje i inženjering - Pančevo	TRP nadvišenja brane flotacijskog jalovišta Grot kod Krive Feje	5. REZULTATI PRORAČUNA	LISTOVA: 8
	SVESKA VIII.1		LIST: 1



**Slika 5-2.** Nivogrami pražnjenja deponije i nivogrami neposredno nizvodno od brane Grot

Prikazani nivogrami potvrđuju ono što je već unapred intuitivno jasno, da sporije rušenje brane uslovjava sporije pražnjenje deponije, i obrnuto. Uočiti da se završetak pražnjenja deponije dešava na koti 1120 mm, koja je zadata kao konačna kota dna breše. Brzina porasta nivoa "donje vode" je proporcionalna brzini pražnjenja deponije. Vrednost maksimalnih nivoa "donje vode" iznosi kod sporijeg proloma 1100,79 mm, a kod bržeg proloma, 1107,04 mm. Ovi nivoi se javljaju 0,56 h (33,6 min), odnosno 0,3 h (18 min) posle početka proloma brane.

**Prikaz rezultata na nizvodnom području.** Zbog velikog obima rezultata, odabранo je 20 profila u kojima se rezultati prikazuju u grafičkom i tabelarnom obliku. Ovi profili, čiji je položaj prikazan na situaciji u PRILOGU G14, označeni su kao "Računski Evidencijski Profili" (REP). Njihov položaj je definisan u Tabeli 5-1 dvojako:

- stacionažom koju koristi program HEC-RAS i koja raste u uzvodnom smeru;
- odstojanjem od brane, što je pogodno za analizu dometa i brzine kretanja talasa.

Neki evidencijski profili iz Tabele 5-1 vezani su za određene lokacije na terenu, pri čemu su posebno važne lokacije naselja (kojih u datom slučaju nema mnogo, većinom se radi o sporadičnim objektima).

GEA D.o.o. Preduzeće za projektovanje i inženjering - Pančevo	TRP nadvišenja brane flotacijskog jalovišta Grot kod Krive Feje	5. REZULTATI PRORAČUNA	LISTOVA: 8
	SVESKA VIII.1		LIST: 2

**Tabela 5-1.** Položaj profila u kojima se prikazuju rezultati proračuna

Računski Evidencijski Profil – REP	Reka - lokalitet	Stacionaža		Odstojanje od brane Grot
		uzvodni smer	nizvodni smer	
		(m)	(m)	
1	Brana Grot (Jastrebova čuka)	14687	0	<b>0,0</b>
2	Seliški potok-dolina Čakine bare	14320	367	<b>0,4</b>
3	Seliški potok	13235	1452	<b>1,5</b>
4	Seliški potok	11608	3079	<b>3,1</b>
5	Seliški potok-ušće u r. Sobošticu	11175	3512	<b>3,5</b>
6	Soboštica	10303	4384	<b>4,4</b>
7	Soboštica-Pujina dolina	9422	5265	<b>5,3</b>
8	Soboštica	8695	5992	<b>6,0</b>
9	Soboštica-ušće Slivničke reke	8223	6464	<b>6,5</b>
10	Klisurska r.-naselje Gornja Mahala	7531	7156	<b>7,2</b>
11	Klisurska reka	6398	8289	<b>8,3</b>
12	Klisurska reka	5622	9065	<b>9,1</b>
13	Korbevačka reka - Pržinci	4856	9831	<b>9,8</b>
14	Korbevačka reka	4195	10492	<b>10,5</b>
15	Korbevačka reka-naselje Mutavdžici	2983	11704	<b>11,7</b>
16	Korbevačka reka-Rašinska mahala	1966	12721	<b>12,7</b>
17	Korbevačka reka-Cevanci	785	13902	<b>13,9</b>
18	Korbevačka reka	163	14524	<b>14,5</b>
19	Propust B60/6-B60/6.5-B60/6.6	8	14679	<b>14,68</b>
20	Nizvodna granica računskog domena	0	14687	<b>14,69</b>

**Hidrogrami.** U PRILOZIMA G15 i G16 prikazani su hidrogrami za sve REP. Može se videti da je usputno sniženje maksimalnog protoka simbolično (Tabela 5-2).

**Tabela 5-2.** Sniženje maksimalnog protoka na kraju računske oblasti

Varijanta	Q <sub>max</sub> (m <sup>3</sup> /s)		Δ Q <sub>max</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Sniženje maksimalnog protoka		
	Odstojanje od brane (km)					
	0	14,7				
Prolom 1,0 h	4312	4246	66	1,5 %		
Prolom 0,5 h	8527	8226	301	3,5 %		

Ovo se može objasniti veoma uskim rečnim dolinama sa malim retenzionim kapacitetom, kao i veoma strmom konfiguracijom terena, koja dovodi do brzog, translatornog pomeranja talasa u nizvodnom smeru, bez usputnog rasplinjavanja. Ovo je još očiglednije na dijagramu koji prikazuje uzdužni profi maksimalnih protoka (PRILOG G17). Može se konstatovati da značajnije sniženje maksimalnih protoka nastaje tek nizvodno od lokacije Pržinci na Korbevačkoj reci i dalje nizvodno u dolini ove reke. Neposredno uzvodno od lokacije Pržinci, voda se delimično izliva u bočnu dolinu Klisurica, a tok ima veliku dubinu, što objašnjava izraženi pad maksimalnog protoka na ovom mestu (videti plavnu zonu u PRILOGU G30).

GEA D.o.o. Preduzeće za projektovanje i inženjering - Pančevo	TRP nadvišenja brane flotacijskog jalovišta Grot kod Krine Feje	5. REZULTATI PRORAČUNA	LISTOVA: 8
	SVESKA VIII.1		LIST: 3

Hidraulička analiza probaja brane jalovišta Grot i definisanje ugroženog područja

Takođe se može konstatovati da je sniženje maksimalnog protoka 2,3 puta veće u slučaju kraćeg proloma brane (Prolom 0,5 h) nego u slučaju dužeg proloma (Prolom 1,0 h).

**Nivogrami.** U PRILOZIMA G18-G22 prikazani su nivogrami za sve REP, dok su u PRILOZIMA G23-G26 prikazni uzdužni profili maksimalnih kota nivoa. Vrednosti maksimalnih kota nivoa date su tabelarnom PRILOGU T1.

U Tabeli 5-3 date su (po vodotocima) razlike maksimalnih kota nivoa koje su dobijene u varijantama proračuna Prolom T=0,5 i Prolom T=1,0 h. Date su najveće, najmanje i prosečne razlike ( $\Delta Z_{max}$ ,  $\Delta Z_{min}$  i  $\Delta Z_{sr}$ ). Može se konstatovati da kraće trajanje proloma brane daje u proseku 2,36-2,65 m više kote nivoa u uskim dolinama, a za 1,87 m više kote u proširenoj dolini Korbevačke reke, na kraju računske obalsti.

**Tabela 5-3.** Razlike maksimalnih kota nivoa u varijantama Prolom T=0,5 h i Prolom T=1,0 h.

Reka	Seliški potok	Reka Soboštica	Klisurska reka	Korbevačka reka
Odstojanje od brane (km)	0-3,5	3,5-6,5	6,5-9,1	9,1-14,7
$\Delta Z_{max}$ (m)	6,31	3,04	3,26	2,85
$\Delta Z_{min}$ (m)	1,78	1,84	1,38	0,95
$\Delta Z_{sr}$ (m)	2,36	2,48	2,65	1,87

**Dubine.** U Tabelama 5-4 i 5-5 date su za obe računske varijante vrednosti hidrauličke (srednje) dubine  $H=A/B$ , gde je A – površina, a B – širina vodnog ogledala.

**Tabela 5-4.** Hidraulička dubina H u varijanti Prolom T=1,0 h

H=A/B	Seliški potok (0 - 3,5 km)		
	Leva inundacija	Glavno korito	Desna inundacija
Hmax (m)	5,15	14,2	4,64
Hmin (m)	0,17	3,39	0,03
Hsr (m)	2,39	5,37	2,21
H=A/B	Reka Soboštica (3,5 - 6,5 km)		
	Leva inundacija	Glavno korito	Desna inundacija
Hmax (m)	7,37	7,88	5,41
Hmin (m)	0,02	3,78	0,01
Hsr (m)	2,67	5,66	2,01
H=A/B	Klisurska reka (6,5 - 9,1 km)		
	Leva inundacija	Glavno korito	Desna inundacija
Hmax (m)	7,57	12,59	6,23
Hmin (m)	0,03	3,22	0,05
Hsr (m)	3,75	6,81	2,39
H=A/B	Korbevačka reka (9,1-14,7 km)		
	Leva inundacija	Glavno korito	Desna inundacija
Hmax (m)	6,02	8,87	4,41
Hmin (m)	0,15	1,78	0,04
Hsr (m)	2,55	4,72	2,30

GEA D.o.o. Preduzeće za projektovanje i inženjering - Pančevo	TRP nadvišenja brane flotacijskog jalovišta Grot kod Krive Feje	5. REZULTATI PRORAČUNA	LISTOVA: 8
	SVESKA VIII.1		LIST: 4

**Tabela 5-5.** Hidraulička dubina H u varijanti Prolom T=0,5 h

H=A/B	Seliški potok (0 - 3,5 km)		
	Leva inundacija	Glavno korito	Desna inundacija
Hmax (m)	6,85	12,98	6,9
Hmin (m)	0,18	4,81	0,07
Hsr (m)	3,53	7,21	3,09

H=A/B	Reka Soboštica (3,5 - 6,5 km)		
	Leva inundacija	Glavno korito	Desna inundacija
Hmax (m)	9,33	10,91	7,91
Hmin (m)	0,14	5,54	0,02
Hsr (m)	4,08	7,99	3,30

H=A/B	Klisurska reka (6,5 - 9,1 km)		
	Leva inundacija	Glavno korito	Desna inundacija
Hmax (m)	10,8	15,59	7,85
Hmin (m)	0,79	4,68	0,4
Hsr (m)	5,46	9,46	3,80

H=A/B	Korbevačka reka (9,1-14,7 km)		
	Leva inundacija	Glavno korito	Desna inundacija
Hmax (m)	8,69	11,64	6,17
Hmin (m)	1,19	2,76	0,03
Hsr (m)	3,75	6,48	3,22

Vrednosti hidrauličke dubine su interesantne jer daju uvid u dubinu plavljenja ugroženog područja. Pri tome, od interesa su inundacije obodni pojasi, jer su tu obično locirani naselja i infrastrukturni objekti.

U varijanti sporijeg probaja (T=1,0 h), prosečne hidrauličke dubine duž leve inundacije iznose na celom potezu 2,39-3,75 m, a u varijanti bržeg probaja (T=0,5 h), 3,53-5,46 m.

U varijanti sporijeg probaja (T=1,0 h), prosečne hidrauličke dubine duž desne inundacije iznose na celom potezu 2,01-2,39 m, a u varijanti bržeg probaja (T=0,5 h), 3,09-3,80 m.

Najveće dubine plavljenja mogu se očekivati u dolini Klisurske reke, a najmanje, u dolini Korbevačke reke.

**Vremena pojave čela talasa i maksimalne kote nivoa.** Podaci o ovim vremenima dati su za obe vraćunske varijante u grafičkom PRILOGU G27. Kako su ovi podaci od velike važnosti za projektovanje sistema ranog upozorenja, brojne vrednosti su date u tabelarnom PRILOGU T1.

Može se konstatovati da se poplavni talas kreće velikom brzinom. U slučaju sporijeg proloma ( T = 1,0 h), čelo talasa stiže u dolinu Južne Morave samo 35 min, a slučaju bržeg proloma (T=0,5 h), za čak 27 min. To praktično daje šansu samo za ubunjivanje stanovništva, ali ne i za blagovremenu zaštitu materijalnih dobara.

GEA D.o.o. Preduzeće za projektovanje i inženjering - Pančevo	TRP nadvišenja brane flotacijskog jalovišta Grot kod Krive Feje	5. REZULTATI PRORAČUNA	LISTOVA: 8
	SVESKA VIII.1		LIST: 5

**Plavna zona.** Za definisanje plavne zone izabrana je varijanta bržeg proloma ( $T=0,5$  h) kao merodavna, jer daje nepovoljnije uslove od varijante sporijeg proloma ( $T=1,0$  h) - veće maksimalne kote nivoa i brže prostiranje talasa.

Karte ugroženosti, odnosno karte koje prikazuju maksimalne dubine plavljenja, date su u PRILOZIMA G28-G31. Karte koje prikazuju maksimalne kote nivoa u plavnoj zoni date su u PRILOZIMA G32-G35.

**Stepen ugroženosti.** Uzvodni deo računske oblasti, koji obuhvata doline Seliškog potoka, reka Soboštice i Klisurske reke je slabo nastanjen, tako da poplavni talas nastao rušenjem brane jalovišta Grot ne bi imao negativne posledice po živote ljudi. Negativne posledice bi se javile u sferi ekologije, zbog zasipanja dolina jalovinom. Mogu se očekivati i velike morfološke promene u koritima navedenih vodotoka. Trasa Ruskog puta koji vodi do jalovišta Grot na ovom delu je daleko iznad maksimalnih kota plavljenja, tako da ovaj put nije ugrožen.

Središnji deo računske oblasti obuhvata dolinu Klisurske reke. U blizini lokacije spomen parka Braći Kozacima, od Ruskog puta se odvaja lokalni put koji vodi ka crkvi Uspenije Presvete Bogorodice, udeljenoj oko 1,6 km. Ovaj put se dalje spušta do samog korita Klisurske reke. Na lokaciji "Klisurica" (8,3 km nizvodno od brane, REP 11 i oko 900 m nizvodno od ušća Slivničke reke), u kojtu reke se nalazi objekat MHE. Ovaj objekat, kao i lokalni put koji do njega vodi bili bi poplavljeni, ali bez većeg globalnog uticaja na prostiranje poplavnog talasa, jer pomenuti objekti ne sužavaju proticajni presek doline, čija je širina oko 55 m.

Nizvodni deo računske oblasti, koji se odnosi na donji tok Korbevačke reke, ima najveći stepen ugroženosti. To je područje između profila REP 13 (lokacija Pržinci, oko 10 km nizvodno od brane) i profila REP 19 (nizvodna granica računske oblasti, 14,7 km nizvodno od brane). Radi se o deonici dužine 4,7 km Korbevačke reke, gde ima stambenih objekata, pretežno duž Ruskog puta, ali i u blizini samog korita Korbevačke reke.

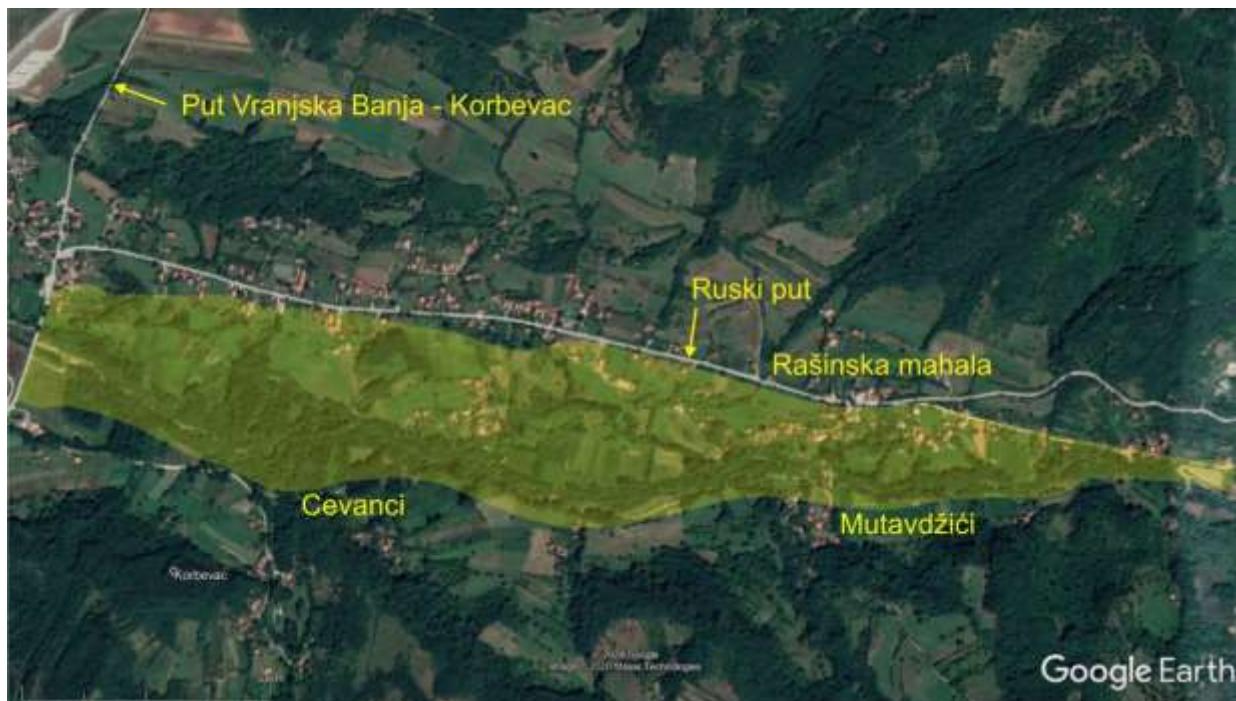
U ovoj oblasti Ruski put nije ogrožen, jer mu je najniža kota na početku (odvajajući od puta Vranjska Banja-Korbevac) 377 mm, dok su naviše kote plavljenja u analizirane dve varijante: 374,26 mm, odnosno 375,32 mm.

Duž Ruskog puta, na strani ka reci, niže se veći broj stambenih objekata na dužini od oko 2 km (Slika 5-3). Poplavom bi bili ugroženi svi objekti koji se nalaze na kotama terena nižim od 375 mm. Većina objekata duž Ruskog puta ne bi bilo ugroženo. Međutim, stambeni objekti u naseljima Mutavdžići i Rašinska mahala (11,7 km, odnosno 12,7 km nizvodno od brane), u blizini korita Korbevačke reke, bili bi ugroženi (Slika 5-3). Ove lokacije stoga imaju najveći stepen ugroženosti u celoj razmatranoj oblasti.

U slučaju sporijeg rušenja brane, talas stiže do ove lokacije za 25 min, a u slučaju bržeg rušenja, za svega 18 min, dok se maksimalni nivoi javljaju 44 min, odnosno 27 min posle početka proloma brane. To pokazuje da je vreme za rano upozorenje stanovništva veoma kratko i da ne postoji mogućnost zaštite materijalnih dobara.

Na mestu gde se dolina Korbevačke reke spaja sa dolinom Južne Morave (14,7 km nizvodno od brane), širina doline iznosi oko 630 m (leva inundacija 410 m, desna inundacija 220 m). To je nizvodna granica računske oblasti, gde poplavni talas direktno udara na trup lokalnog puta Vranjska Banja – Korbevac-Prevalac. Ovaj put deluje kao brana koja sprečava direktni prođor talasa u dolinu Južne Morave, a korito reke prolazi kroz propust na ovom putu (Slika 2-2).

GEA D.o.o. Preduzeće za projektovanje i inženjeringu - Pančevo	TRP nadvišenja brane flotacijskog jalovišta Grot kod Krive Feje	5. REZULTATI PRORAČUNA	LISTOVA: 8
	SVESKA VIII.1		LIST: 6



**Slika 5-3.** Ugroženi stambeni objekti u donjem toku Korbevačke reke

Rezultati proračuna pokazuju da bi vrh poplavnog talasa dostigao niveletu pomenutog puta, a verovatno bi ga u izvesnoj meri i premašio ako dodje do zagušenja propusta naplavom. Međutim, ukoliko i dodje do prelivanja puta, količina mešavine vode i jalovine koja bi dospela u dolinu Južne Morave bila bi isuviše mala da izazove veće štete. Razlivena mešavina bi imala veoma malu dubinu, usled velike površine desne inundacije Južne Morave. Autoput, koji je udaljen 430 m od propusta na putu Vranjska Banja - Korbevac nije ugrožen.

Vreme blagovremenog upozorenja na ulazu u dolinu Južne Morave je i dalje relativno kratko; u slučaju sporijeg rušenja brane na jalovištu Grot ( $T=1,0$  h), talas stiže za 35 min, a maksimalna kota nivoa se javlja 48 min od početka proloma brane. U bržoj varijanti rušenja brane ( $T=0,5$  h), talas stiže za 27 min, a maksimalna kota plavljenja se javlja nakon 32 min.

**Obeležavanje ugroženog područja.** Karte ugroženosti daju osnovu za određivanje položaja belega kojima se na terenu definišu bezbednosne kote. Obeležavanje granice plovne oblasti na terenu postavljanjem specijalnih belega je predmet posebnog projekta (Projekat OiO, koji je sadržan u Svesci VIII.2).

Ovde je sugerisan jedan moguć raspored belega (PRILOZI G36-G39). Položaj belega definisan je u državnom koordinatnom sistemu, a za svaku belegu dat je podatak o maksimalnoj koti plavljenja (tabelarni PRILOZI T2-T7). Belege su standardizovane, a njihova tehnička specifikacija data je u PRILOGU G40.

U ovom projektu predviđeno je 100 belga duž leve obale i 95 belega duž desne obale rečnih dolina.

GEA D.o.o. Preduzeće za projektovanje i inženjerинг - Pančevo	TRP nadvišenja brane flotacijskog jalovišta Grot kod Krive Feje	5. REZULTATI PRORAČUNA	LISTOVA: 8
	SVESKA VIII.1		LIST: 7

**Napomena.** Mreža tačaka za obeležavanje plavne zone koja je ovde data nije obavezujuća niti definitivna. Ona samo služi kao vodilja za projektanta Sistema OiO na ugroženom području. Tek se tokom postavljanja belega utvrđuje definitavan broj i raspored belega, prilagođen lokalnim uslovima. Na terenu mora biti ispunjen "uslov vidljivosti susednih belega", što znači da se sa mesta bilo koje belege mora videti bar jedna susedna belega.

Deo Projekta OiO koji se bavi sistemom za obaveštavanje i uzbunjivanje stanovništva spada u oblast elektrotehničkog inženjerstva. Taj deo projekta takođe treba da sadrži specifikaciju ljudskih i materijalnih resursa koji su neophodni za obezbeđenje neprekidnog rada projektovanog sistema.

GEA D.o.o. Preduzeće za projektovanje i inženiring - Pančevo	TRP nadvišenja brane flotacijskog jalovišta Grot kod Krine Feje	5. REZULTATI PRORAČUNA	LISTOVA: 8
	SVESKA VIII.1		LIST: 8

## 6. ZAKLJUČCI

1. Hipotetički prolom **velike** brane flotacijskog jalovišta Grot bio bi veoma kratkotrajan (30-60 min) i manifestovao bi se formiranjem breše u telu brane kroz koju bi mešavina vode i jalovine isticala u dolinu nizvodno od brane. Usvojeno trajanje proloma brane zasnovano je na podacima iz literature i nekim iskustvima iz naše prakse.
2. Procena je da bi breše u telu brane bila vremenski promenljivog trapeznog poprečnog preseka, sa nagibom kosina 1:1 i najvećom dubinom u dnu (u konačnoj fazi razvoja) od 40 m. Početna kota nadvišene brane iznosi 1192 mm, a usvojena konačna kota dna breše, 1120 mm, tako da je konačna visina breše 72 m. Ova procena je data na osnovu podataka iz literature i nekih iskustvenih informacija.
3. U uslovima nadvišene velike brane jalovišta Grot postoji mogućnost pokretanja i oticanja **do**  $9 \times 10^6 \text{ m}^3$  raskvašene jalovine. Pod pretpostavkom da rušenje brane traje 30 min, najveći oticaj bi dostigao oko  $8500 \text{ m}^3/\text{s}$ , a pražnjenje deponije bi trajalo 40-50 min.
4. Poplavni talas nastao rušenjem brane prostirao bi se velikom brzinom kroz doline Seliškog potoka, Reke Soboštice, Klisurske reke i Korbevačke reke, sve do ulaska u dolinu Južne Morave, gde bi se praktično zaustavio duž nasipa lokalnog puta Vranjska Banja-Korbevac. Dužina ugroženog područja (od brane Grot do doline Južne Morave) iznosi 14,7 km.
5. Zbog veoma uskih rečnih dolina i velikog uzdužnog nagiba korita, retenzioni kapacitet datog područja je veoma mali, što znači da ne postoje uslovi za značajnije usputno ublaženje poplavnog talasa (smanjenje vršnog protoka i usporenje kretanja). Pri rušenju brane trajanja 30 min, početni protok od oko  $8500 \text{ m}^3/\text{s}$  u profilu brane, smanjio bi se na kraju za svega oko  $300 \text{ m}^3/\text{s}$  (3,5 %).
6. Srednja dubina plavljenja duž leve inundacije (glezano u nizvodnom smeru) iznosila bi u slučaju rušenja trajanja 30 min približno 3,5-5,5 m, a duž desne inundacije, 3,0-3,8 m.
7. Pri prolomu brane trajanja 30 min, čelo talasa bi stiglo u dolinu Južne Morave za 27 min, a najveća dubina plavljenja bi nastala 32 min od početka rušenja brane. Pri prolomu trajanja 1 h, čelo talasa bi stiglo u dolinu Južne Morave za 35 min, a najveća dubina plavljenja bi se javila 48 min nakon početka rušenja brane. Izuzetno brzo prostiranje poplavnog talasa daje šansu samo za uzbunjivanje stanovništva, ali ne i za blagovremenu zaštitu materijalnih dobara.
8. Na uzvodnom području analizirane oblasti, u dolinama Seliškog potoka, reka Soboštice i delimično Klisurske reke, koje su slabo naseljenje, poplavni talas ne ugrožava živote ljudi, ali bi se javile negativne ekološke posledice (zbog zasipanja dolina jalovinom), kao i nepovoljne posledice u pogledu morfološke stabilnosti rečnih korita.
9. Plavljenjem je najugroženija je dolina Korbevačke reke. Na lokaciji „Klisurica“ (8,3 km nizvodno od brane) ugroženi su objekat MHE i lokalni put koji vodi do ovog objekta. Značajnija saobraćajnica - Ruski put, nije ugrožena na ovom potezu Korbevačke reke.
10. Najugroženije područje se nalazi u donjem toku Korbevačke reke. Duž Ruskog puta na ovom delu je ugrožen jedan broj stambenih objekata koji se nalaze na kotama nižim od 375 mm. Većina kuća duž samog Ruskog puta nije ugroženo. Međutim, objekti na lokacijama Mutavdžići i Rašinska mahala (11,7 km, odnosno 12,7 km nizvodno od brane) su ozbiljno ugroženi jer se nalaze u neposrednoj blizini rečnog korita.

GEA D.o.o. Preduzeće za projektovanje i inženjeringu - Pančevo	TRP nadvišenja brane flotacijskog jalovišta Grot kod Krive Feje	6. ZAKLJUČCI	LISTOVA: 2
	SVESKA VIII.1		LIST: 1

11. Na izlasku iz doline Korbevačke reke poplavni talas direktno udara u trup lokalnog puta Vranjska Banja – Korbevac – Prevalac, pri čemu korito reke prolazi kroz propust na ovom putu. Vrh poplavnog talasa bi dostigao niveletu puta i verovatno bi ga u izvesnoj meri i premašio ako dodje do zagušenja propusta naplavom.
12. Ukoliko bi došlo do prelivanja pomenute saobraćajnice, u dolini Južne Morave ne bi došlo do veće štete, jer bi, usled velike površine desne inundacije Južne Morave, izlivena mešavina imala ograničeni domet i veoma malu dubinu. Autoput ne bi bio ugrožen.
13. U ovom projektu je predviđeno 100 belga za obeležavanje granice plavnog područja duž leve obale i 95 belega duž desne obale rečnih dolina razmatranih vodotoka. Položaj belega je ucrtan na kartama ugroženosti. Predložena mreža tačaka za obeležavanje plavne zone nije obavezujuća niti definitivna i u projektu ranog upozorenja i obeležavanja sigurnosnih kota (Sveska VIII.2) može se menjati i dopunjavati u skladu sa lokalnim uslovima na terenu.
14. Tačnost rezultata u ovom projektu uslovljena je pre svega tačnošću topografskih podloga koje su bile na raspolaganju. Međutim, imajući u vidu ovu tačnost, kao i druge neizvesnosti koje neminovno prate izradu projekata ovog tipa, može se generalno reći da su prikazani rezultati značajno na strani sigurnosti.

GEA D.o.o. Preduzeće za projektovanje i inženjeringu - Pančevo	TRP nadvišenja brane flotacijskog jalovišta Grot kod Krive Feje	6. ZAKLJUČCI	LISTOVA: 2
	SVESKA VIII.1		LIST: 2

## Literatura

- [1] Cunge, J.A., Holly, F.M., Verwey, A., Practical Aspects of Computational Hydraulics, Ptiman, London, 1980.
- [2] Komatina, D., Jovanović, M., "Experimental study of steady and unsteady free surface flows with water-clay mixtures", Journal of Hydraulic Research IAHR, Vol. 35, 1997, No. 5.
- [3] European Commission-Science, Research and Development, CADAM - Concerted Action on Dam-break Modelling, Proceedings, Wallingford, England, 1998.
- [4] Fread, D.L., The NWS Dam-Break Flood Forecasting Model, Hydrologic Research Laboratory, Maryland, 1984.
- [5] ICOLD, Dam-Break Flood Analysis - Review and Recommendations, Bulletin 111, 1998.
- [6] Jovanović, M., Tehnički rudarski projekat sanacije i fazne izgradnje brane "Prevoj Šaška" na flotacijskom jalovištu "Valja Fundata" u Rudniku bakra Majdanpek, Sveska 3 – Propagacija poplavnog talasa, Beograd, 2019.
- [7] Jovanović, M., Kapor, R., Zindović, B., Projekat obaveštavanja i uzbunjivanja stanovništva na području ugroženom od rušenja brane flotacijskog jalovišta „H“ u Boru - Knjiga I: Opšti deo sa hidrauličkim proračunima, Građevinski fakultet, Beograd, 2010.
- [8] Jovanović, M., Kapor, R., Zindović, B., Elaborat o obaveštavanju i uzbunjivanju stanovništva na području ugroženom od rušenja brane 1, 2 i 3 flotacijskog jalovišta Veliki Krivelj - Knjiga I: Opšti deo sa hidrauličkim proračunom, Građevinski fakultet, Beograd, 2007.
- [9] Jovanović, M., Kapor, R., Zindović, B., Elaborat o obaveštavanju i uzbunjivanju stanovništva na području ugroženom od rušenja brane br. 9 "Rudnik" - Knjiga I: Opšti deo sa hidrauličkim proračunom, Građevinski fakultet, Beograd, 2007.
- [10] Jovanović, M., Kapor, R., Komatinia, D., Đorđević, D., Idejni projekat sistema za osmatranje i obaveštavanje na području ugroženom od rušenja nasipa na pepelištu „Kostolac“, Sveska 1: Hidrogehnički deo, Građevinski fakultet, Beograd, 2003.
- [11] Jovanović, M., "Studija hidrauličkih posledica rušenja brane na reci Zagrži, na planini Goč", Grad. fakultet, Beograd, 1996.
- [12] Jovanović, M., "Projekat sistema osmatranja i obaveštavanja na području ugroženom od rušenja brane flotacijskog jalovišta Veliki Krivelj", Opšti deo sa hidrauličkim proračunima, 1993.
- [13] Jovanović, M., "Uputstvo za izradu tehničke dokumentacije o hidrauličkim posledicama rušenja ili oštećenja brana na deponijama jalovine", Jugoslovensko društvo za visoke brane, Odbor za brane na jalovištima, 2005.
- [14] Jovanović, M., "Neinvesticione mere zaštite od posledica eventualnih havarija brana na deponijama jalovine i pepela u Srbiji", Savetovanje "Ocena stanja, održavanje i sanacija građevinskih objekata", Savez inženjera i tehničara Jugoslavije, Vrnjačka banja, 2003.
- [15] Jovanović, M., "Smanjenje rizika od havarija brana i nasipa na deponijama pepela i šljake", Prvo savetovanje o deponijama pepela i šljake termoelektrana, Obrenovac, 2005.
- [16] Jovanović, M., "Problemi numeričke simulacije poplavnih talasa izazvanih rušenjem brana od jalovine", Kongres Jugoslovenskog društva za visoke brane, Budva, 1997.
- [17] Jovanović, M., Regulacija reka - rečna hidraulika i morfologija, Građevinski fakultet, Beograd, 2008.
- [18] MacDonald, T.C., Langridge-Monopolis, J., Breaching Characteristics of Dam Failures, Journal of Hydraulic Division ASCE, Vol.110, No.5, 1984.
- [19] Tailings Dams: risk of dangerous occurrences, ICOLD/UNEP Bulletin, 2001.
- [20] Uputstvo o izradi dokumentacije za određivanje posledica usled iznenadnog rušenja ili prelivanja visokih brana, Savezni komitet za poljoprivrednu, 1975.
- [21] U.S.Army Corps of Engineers, HEC-RAS - River Analysis System, Hydraulic reference manual, V. 5.0.7, 2019.
- [22] Ven Te Chow, "Open Channel Hydraulics", McGraw Hill, 1959.

GEA D.o.o. Preduzeće za projektovanje i inženjeringu - Pančevo	TRP nadvišenja brane flotacijskog jalovišta Grot kod Krive Feje	LITERATURA	LISTOVA: 1
	SVESKA VIII.1		LIST: 1

## TABELARNI PRILOZI

GEA D.o.o. Preduzeće za projektovanje i inženjering - Pančevo	TRP nadvišenja brane flotacijskog jalovišta Grot kod Krive Feje	-	LISTOVA: -
	SVESKA VIII.1		LIST: -

**Vreme nailaska čela talasa i maksimalne kote sa vremenom pojave**

Racunski Evidencijski Profil - REP	Reka - lokalitet	Odstojanje od brane Grot (km)	Prolom T=1,0 h			Prolom T = 0,5 h		
			maxZ (mm)	TmaxZ (min)	Tčela (min)	maxZ (mm)	TmaxZ (min)	Tčela (min)
1	Brana Grot (Jastrebova čuka)	0.0	1100.79	34	1	1107.04	19	1
2	Seliški potok-dolina Čakine bare	0.4	1068.63	34	1	1070.63	19	1
3	Seliški potok	1.5	952.44	35	4	954.30	20	4
4	Seliški potok	3.1	791.65	36	8	794.30	21	5
5	Seliški potok-ušće u r. Soboštici	3.5	767.39	36	9	770.18	21	6
6	Soboštica	4.4	715.96	37	11	718.97	22	7
7	Soboštica-Pujina dolina	5.3	676.13	38	12	678.24	22	9
8	Soboštica	6.0	639.86	38	13	642.40	23	10
9	Soboštica-ušće Slivničke reke	6.5	602.31	38	13	603.97	23	10
10	Klisurska r.-naselje Gornja Mahala	7.2	578.23	39	16	580.40	23	11
11	Klisurska reka	8.3	540.67	40	18	543.18	24	13
12	Klisurska reka	9.1	519.83	41	19	523.05	25	14
13	Korbevačka reka - Pržinci	9.8	508.85	42	21	511.45	26	15
14	Korbevačka reka	10.5	481.14	42	22	483.70	26	17
15	Korbevačka reka-naselje Mutavdžici	11.7	433.08	44	25	435.47	27	18
16	Korbevačka reka-nas. Rašinska mahala	12.7	410.95	45	27	412.56	29	20
17	Korbevačka reka-Cevanci	13.9	389.78	47	31	390.94	31	23
18	Korbevačka reka	14.5	378.62	48	33	379.63	31	25
19	Propust B60/6-B60/6.5-B60/6.6	14.68	374.26	48	35	375.32	32	27
20	Nizvodna granica računskog domena	14.69	374.26	48	35	375.32	32	27

GEA D.o.o. Preduzeće za projektovanje i inženjering - Pančevo	TRP nadvišenja brane flotacijskog jalovišta Grot kod Krive Feje	TABELARNI PRILOZI	PRILOGA: 7
			SVESKA VIII.1

## Belege na desnoj obali (1)

Reka	Belega	X (m)	Y (m)	Z (mm)
Seliški potok	D1	595350.896	4713035.646	1101.90
	D2	595279.649	4712945.646	1092.52
	D3	595203.495	4712849.546	1070.55
	D4	595025.766	4712799.375	1054.35
	D5	594752.879	4712791.592	1021.79
	D6	594506.177	4712852.998	993.26
	D7	594328.472	4712949.224	971.29
	D8	594098.641	4712955.462	944.94
	D9	593903.289	4713113.937	916.55
	D10	593828.581	4713111.220	908.74
	D11	593686.986	4713061.630	892.56
	D12	593578.320	4713095.525	880.48
	D13	593428.825	4713041.394	863.26
	D14	593289.124	4713008.311	846.16
	D15	593118.775	4712963.486	832.44
	D16	593069.224	4712829.815	823.56
	D17	592948.530	4712729.918	804.95
	D18	592888.825	4712648.073	796.41
	D19	592794.286	4712587.333	790.14
	D20	592665.215	4712545.096	782.37
	D21	592557.682	4712417.541	770.29

Reka	Belega	X (m)	Y (m)	Z (mm)
Reka Soboštica	D22	592449.359	4712475.183	765.01
	D23	592378.622	4712525.951	758.50
	D24	592258.501	4712508.165	750.13
	D25	592178.082	4712573.177	739.12
	D26	592077.562	4712648.911	733.99
	D27	591964.677	4712621.185	726.83
	D28	591877.538	4712660.794	719.63
	D29	591775.541	4712728.644	716.21
	D30	591630.511	4712700.694	709.94
	D31	591524.557	4712623.457	701.25
	D32	591444.241	4712545.895	689.99
	D33	591352.112	4712645.095	684.95
	D34	591220.011	4712706.162	679.65
	D35	591107.900	4712714.731	670.73
	D36	590990.669	4712770.945	659.75
	D37	590923.228	4712858.074	653.20
	D38	590793.763	4712873.016	647.97
	D39	590689.536	4712918.477	645.29
	D40	590544.442	4712894.522	641.66
	D41	590434.743	4712919.227	635.54
	D42	590321.404	4712982.918	620.95
	D43	590184.970	4713038.028	609.29
	D44	590058.096	4713096.103	592.00

GEA D.o.o. Preduzeće za projektovanje i inženjerинг - Pančevo	TRP nadvišenja brane flotacijskog jalovišta Grot kod Krive Feje	TABELARNI PRILOZI	PRILOGA: 7
			PRILOG: T2
SVESKA VIII.1			

## Belege na desnoj obali (2)

Reka	Belega	X (m)	Y (m)	Z (mm)
Klisurska r.	D45	589980.122	4713166.625	589.33
	D46	589922.294	4713254.632	586.76
	D47	589868.429	4713399.547	584.29
	D48	589750.595	4713497.417	582.08
	D49	589632.023	4713594.027	576.00
	D50	589558.237	4713694.996	573.01
	D51	589388.401	4713740.096	566.38
	D52	589230.956	4713854.961	558.46
	D53	589068.448	4713895.269	553.81
	D54	588891.800	4713998.812	546.83
	D55	588741.417	4714021.265	544.40
	D56	588626.462	4714039.901	540.24
	D57	588502.863	4714165.151	534.50
	D58	588381.806	4714270.093	529.84
	D59	588247.708	4714429.538	524.64
	D60	588130.219	4714486.807	523.10
	D61	587982.765	4714575.927	522.41

Reka	Belega	X (m)	Y (m)	Z (mm)
Korbevačka reka	D62	587916.979	4714679.126	522.73
	D63	587822.492	4714671.490	522.11
	D64	587707.627	4714718.030	521.41
	D65	587593.841	4714738.913	519.51
	D66	587490.868	4714799.411	512.89
	D67	587346.384	4714818.746	506.26
	D68	587264.521	4714872.599	503.32
	D69	587113.853	4714885.859	496.45
	D70	586970.830	4714938.036	488.98
	D71	586812.395	4714999.430	482.02
	D72	586668.099	4714986.090	469.32
	D73	586550.694	4715067.339	460.60
	D74	586448.486	4715058.554	453.48
	D75	586393.322	4715142.700	447.40
	D76	586251.991	4715150.251	444.25
	D77	586084.740	4715209.841	440.17
	D78	585898.542	4715240.216	436.01

GEA D.o.o. Preduzeće za projektovanje i inženjeringu - Pančevo	TRP nadvišenja brane flotacijskog jalovišta Grot kod Krive Feje	TABELARNI PRILOZI	PRILOGA: 7
			PRILOG: T3
SVESKA VIII.1			

### Belege na desnoj obali (3)

Reka	Belega	X (m)	Y (m)	Z (mm)
Korbevačka reka	D79	585757.448	4715287.916	432.40
	D80	585597.033	4715322.574	427.40
	D81	585478.069	4715354.522	425.86
	D82	585311.712	4715386.209	421.59
	D83	585142.385	4715408.338	417.11
	D84	584998.753	4715400.810	413.75
	D85	584849.038	4715392.773	410.24
	D86	584690.637	4715446.538	407.65
	D87	584527.718	4715484.479	405.52
	D88	584377.779	4715523.654	400.69
	D89	584238.158	4715499.888	397.75
	D90	584068.213	4715517.733	394.51
	D91	583911.343	4715558.910	391.47
	D92	583730.655	4715607.211	388.45
	D93	583567.334	4715632.480	384.39
	D94	583414.087	4715610.504	381.16
	D95	583218.629	4715639.888	376.46

GEA D.o.o. Preduzeće za projektovanje i inženjering - Pančevo	TRP nadvišenja brane flotacijskog jalovišta Grot kod Krive Feje	TABELARNI PRILOZI	PRILOGA: 7
			PRILOG: T4
SVESKA VIII.1			

**Belege na levoj obali (1)**

Reka	Belega	X (m)	Y (m)	Z (mm)
Seliški potok	L1	595390.181	4712994.290	1101.90
	L2	595327.550	4712906.922	1092.75
	L3	595229.100	4712736.681	1069.52
	L4	595039.837	4712756.659	1054.32
	L5	594751.674	4712712.155	1022.53
	L6	594485.338	4712772.159	994.10
	L7	594314.344	4712868.499	974.15
	L8	594088.825	4712896.417	946.61
	L9	593944.359	4712949.177	928.94
	L10	593833.599	4712990.854	910.98
	L11	593688.331	4713005.920	891.84
	L12	593515.539	4712999.761	870.32
	L13	593379.706	4712942.711	853.88
	L14	593197.239	4712908.752	833.76
	L15	593139.568	4712787.637	822.58
	L16	593020.094	4712683.791	806.13
	L17	592958.743	4712579.399	795.27
	L18	592826.053	4712520.976	790.87
	L19	592682.521	4712469.783	776.58
	L20	592632.578	4712382.301	770.91
	L21	592636.526	4712309.296	770.41
	L22	592648.497	4712195.763	770.16
	L23	592645.429	4712076.292	770.10

Reka	Belega	X (m)	Y (m)	Z (mm)
Reka Soboštica	L24	592583.375	4712166.083	769.95
	L25	592555.649	4712262.134	769.78
	L26	592472.471	4712354.224	769.16
	L27	592401.188	4712433.036	762.00
	L28	592273.106	4712425.026	753.37
	L29	592155.749	4712499.961	741.56
	L30	592048.825	4712567.986	733.75
	L31	591954.538	4712583.741	726.44
	L32	591865.850	4712604.535	721.04
	L33	591774.654	4712631.993	716.76
	L34	591649.498	4712630.543	708.63
	L35	591542.523	4712523.158	695.46
	L36	591434.589	4712446.911	689.80
	L37	591359.399	4712482.964	687.91
	L38	591265.245	4712582.183	683.40
	L39	591148.626	4712647.650	675.92
	L40	591028.652	4712692.706	665.80
	L41	590921.188	4712754.353	656.42
	L42	590782.216	4712789.254	647.98
	L43	590658.693	4712821.970	645.22
	L44	590494.043	4712833.786	640.78
	L45	590377.375	4712880.377	632.26
	L46	590262.166	4712941.830	620.38
	L47	590166.115	4712977.477	611.56
	L48	590073.359	4713017.896	596.90
	L49	590028.799	4712967.395	593.52

GEA D.o.o. Preduzeće za projektovanje i inženjeringu - Pančevo	TRP nadvišenja brane flotacijskog jalovišta Grot kod Krive Feje	SVESKA VIII.1	PRILOGA: 7
			PRILOG: T5

## Belege na levoj obali (2)

Reka	Belega	X (m)	Y (m)	Z (mm)
Klisurska reka.	L50	589973.923	4712980.535	590.64
	L51	589900.725	4713108.180	589.15
	L52	589842.915	4713217.006	586.73
	L53	589783.502	4713341.773	584.35
	L54	589678.531	4713422.918	582.61
	L55	589555.896	4713533.711	575.78
	L56	589411.972	4713635.920	571.39
	L57	589229.061	4713746.783	559.87
	L58	589103.561	4713795.156	556.66
	L59	588999.677	4713852.157	551.85
	L60	588847.953	4713902.125	546.75
	L61	588691.499	4713945.694	543.89
	L62	588567.771	4714002.871	539.24
	L63	588436.072	4714104.864	534.46
	L64	588318.448	4714206.164	529.96
	L65	588219.257	4714308.812	525.72
	L66	588108.352	4714367.235	523.35
	L67	587975.060	4714451.587	522.57
	L68	587833.458	4714529.815	522.77

Reka	Belega	X (m)	Y (m)	Z (mm)
Korbevačka reka	L69	587721.311	4714582.366	521.90
	L70	587613.788	4714629.203	520.96
	L71	587486.049	4714693.568	514.61
	L72	587402.988	4714732.297	509.92
	L73	587305.946	4714739.229	506.43
	L74	587226.297	4714783.192	503.34
	L75	587086.811	4714822.801	496.47
	L76	586942.798	4714869.900	489.16
	L77	586806.147	4714920.401	482.74
	L78	586614.532	4714920.671	467.78
	L79	586512.235	4714955.926	458.50
	L80	586390.046	4714974.678	453.83
	L81	586290.808	4715028.023	446.27
	L82	586158.563	4715050.283	443.18
	L83	586043.697	4715088.292	440.32
	L84	585883.500	4715139.915	436.31
	L85	585699.363	4715162.675	430.49
	L86	585535.329	4715179.776	427.56
	L87	585398.636	4715245.835	423.67

GEA D.o.o. Preduzeće za projektovanje i inženjeringu - Pančevo	TRP nadvišenja brane flotacijskog jalovišta Grot kod Krive Feje	TABELARNI PRILOZI	PRILOGA: 7
			SVESKA VIII.1

### Belege na levoj obali (3)

Reka	Belega	X (m)	Y (m)	Z (mnmm)
Korbevačka reka	L88	585268.346	4715222.086	419.21
	L89	585109.344	4715192.181	415.74
	L90	584957.840	4715132.768	413.29
	L91	584727.470	4715104.292	410.07
	L92	584542.955	4715128.035	403.99
	L93	584306.307	4715135.481	400.06
	L94	584096.338	4715095.744	396.50
	L95	583899.164	4715115.033	392.99
	L96	583731.817	4715147.710	389.93
	L97	583607.752	4715072.899	387.75
	L98	583422.142	4715150.935	384.73
	L99	583262.309	4715213.250	382.30
	L100	583050.805	4715184.754	375.84

GEA D.o.o. Preduzeće za projektovanje i inženjering - Pančevo	TRP nadvišenja brane flotacijskog jalovišta Grot kod Krive Feje	TABELARNI PRILOZI	PRILOGA: 7
			PRILOG: T7
SVESKA VIII.1			

## GRAFIČKI PRILOZI

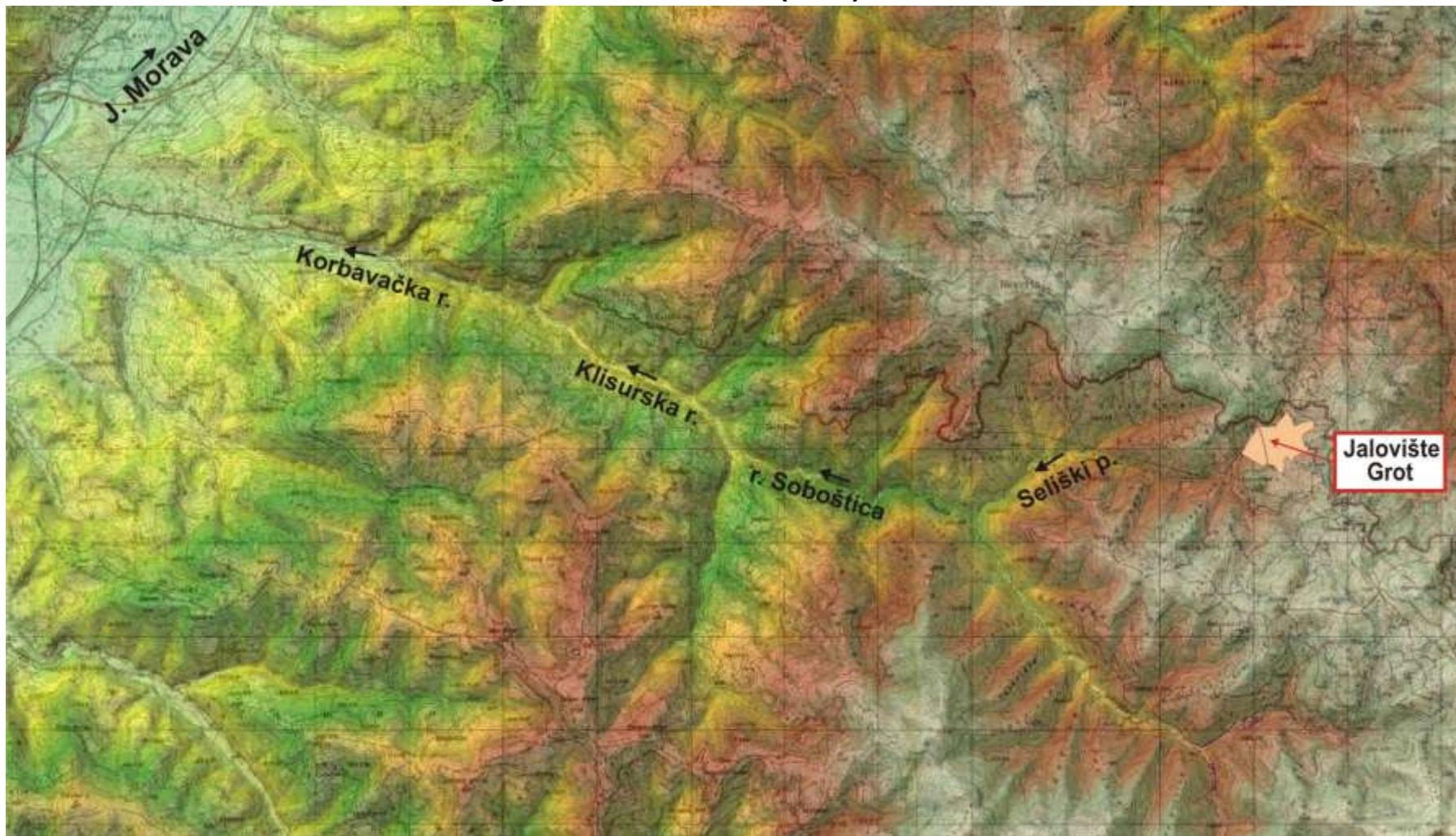
GEA D.o.o. Preduzeće za projektovanje i inženjering - Pančevo	TRP nadvišenja brane flotacijskog jalovišta Grot kod Krive Feje	-	LISTOVA: -
	SVESKA VIII.1		LIST: -

### Razmatrana oblast na karti u razmeri 1:25000



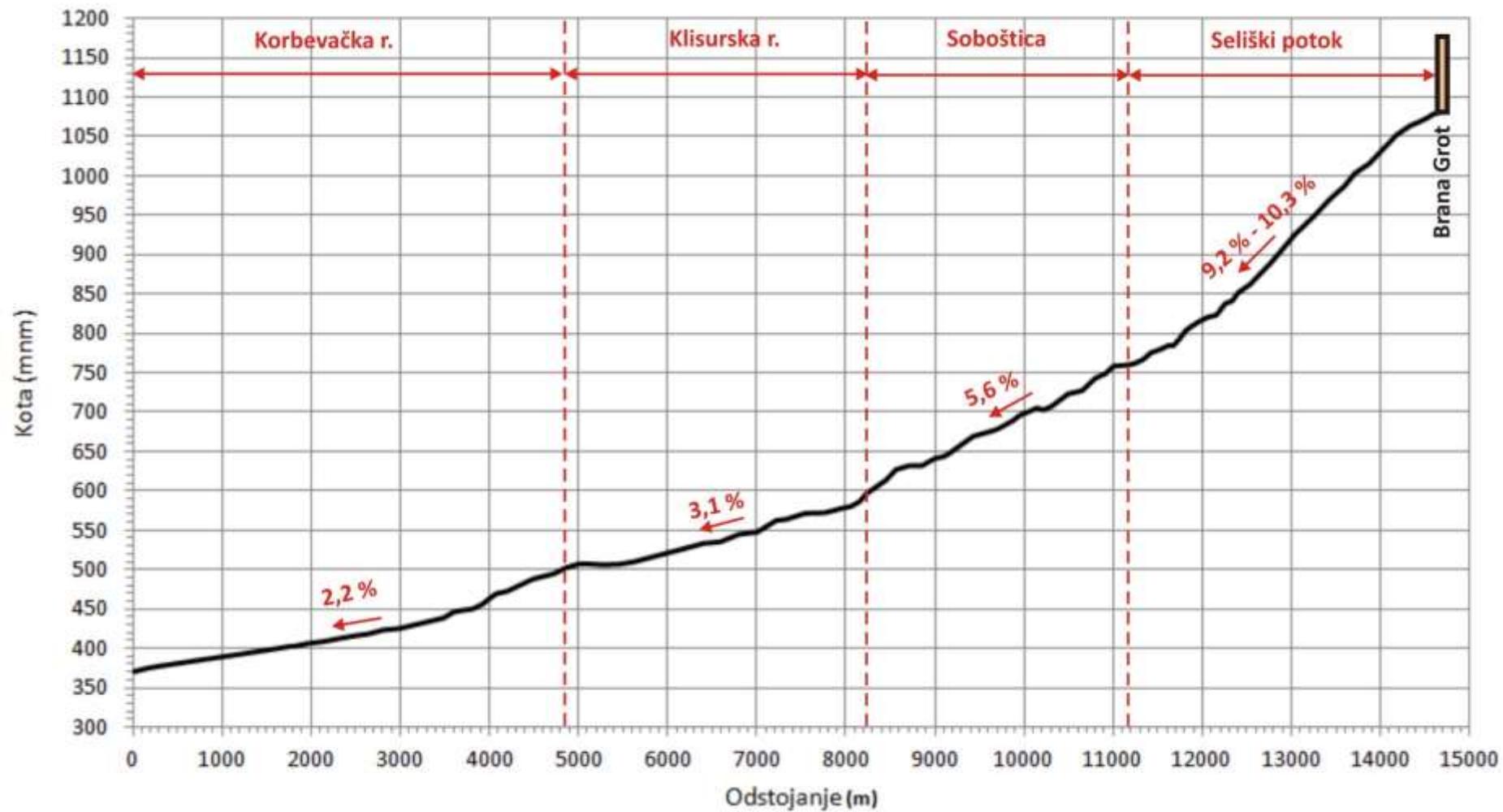
GEA D.o.o. Preduzeće za projektovanje i inženjering - Pančevo	TRP nadvišenja brane flotacijskog jalovišta Grot kod Krive Feje	GRAFIČKI PRILOZI	UKUPNO: 40
	SVESKA VIII.1		PRILOG G1

**Karta u razmeri 1:25000 i digitalni model terena (DMT) sa dolinama razmatranih vodotoka**



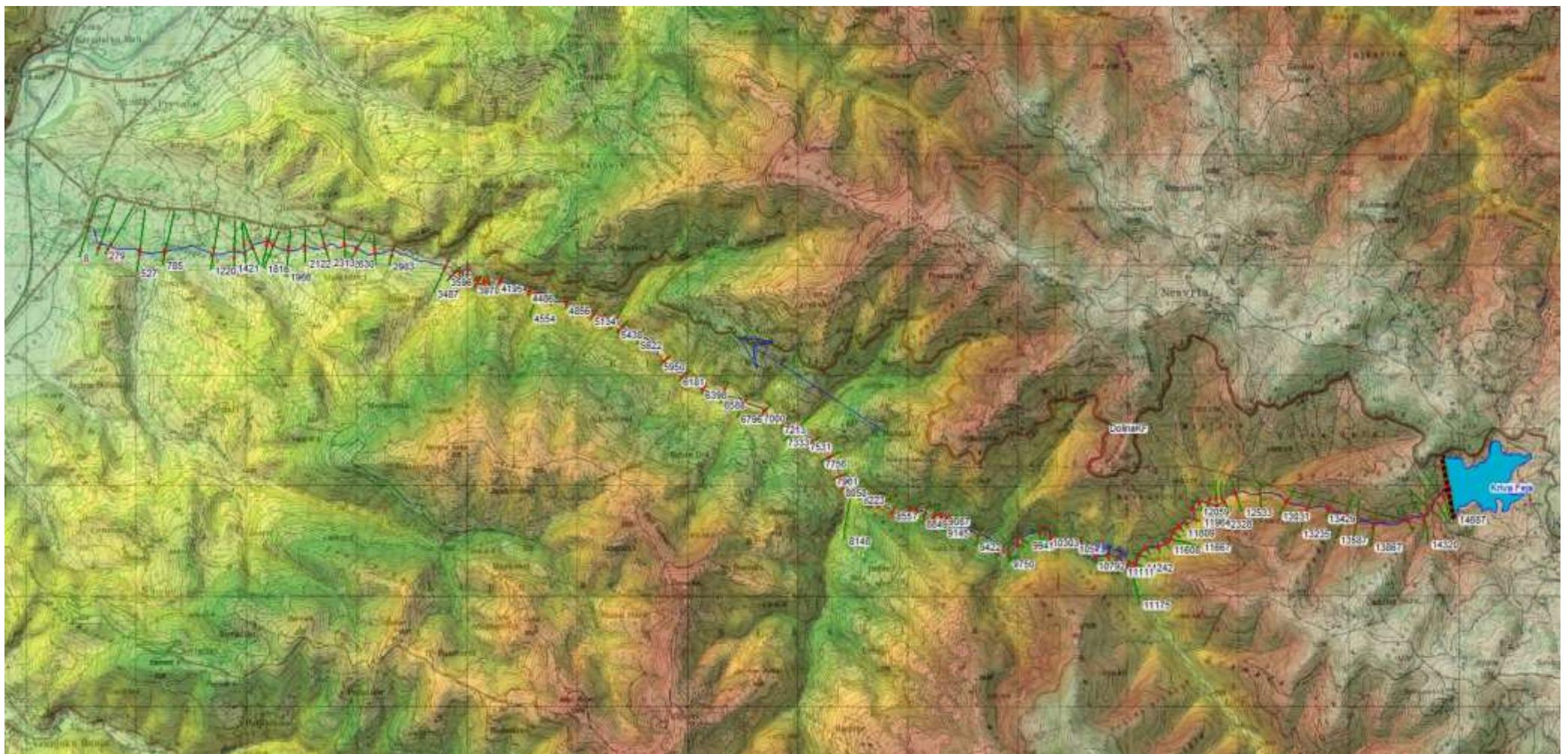
GEA D.o.o. Preduzeće za projektovanje i inženjering - Pančevo	TRP nadvišenja brane flotacijskog jalovišta Grot kod Krive Feje	GRAFIČKI PRILOZI	UKUPNO: 40
	SVESKA VIII.1		PRILOG G2

### Uzdužni profil razmatranih vodotoka



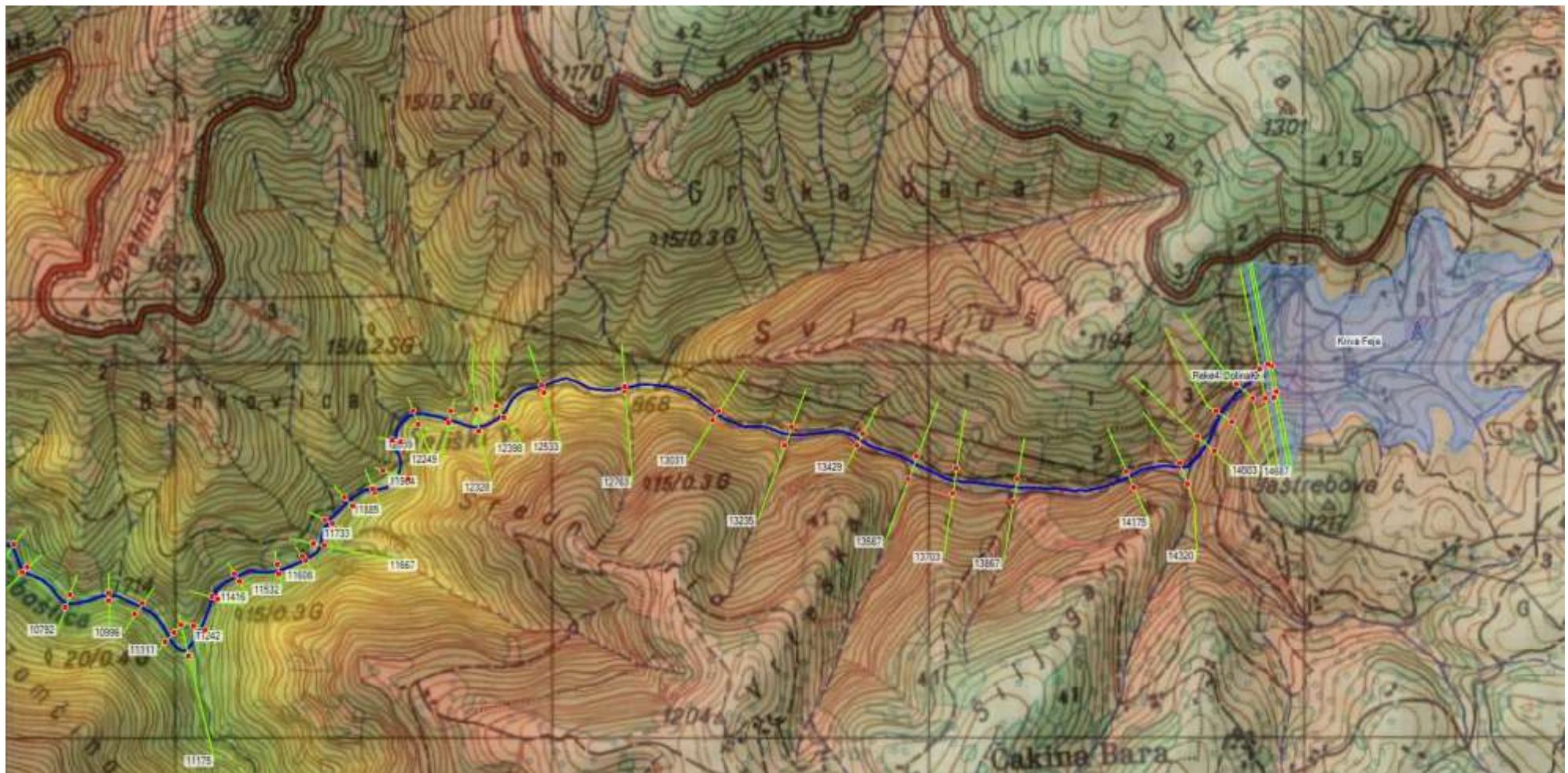
GEA D.o.o. Preduzeće za projektovanje i inženjering - Pančevo	TRP nadvišenja brane flotacijskog jalovišta Grot kod Krive Feje	GRAFIČKI PRILOZI	UKUPNO: 40
SVESKA VIII.1			PRILOG G3

## Diskretizacija računske oblasti – položaj poprečnih profila generisanih sa digitalnog modela terena (DMT)



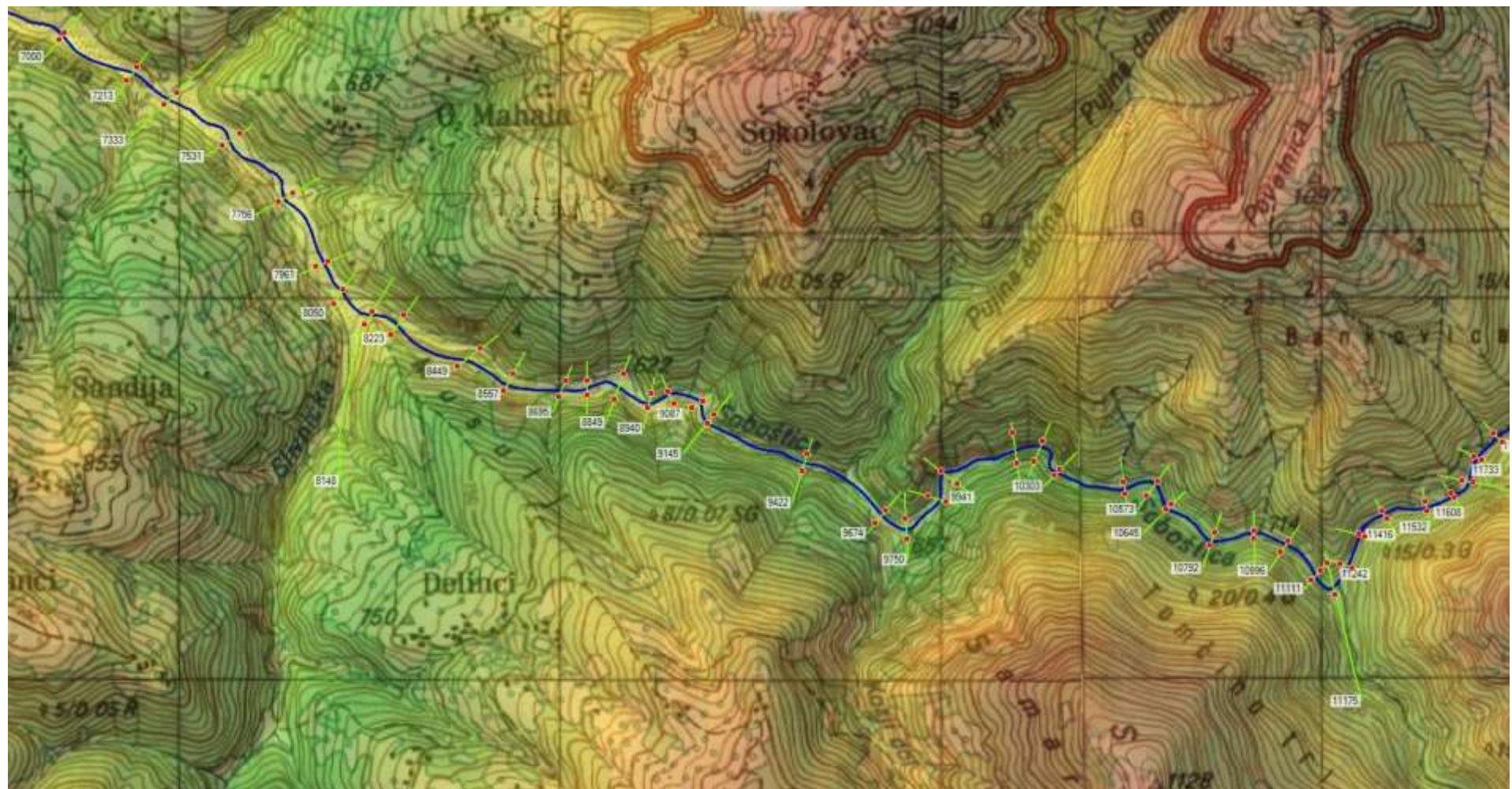
GEA D.o.o. Preduzeće za projektovanje i inženjering - Pančevo	TRP nadvišenja brane flotacijskog jalovišta Grot kod Krive Feje	GRAFIČKI PRILOZI	UKUPNO: 40
SVESKA VIII.1			PRILOG G4

### Položaj računskih profila u dolini Seliškog potoka



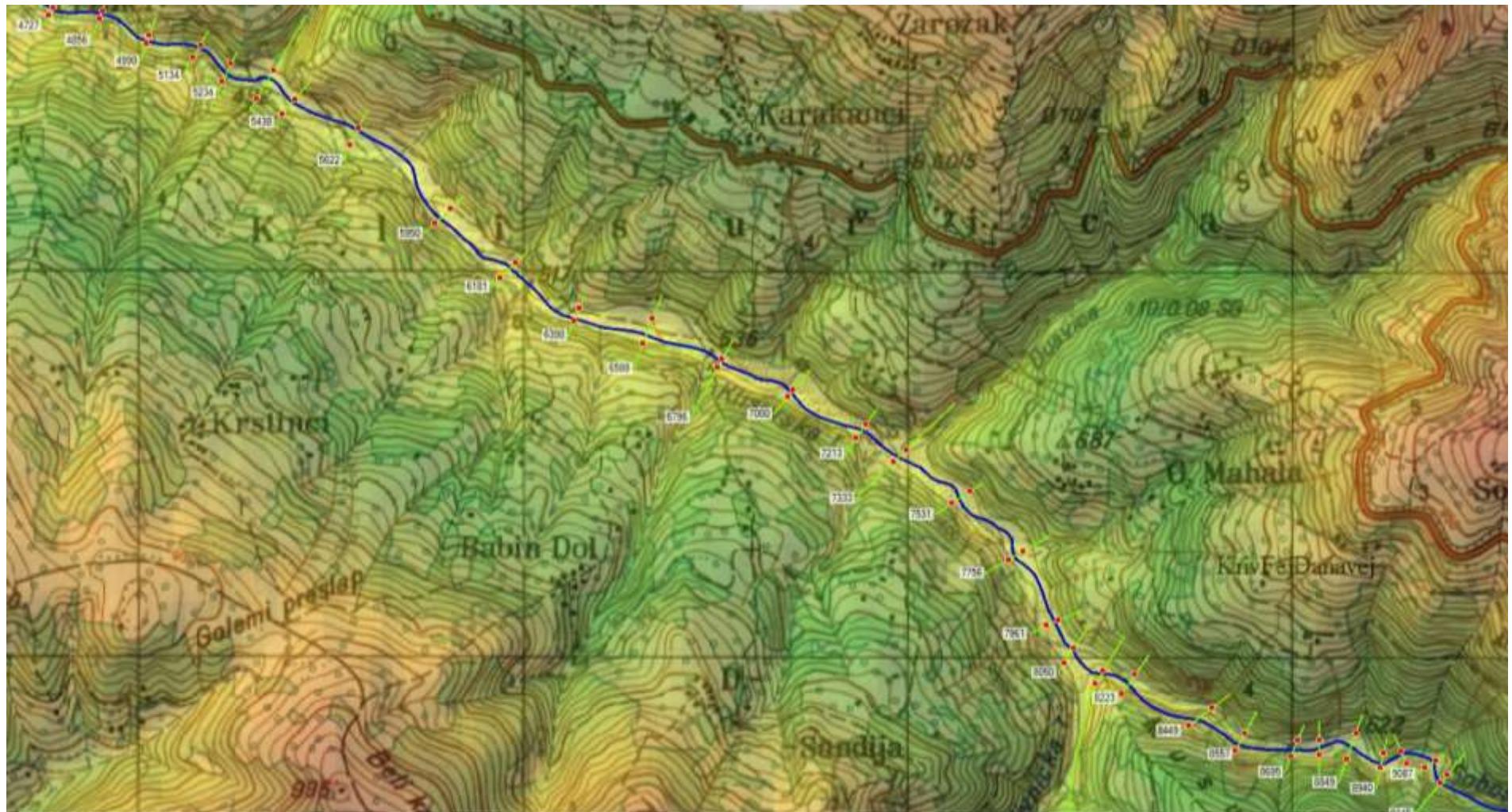
GEA D.o.o. Preduzeće za projektovanje i inženjering - Pančevo	TRP nadvišenja brane flotacijskog jalovišta Grot kod Krive Feje	GRAFIČKI PRILOZI	UKUPNO: 40
SVESKA VIII.1			PRILOG G5

## Položaj računskih profila u dolini reke Soboštice



GEA D.o.o. Preduzeće za projektovanje i inženjering - Pančevo	TRP nadvišenja brane flotacijskog jalovišta Grot kod Krive Feje	GRAFIČKI PRILOZI	UKUPNO: 40
SVESKA VIII.1			PRILOG G6

## Položaj računskih profila u dolini Klisurske reke



GEA D.o.o. Preduzeće za projektovanje i inženjering - Pančevo	TRP nadvišenja brane flotacijskog jalovišta Grot kod Krive Feje	GRAFIČKI PRILOZI	UKUPNO: 40
SVESKA VIII.1			PRILOG G7

## Položaj računskih profil u dolini Korbevačke reke



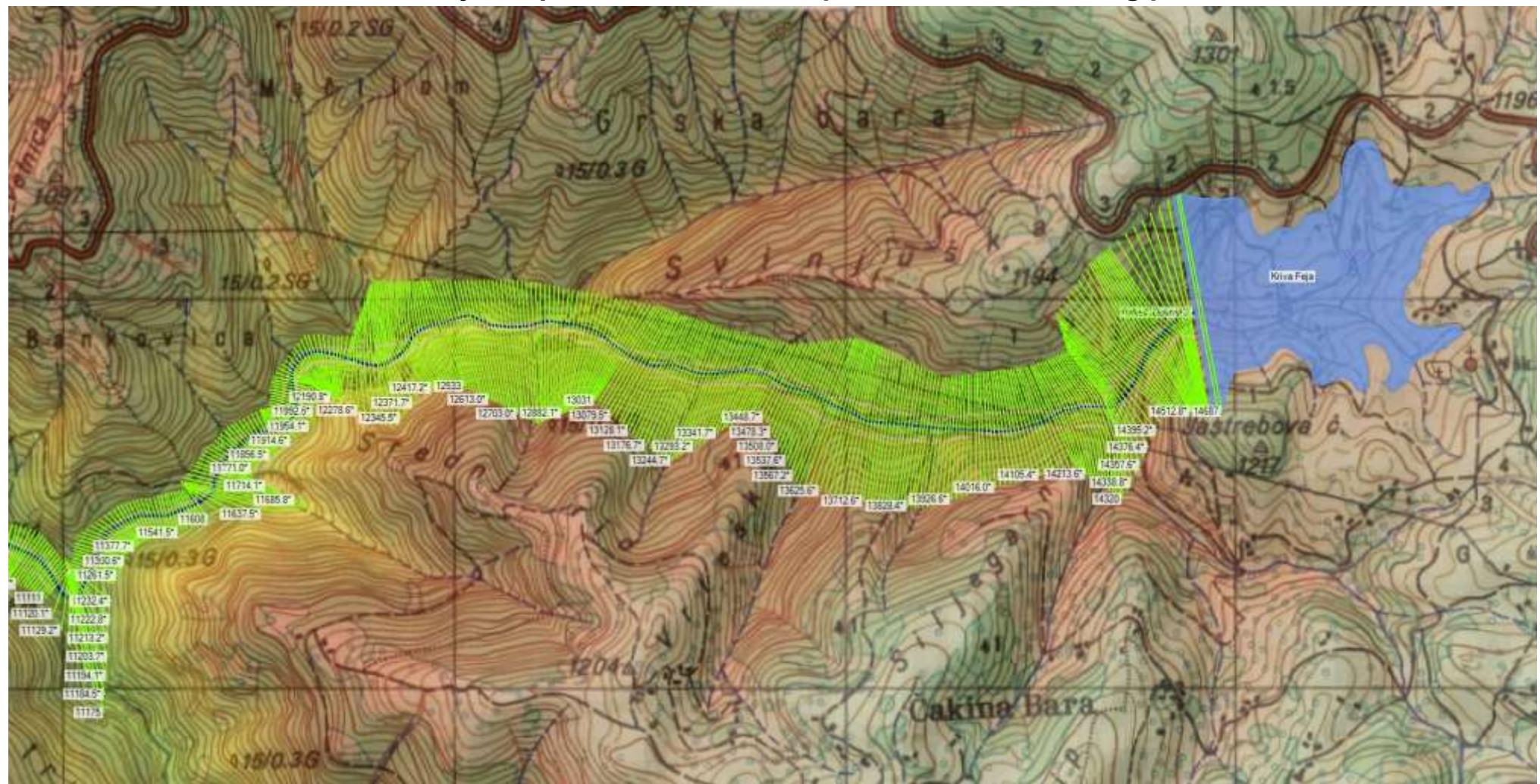
GEA D.o.o. Preduzeće za projektovanje i inženjering - Pančevo	TRP nadvišenja brane flotacijskog jalovišta Grot kod Krive Feje	GRAFIČKI PRILOZI	UKUPNO: 40
	SVESKA VIII.1		PRILOG G8

## Položaj interpolovanih računskih profila



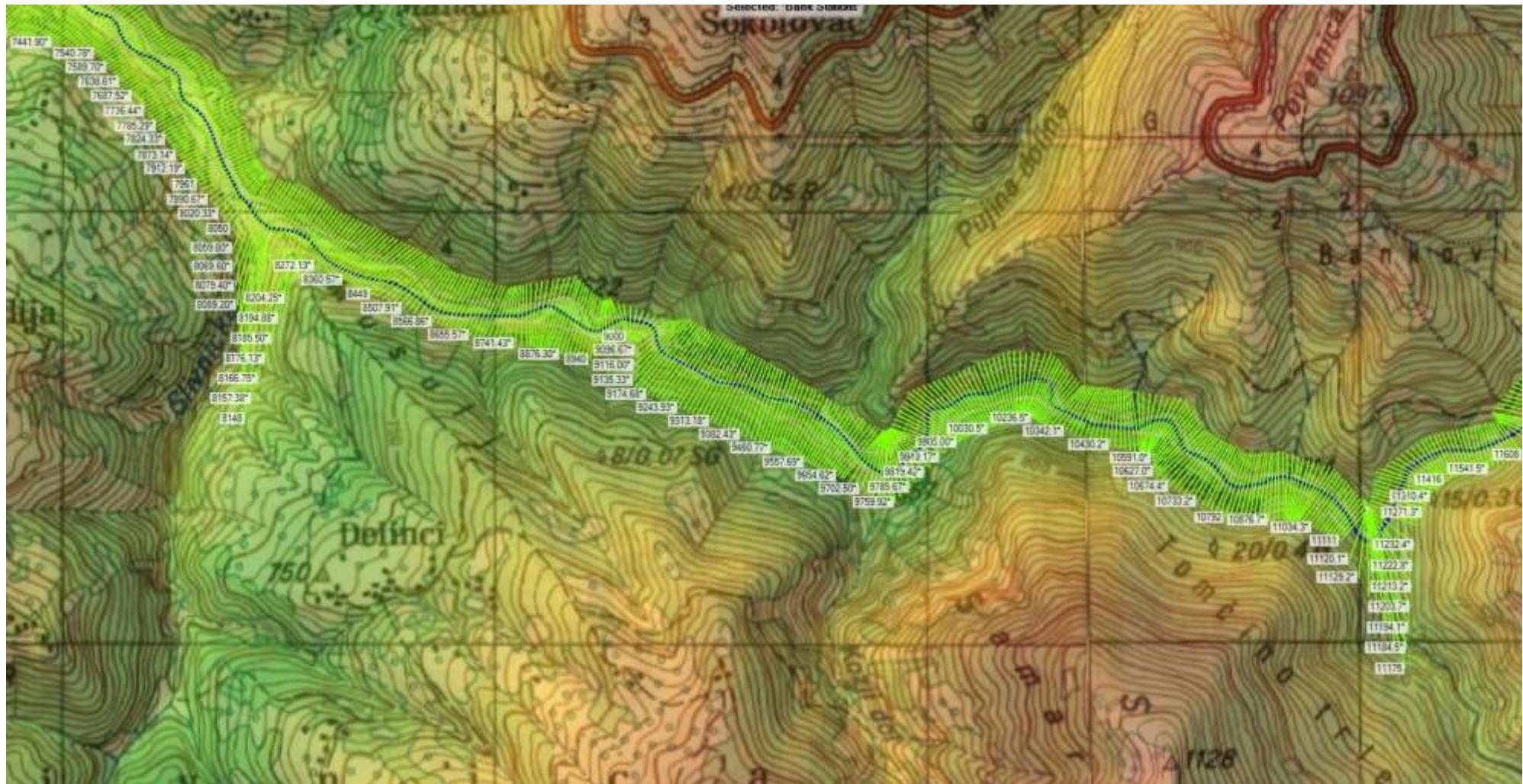
GEA D.o.o. Preduzeće za projektovanje i inženjering - Pančevo	TRP nadvišenja brane flotacijskog jalovišta Grot kod Krive Feje	GRAFIČKI PRILOZI	UKUPNO: 40
	SVESKA VIII.1		PRILOG G9

## Položaj interpolovanih računskih profila u dolini Seliškog potoka



GEA D.o.o. Preduzeće za projektovanje i inženjering - Pančevo	TRP nadvišenja brane flotacijskog jalovišta Grot kod Krive Feje	GRAFIČKI PRILOZI	UKUPNO: 40
SVESKA VIII.1			PRILOG G10

## Položaj interpolovanih računskih profila u dolini reke Soboštice



GEA D.o.o. Preduzeće za projektovanje i inženjering - Pančevo	TRP nadvišenja brane flotacijskog jalovišta Grot kod Krive Feje	GRAFIČKI PRILOZI	UKUPNO: 40
SVESKA VIII.1			PRILOG G11

## Položaj interpolovanih računskih profila u dolini Klisurske reke



GEA D.o.o.  
Preduzeće za projektovanje  
i inženjering - Pančevo

TRP nadvišenja brane flotacijskog  
jalovišta Grot kod Krive Feje

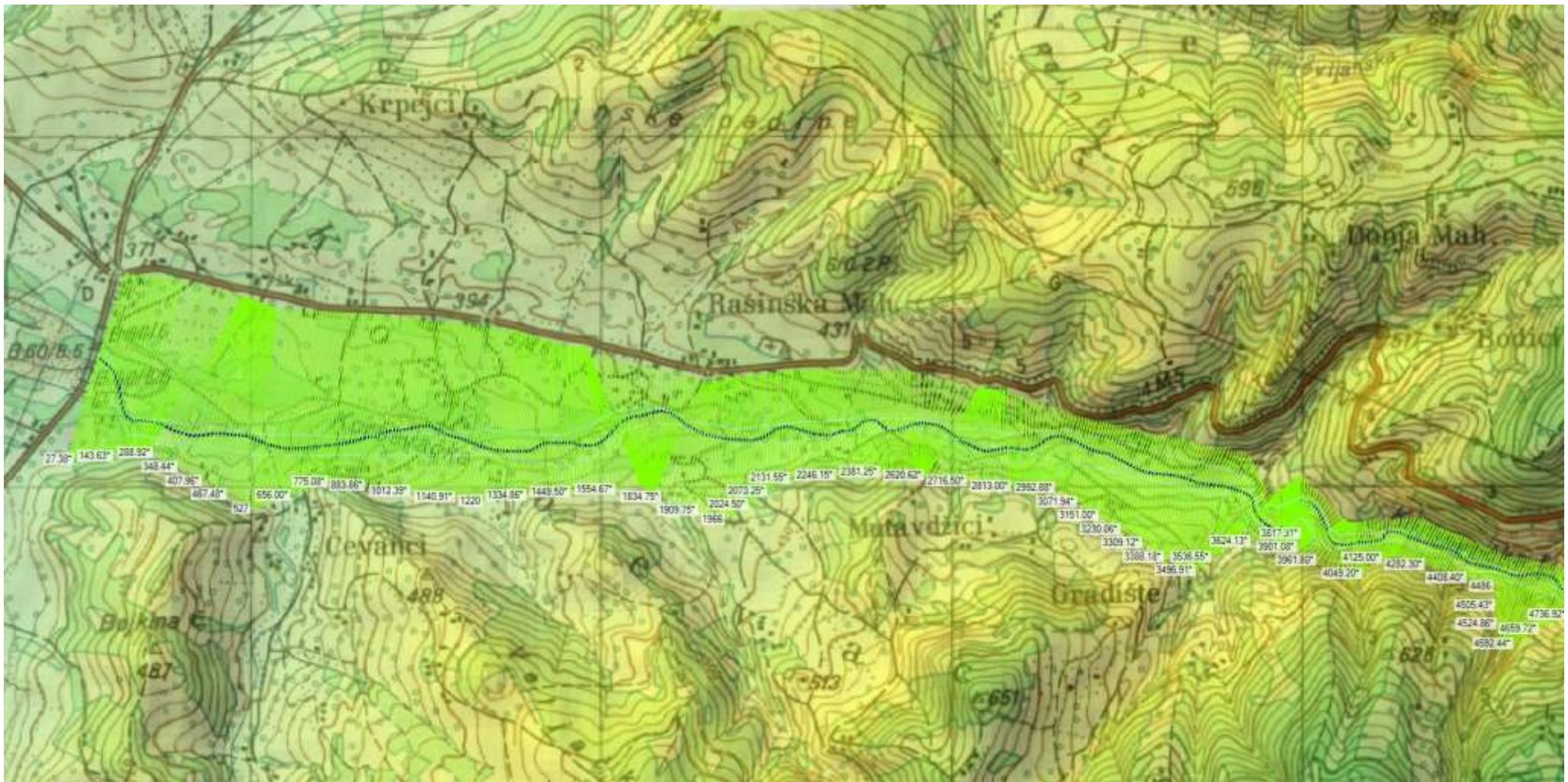
SVESKA VIII.1

GRAFIČKI  
PRILOZI

UKUPNO: 40

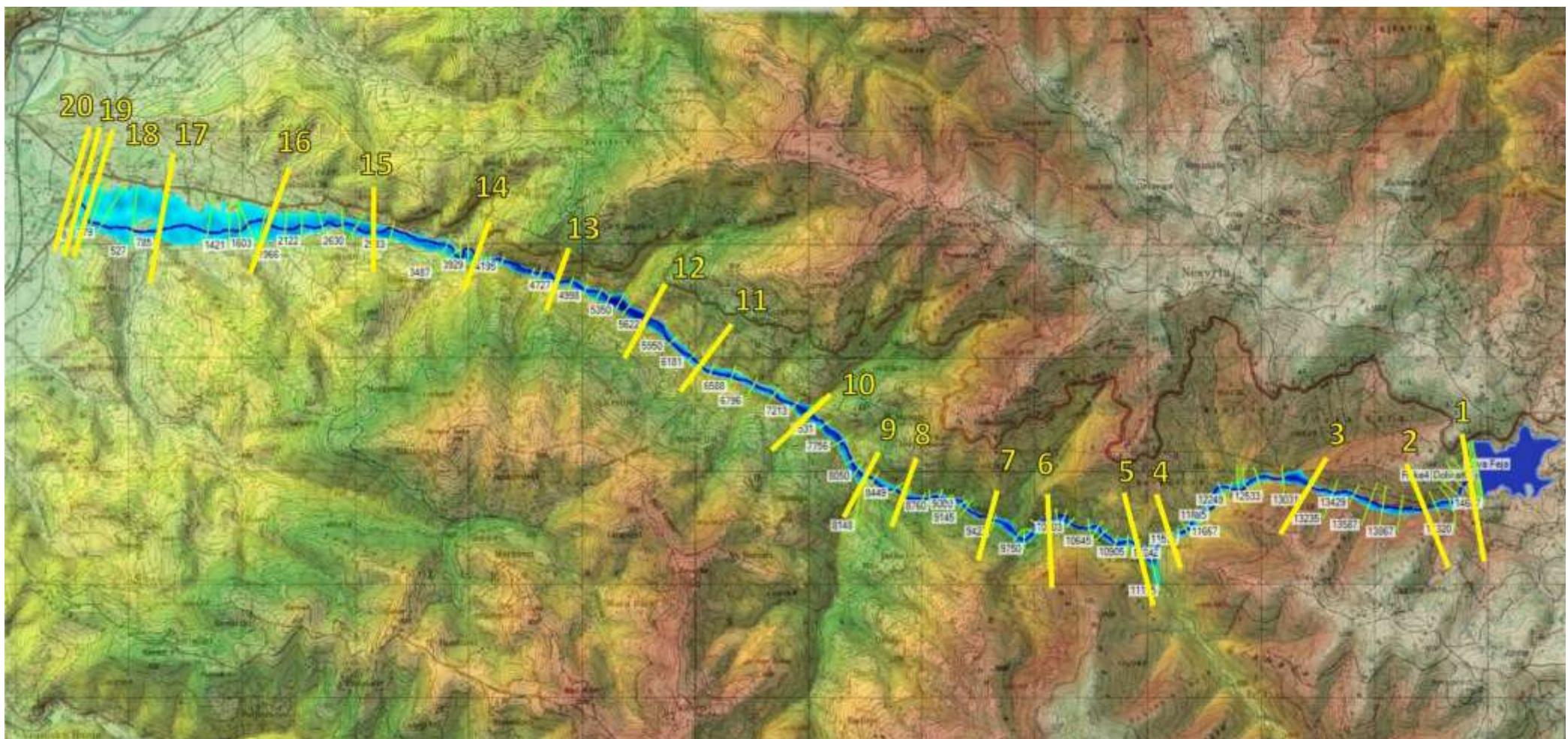
PRILOG G12

## Položaj interpolovanih računskih profil u dolini Korbevačke reke



GEA D.o.o. Preduzeće za projektovanje i inženjering - Pančevo	TRP nadvišenja brane flotacijskog jalovišta Grot kod Krive Feje	GRAFIČKI PRILOZI	UKUPNO: 40
SVESKA VIII.1			PRILOG G13

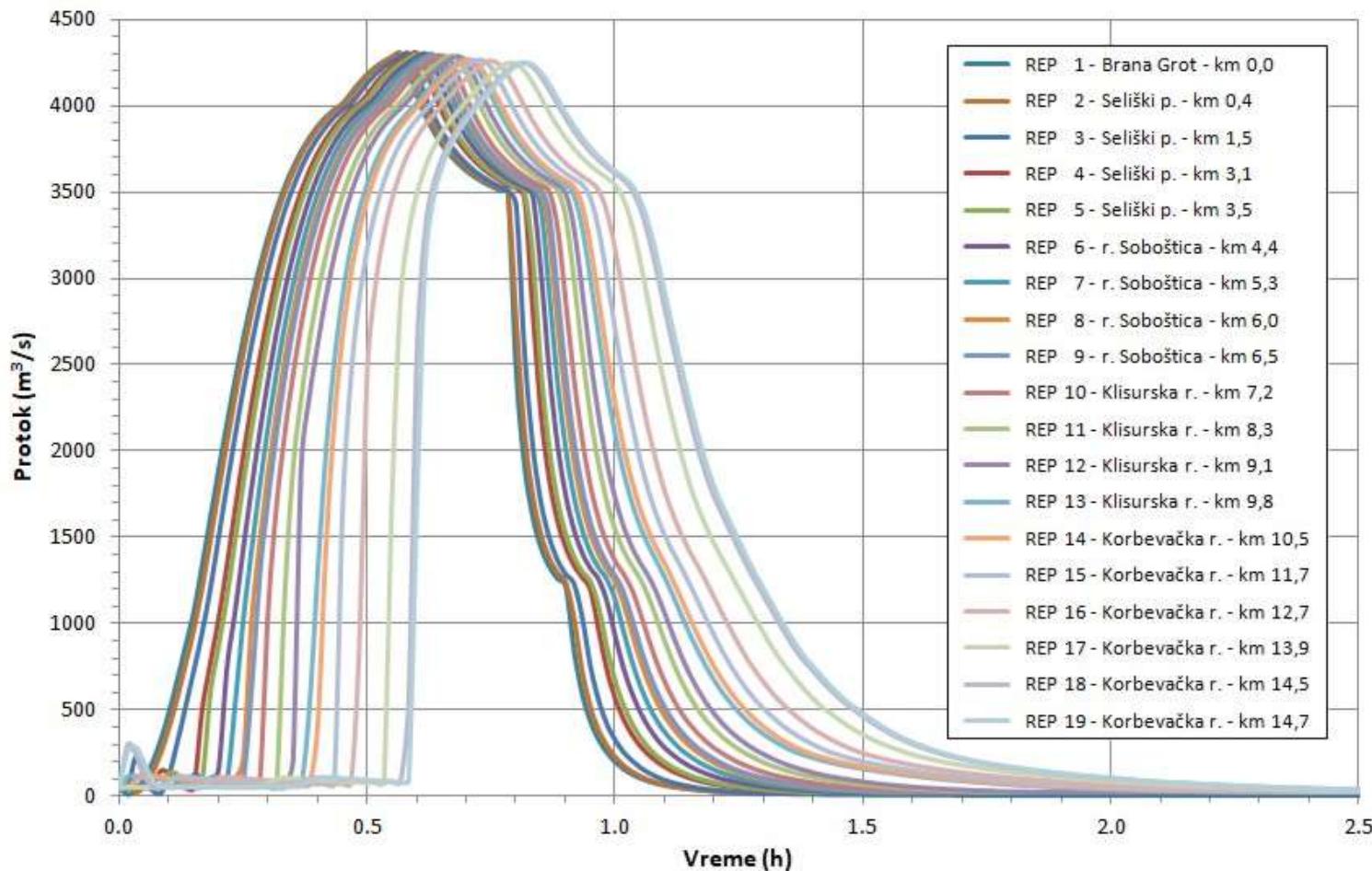
## Položaj Računskih Evidencionih Profila (REP) za prikaz rezultata



GEA D.o.o. Preduzeće za projektovanje i inženjering - Pančevo	TRP nadvišenja brane flotacijskog jalovišta Grot kod Krive Feje	GRAFIČKI PRILOZI	UKUPNO: 40
SVESKA VIII.1			PRILOG G14

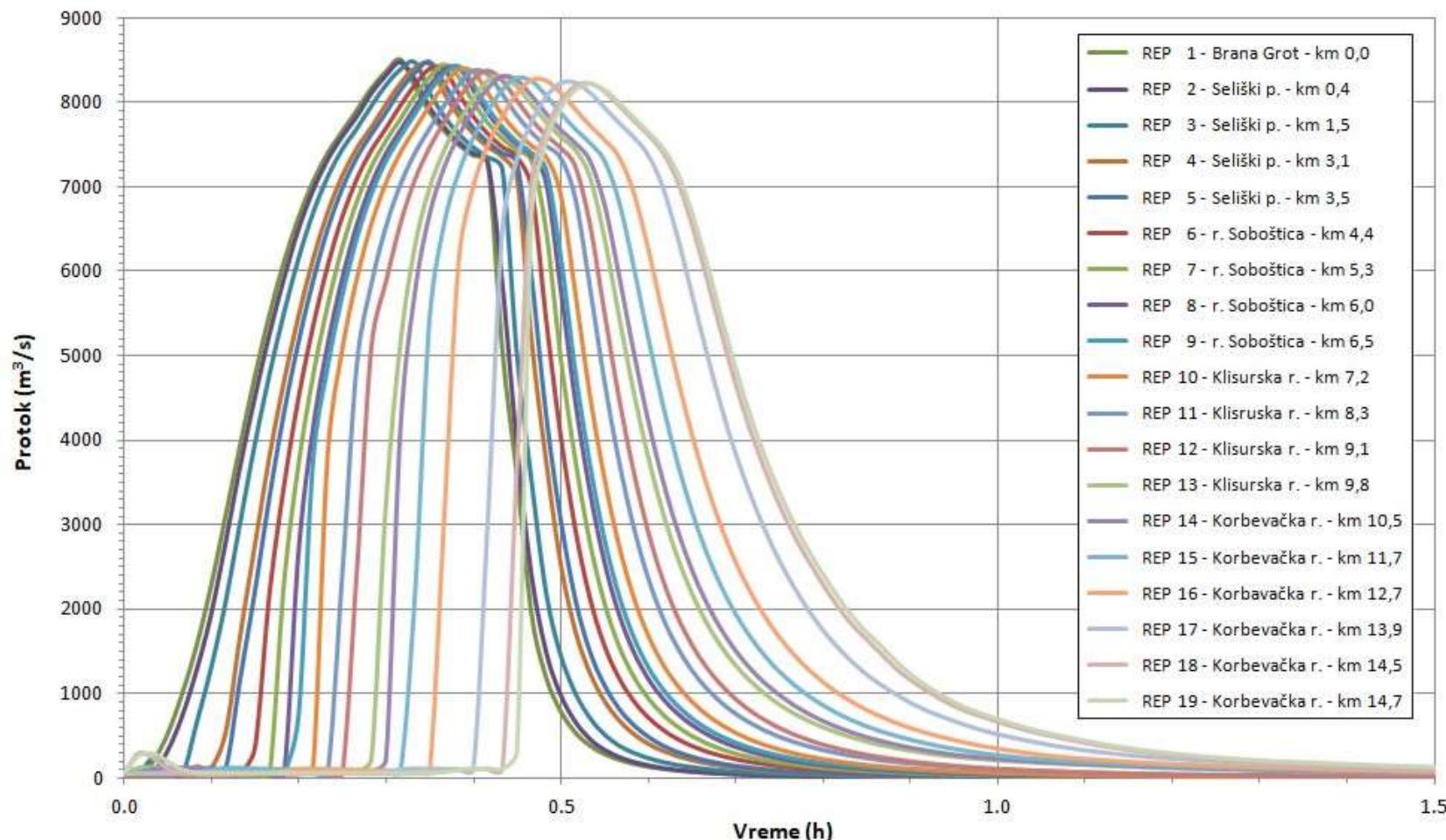
## Prostiranje poplavnog talasa - hidrogrami

Trajanje proloma brane: T = 1,0 h



## Prostiranje poplavnog talasa - hidrogrami

Trajanje proloma brane:  $T = 0,5 \text{ h}$



GEA D.o.o.  
Preduzeće za projektovanje  
i inženjering - Pančevo

TRP nadvišenja brane flotacijskog  
jalovišta Grot kod Krive Feje

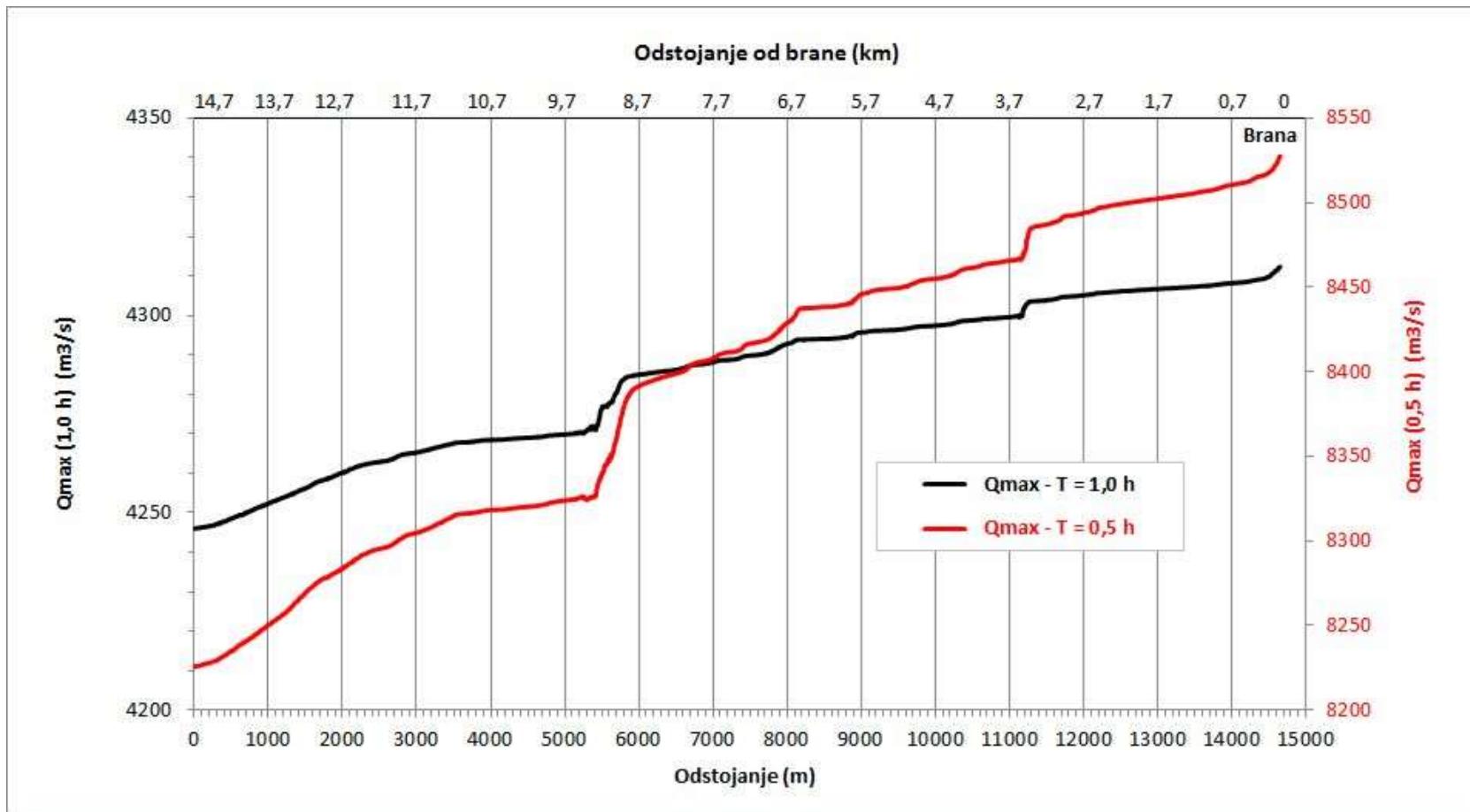
SVESKA VIII.1

GRAFIČKI  
PRILOZI

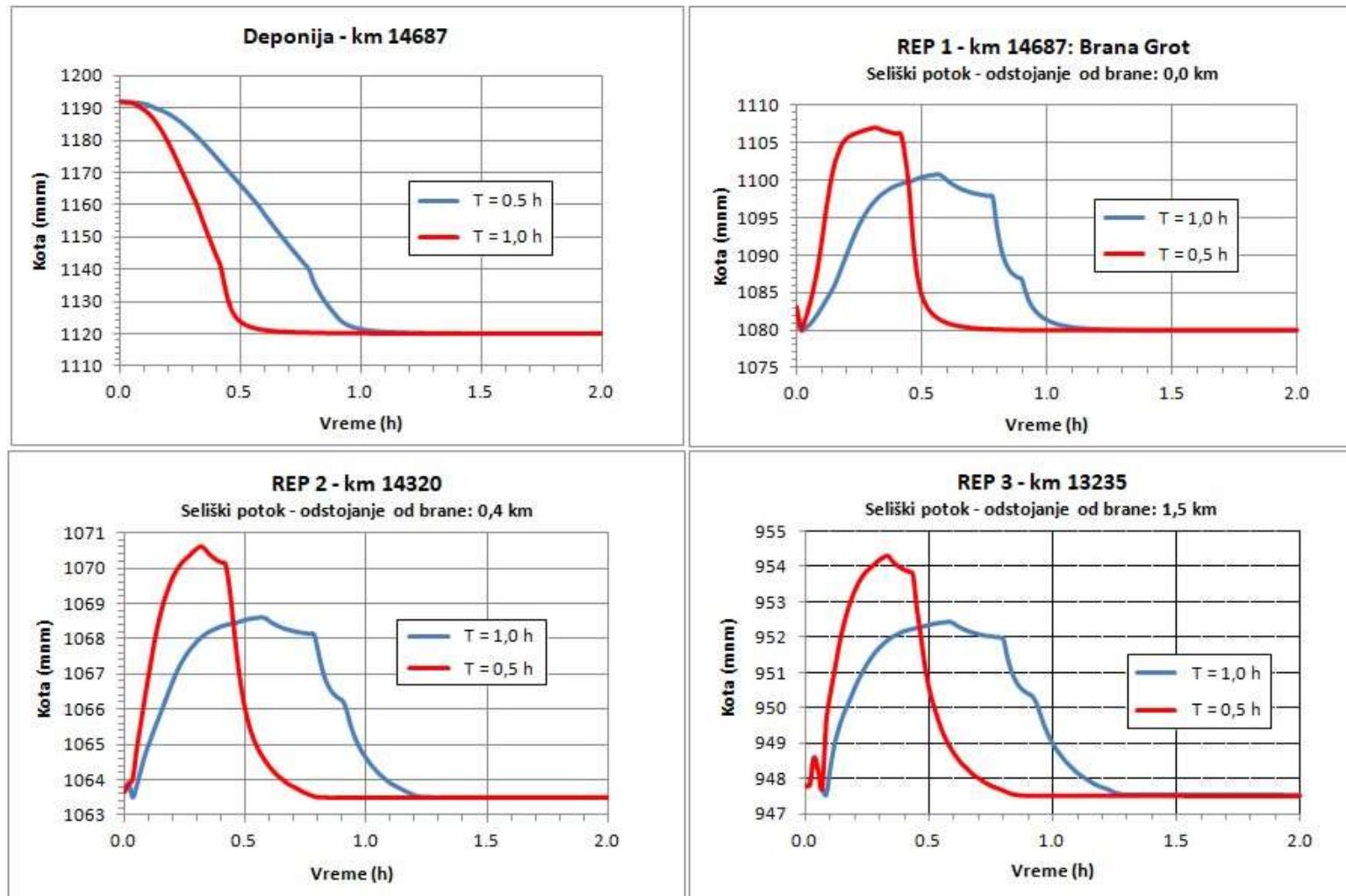
UKUPNO: 40

PRILOG G16

## Uzdužni profil maksimalnih protoka



## Prostiranje poplavnog talasa – nivogrami (1)



GEA D.o.o.  
Preduzeće za projektovanje  
i inženjering - Pančevo

TRP nadvišenja brane flotacijskog  
jalovišta Grot kod Krive Feje

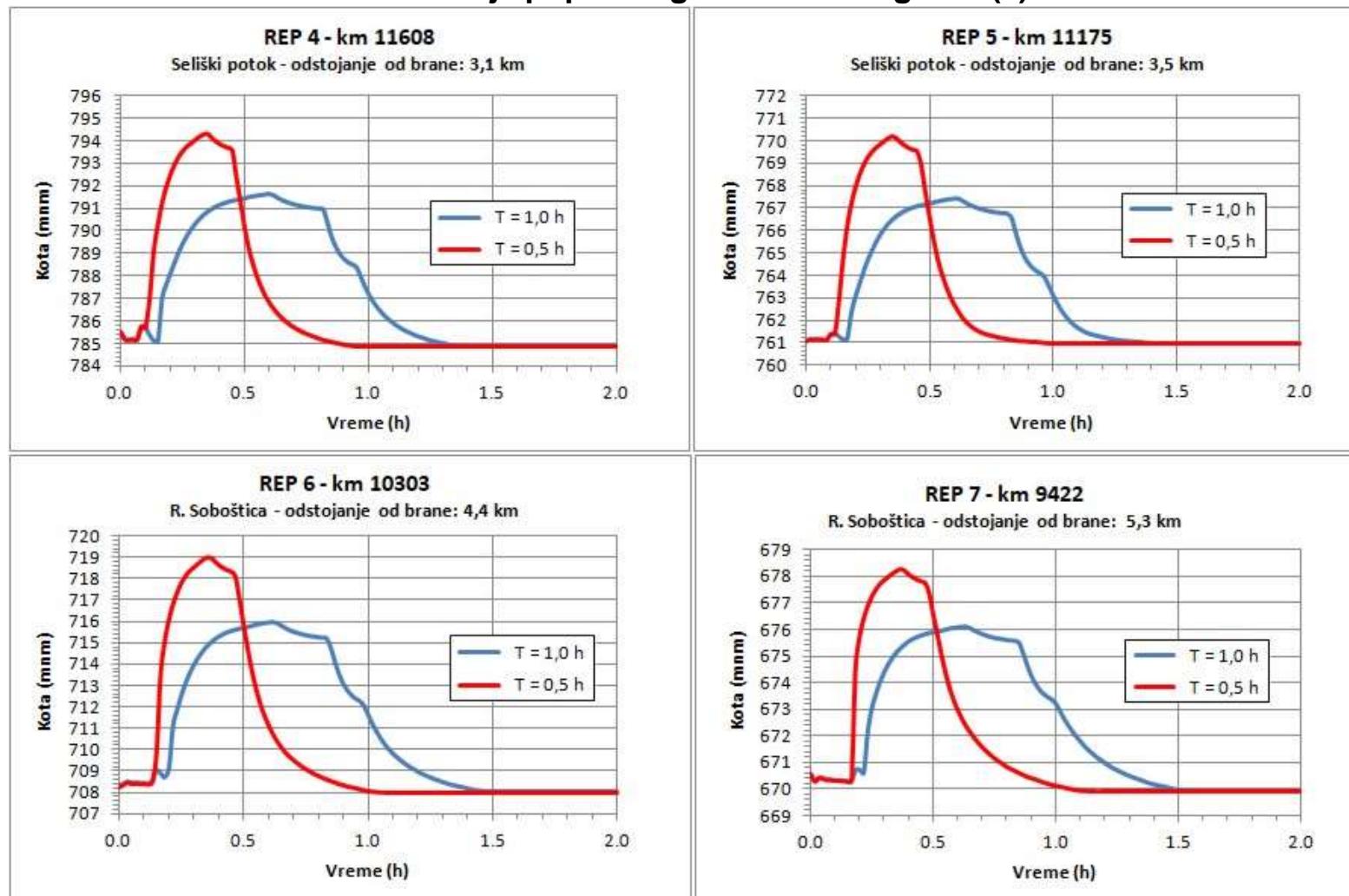
SVESKA VIII.1

GRAFIČKI  
PRILOZI

UKUPNO: 40

PRILOG G18

## Prostiranje poplavnog talasa – nivogrami (2)



GEA D.o.o.  
Preduzeće za projektovanje  
i inženjering - Pančevo

TRP nadvišenja brane flotacijskog  
jalovišta Grot kod Krive Feje

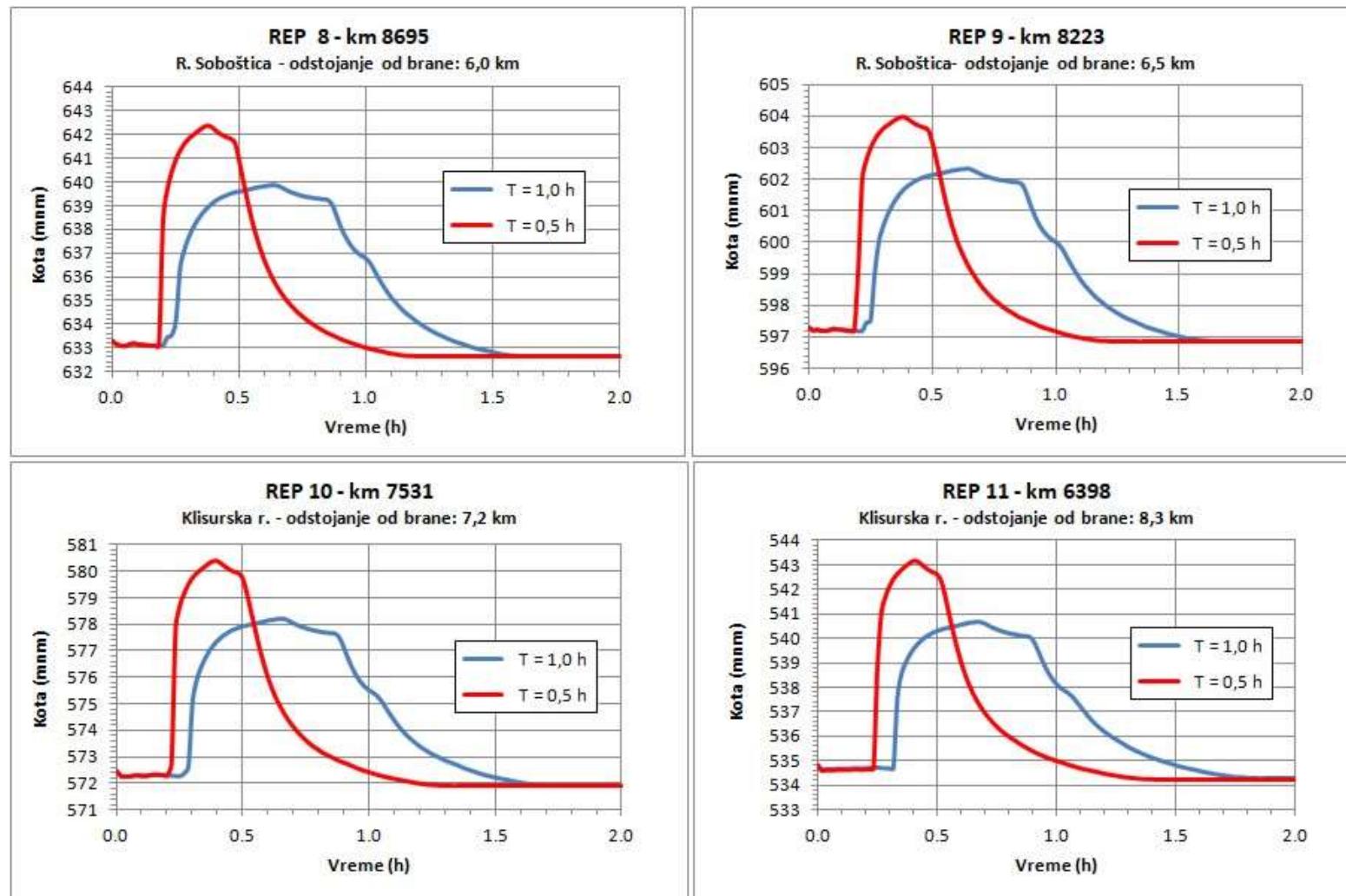
SVESKA VIII.1

GRAFIČKI  
PRILOZI

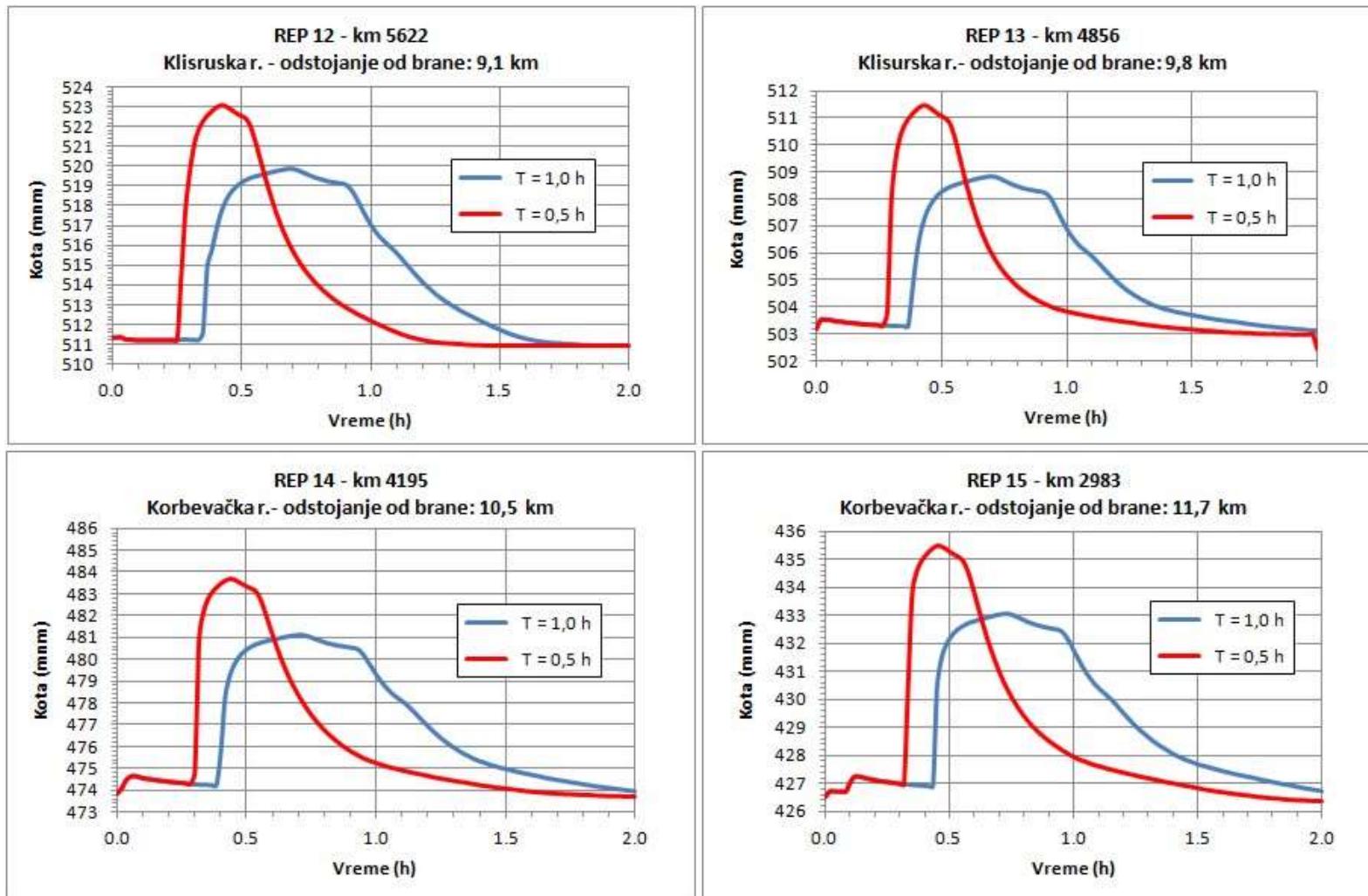
UKUPNO: 40

PRILOG G19

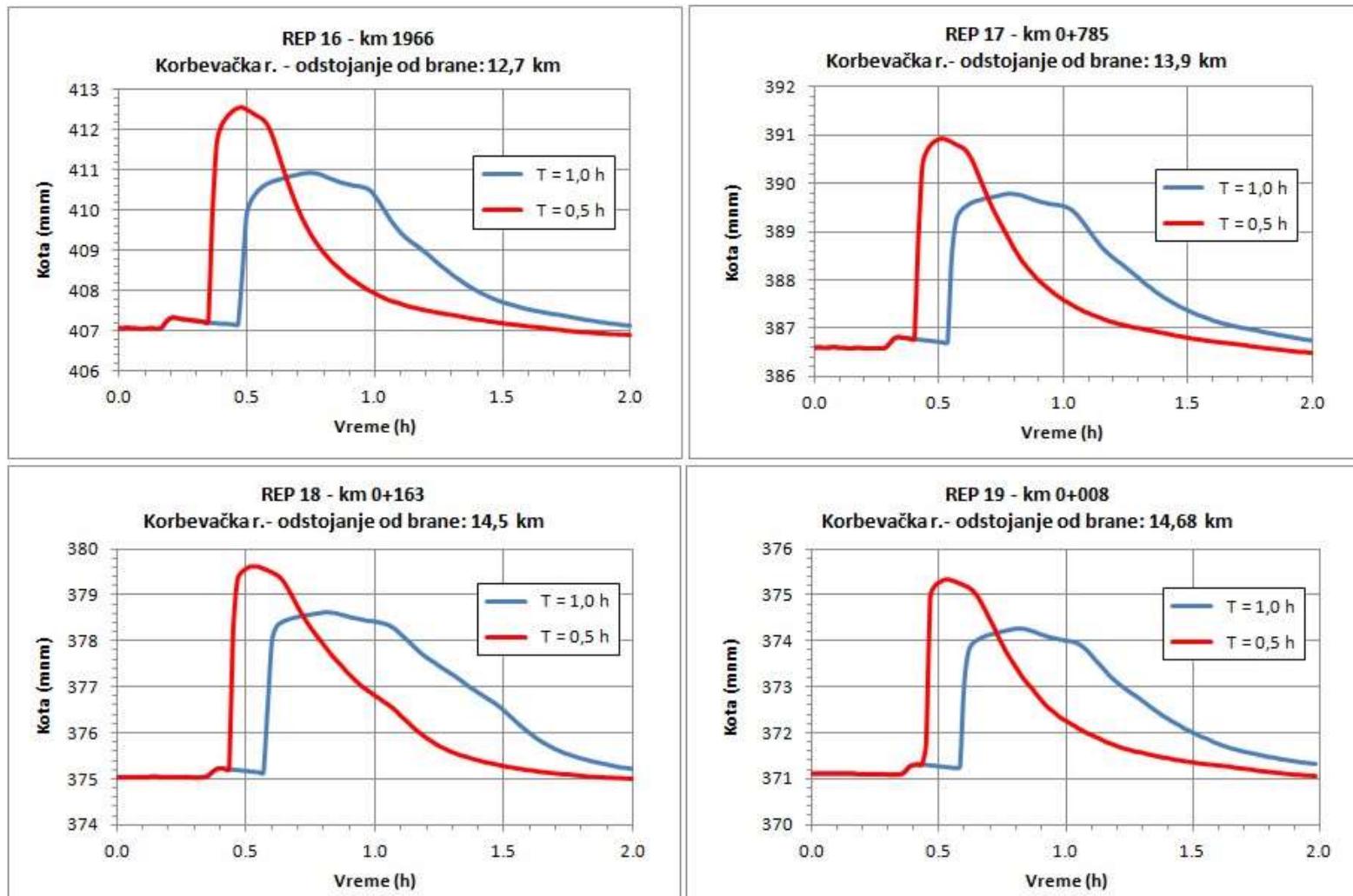
### Prostiranje poplavnog talasa – nivogrami (3)



## Prostiranje poplavnog talasa – nivogrami (4)



## Prostiranje poplavnog talasa – nivogrami (5)



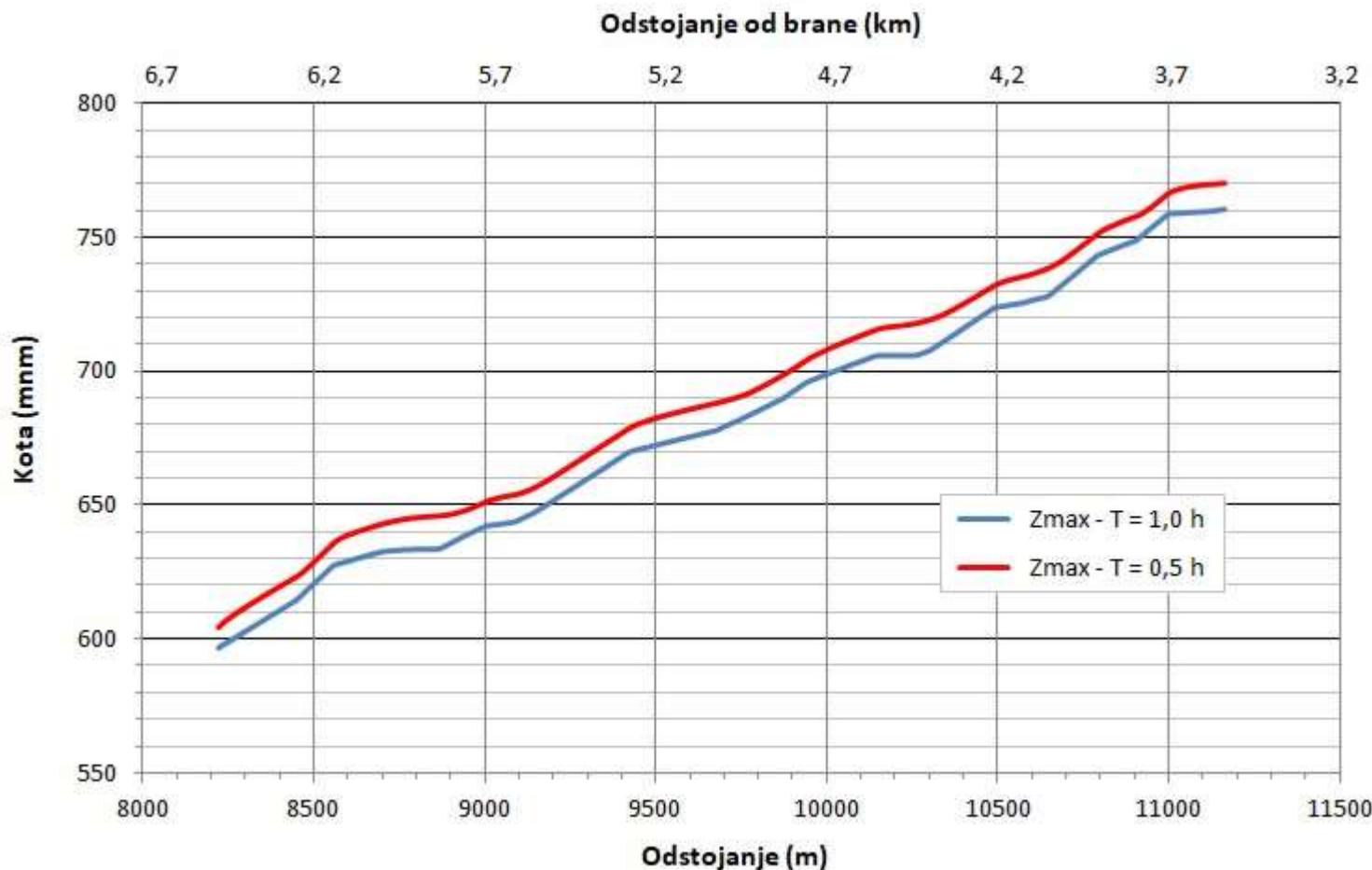
GEA D.o.o. Preduzeće za projektovanje i inženjering - Pančevo	TRP nadvišenja brane flotacijskog jalovišta Grot kod Krive Feje	GRAFIČKI PRILOZI	UKUPNO: 40
	SVESKA VIII.1		PRILOG G22

### Uzdužni profil maksimalnih kota nivoa (1)



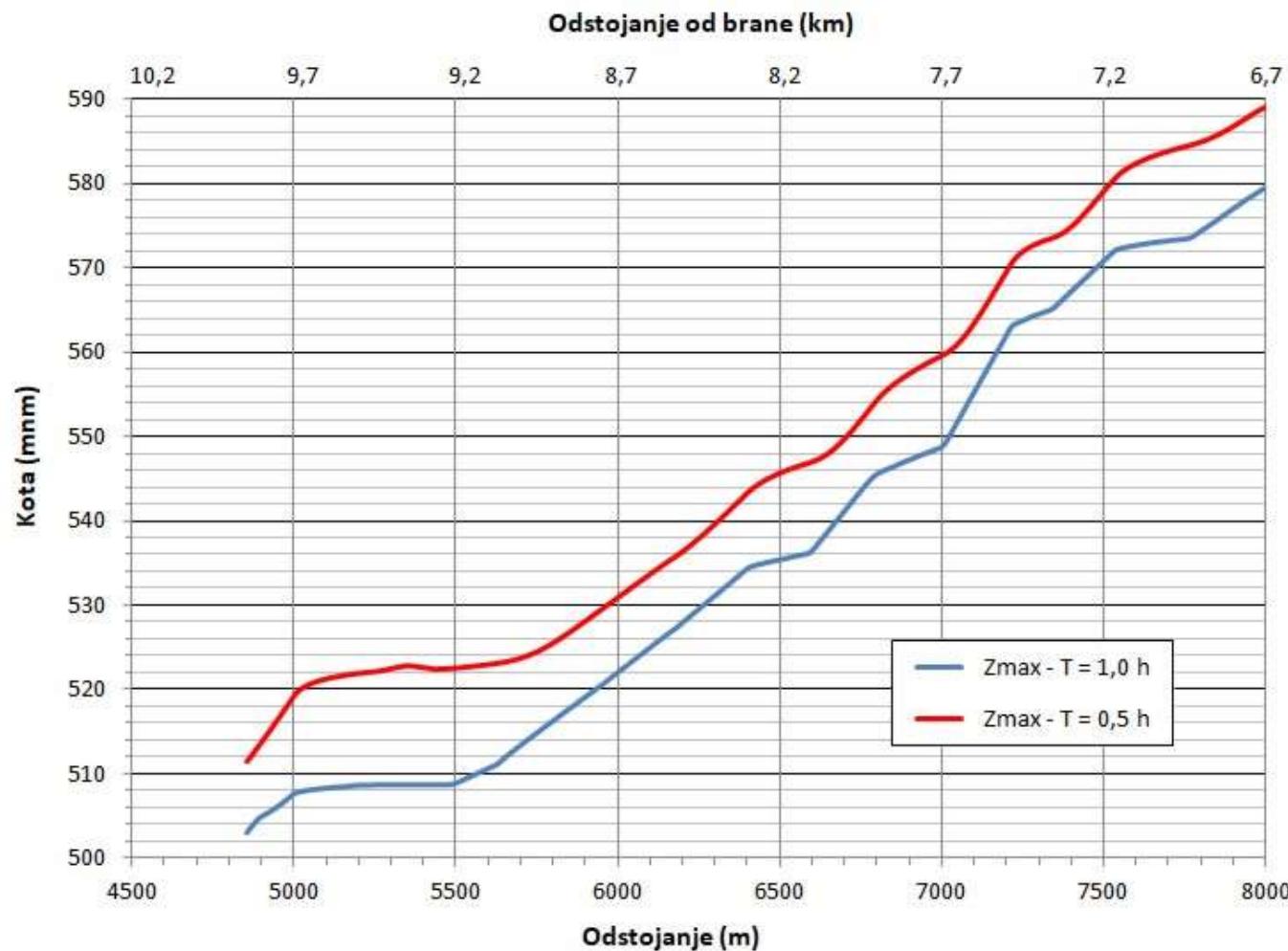
GEA D.o.o. Preduzeće za projektovanje i inženjering - Pančevo	TRP nadvišenja brane flotacijskog jalovišta Grot kod Krive Feje	GRAFIČKI PRILOZI	UKUPNO: 40
	SVESKA VIII.1		PRILOG G23

## Uzdužni profil maksimalnih kota nivoa (2)



GEA D.o.o. Preduzeće za projektovanje i inženjering - Pančevo	TRP nadvišenja brane flotacijskog jalovišta Grot kod Krive Feje	GRAFIČKI PRILOZI	UKUPNO: 40
	SVESKA VIII.1		

### Uzdužni profil maksimalnih kota nivoa (3)



GEA D.o.o.  
Preduzeće za projektovanje  
i inženjering - Pančevo

TRP nadvišenja brane flotacijskog  
jalovišta Grot kod Krive Feje

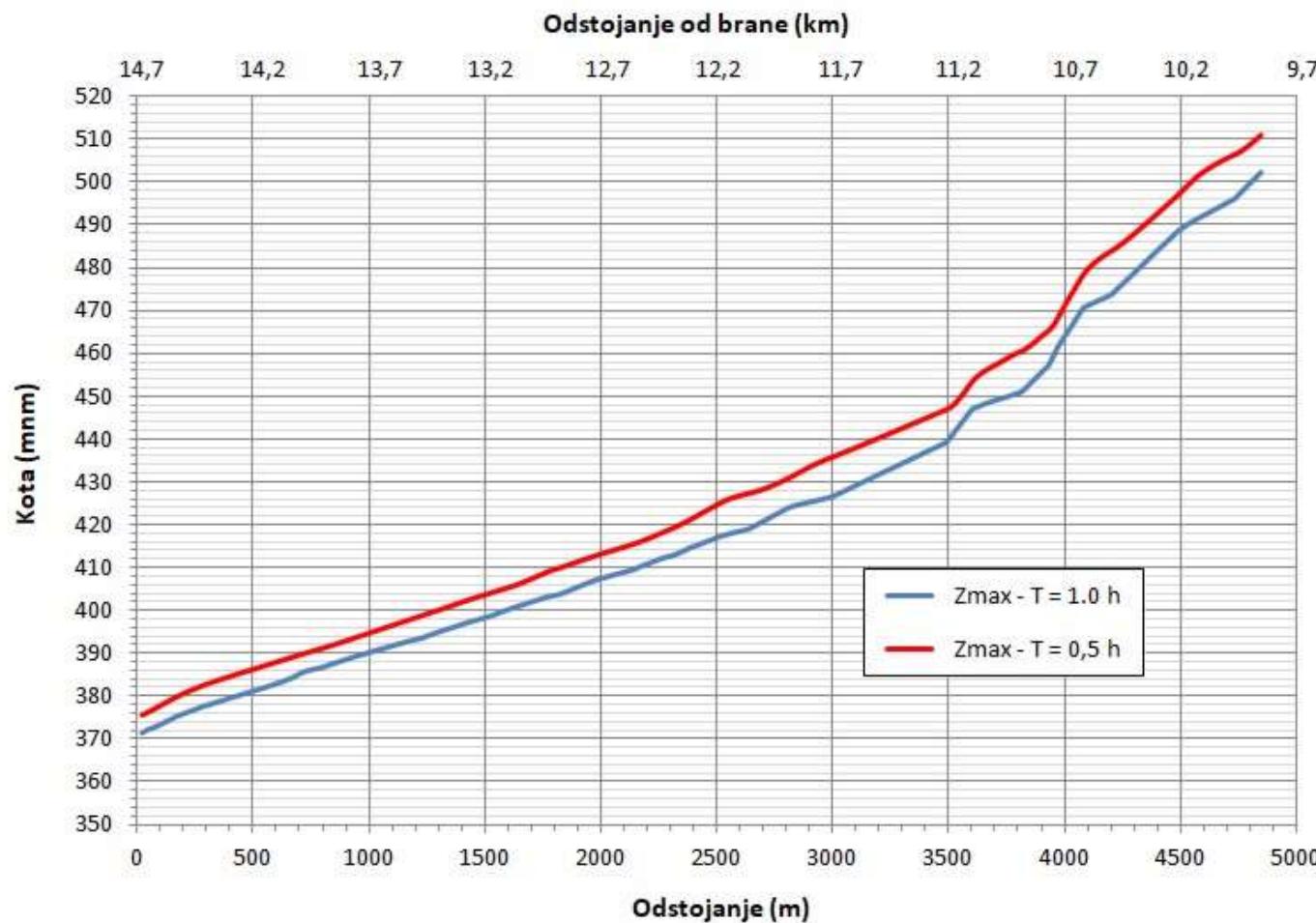
SVESKA VIII.1

GRAFIČKI  
PRILOZI

UKUPNO: 40

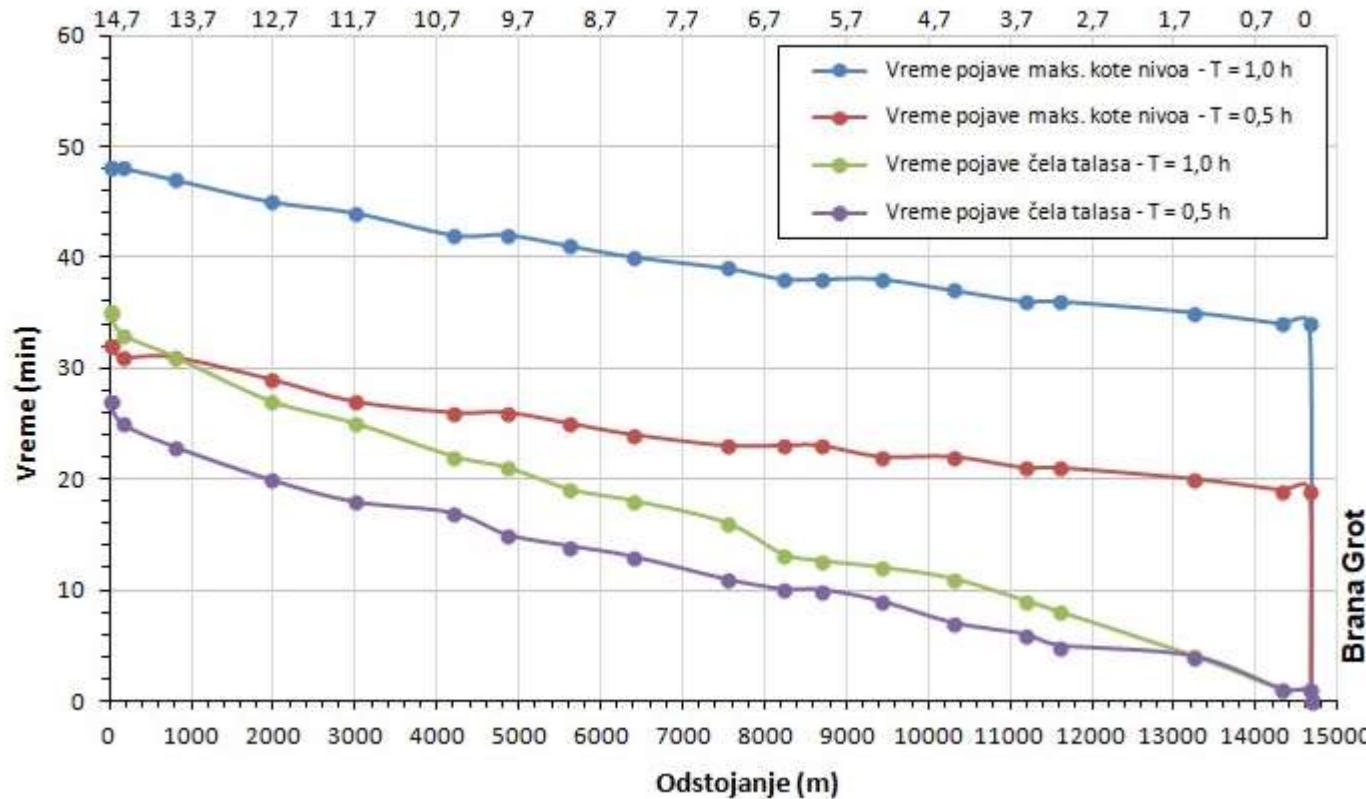
PRILOG G25

### Uzdužni profil maksimalnih kota nivoa (4)



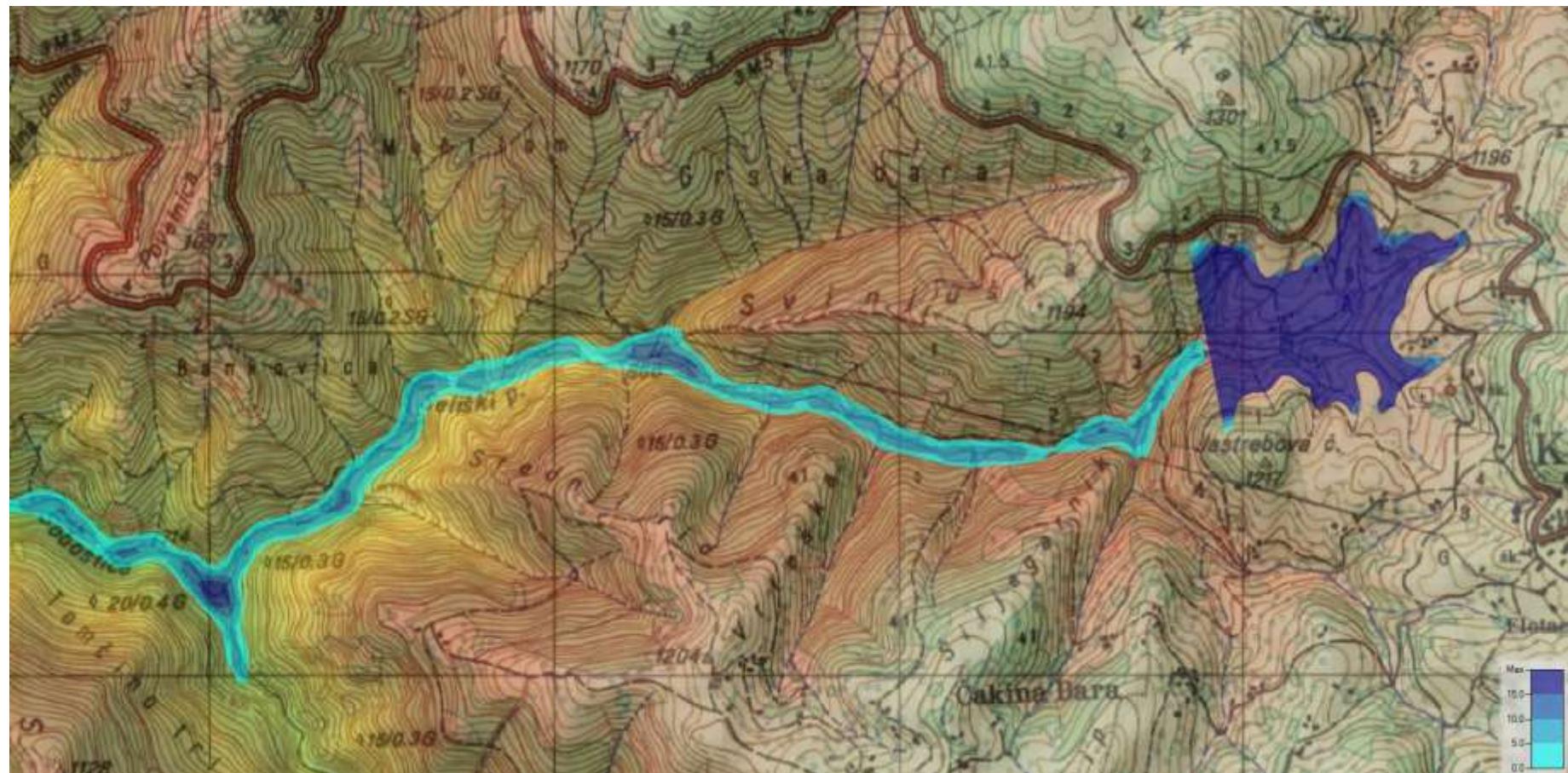
GEA D.o.o. Preduzeće za projektovanje i inženjering - Pančevo	TRP nadvišenja brane flotacijskog jalovišta Grot kod Krive Feje	GRAFIČKI PRILOZI	UKUPNO: 40
	SVESKA VIII.1		PRILOG G26

### Vremena pojave čela talasa i maksimalne kote nivoa



GEA D.o.o. Preduzeće za projektovanje i inženjering - Pančevo	TRP nadvišenja brane flotacijskog jalovišta Grot kod Krive Feje  SVESKA VIII.1	GRAFIČKI PRILOZI	UKUPNO: 40  PRILOG G27
---	---	---------------------	------------------------------

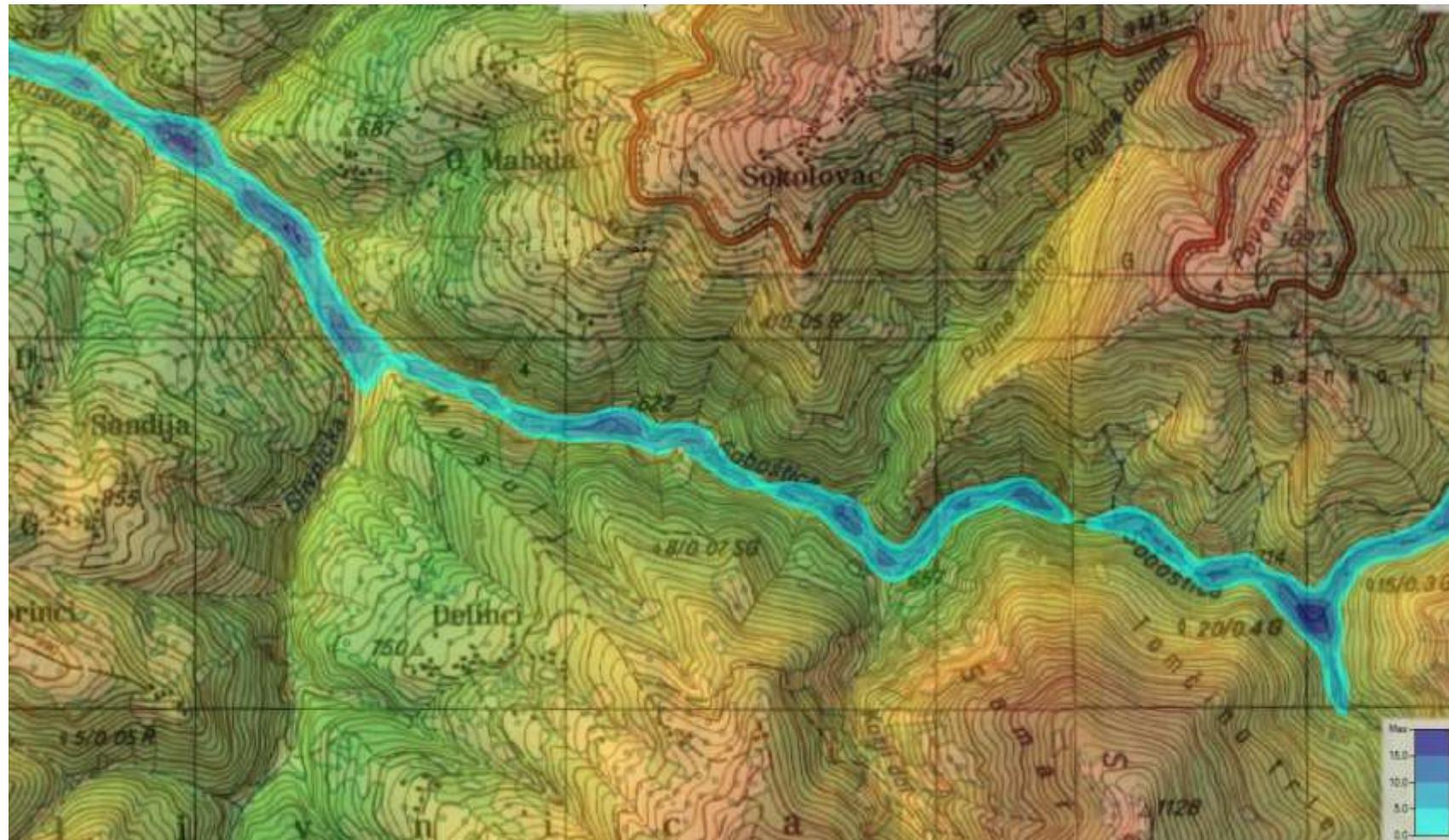
**Maksimalne dubine u plavnoj zoni (1)**  
**Dolina Seliškog potoka**



GEA D.o.o. Preduzeće za projektovanje i inženjering - Pančevo	TRP nadvišenja brane flotacijskog jalovišta Grot kod Krive Feje	GRAFIČKI PRILOZI	UKUPNO: 40
SVESKA VIII.1			PRILOG G28

## Maksimalne dubine u plavnoj zoni (2)

### Doline reke Soboštice i Klisurske reke



GEA D.o.o.  
Preduzeće za projektovanje  
i inženjering - Pančevo

TRP nadvišenja brane flotacijskog  
jalovišta Grot kod Krive Feje

SVESKA VIII.1

GRAFIČKI  
PRILOZI

UKUPNO: 40

PRILOG G29

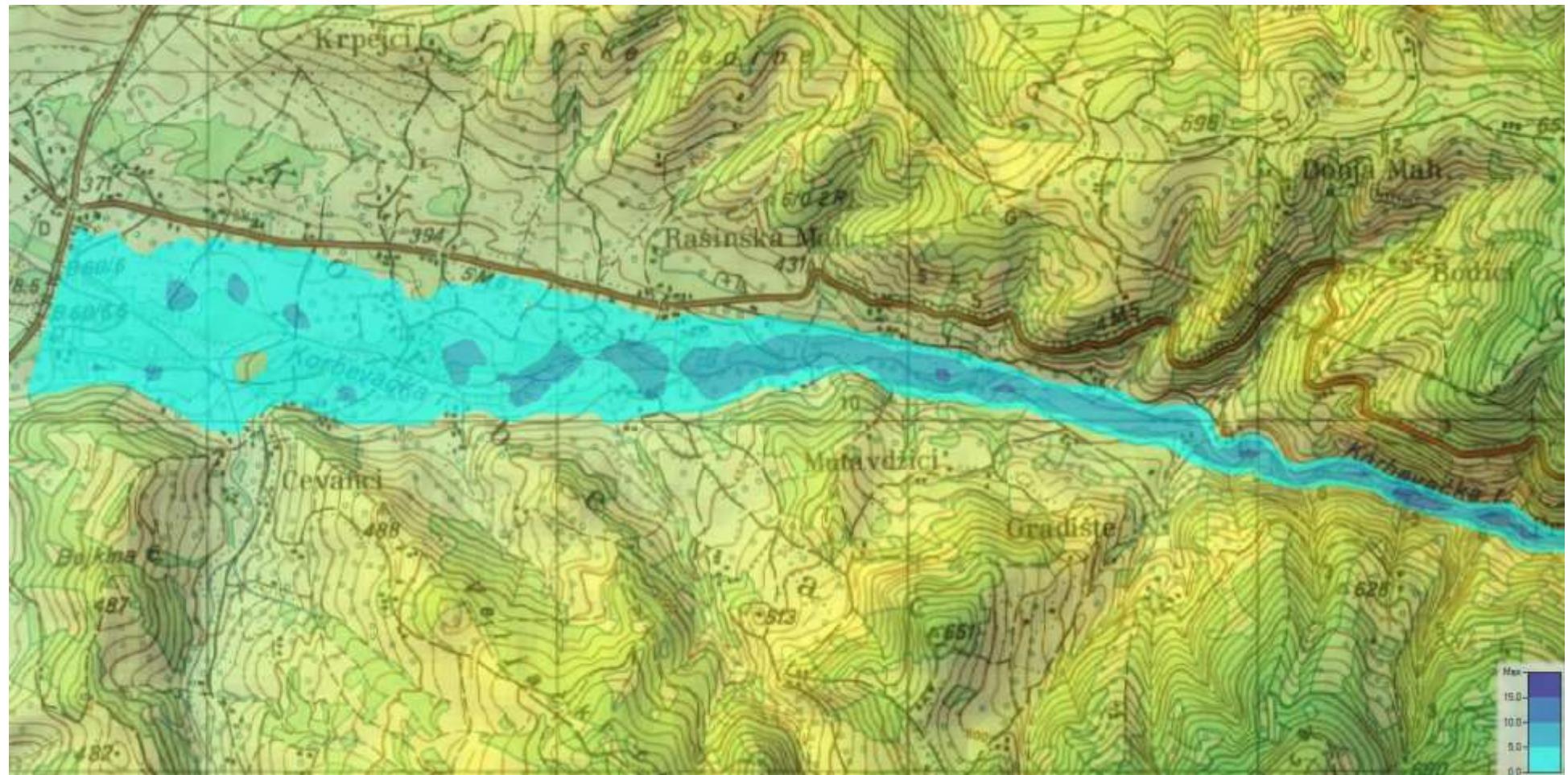
## Maksimalne dubine u plavnoj zoni (3)

### Doline Klisurske reke i Korbevačke reke



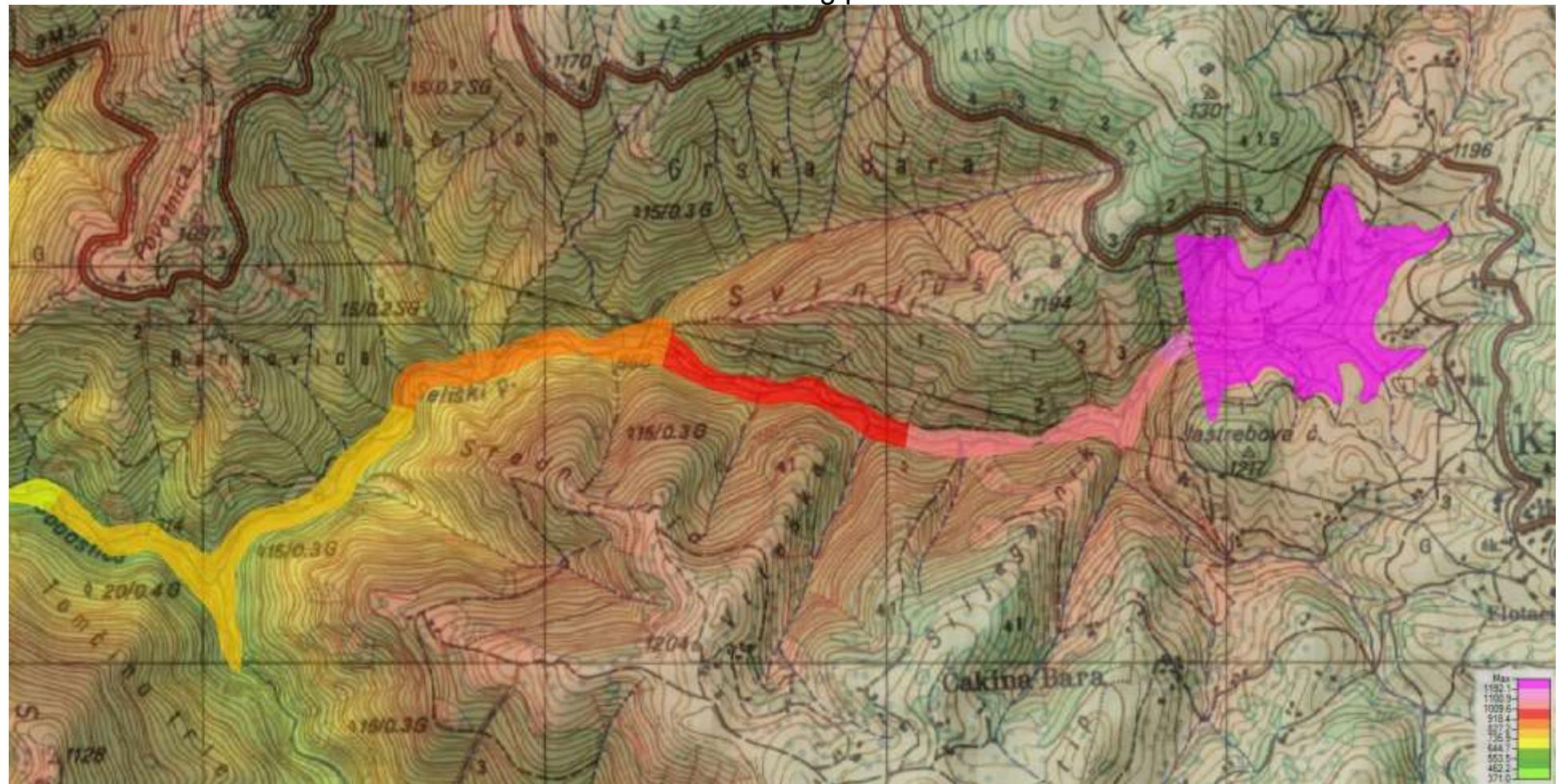
GEA D.o.o. Preduzeće za projektovanje i inženjering - Pančevo	TRP nadvišenja brane flotacijskog jalovišta Grot kod Krive Feje	GRAFIČKI PRILOZI	UKUPNO: 40
	SVESKA VIII.1		PRILOG G30

**Maksimalne dubine u plavnoj zoni (4)**  
**Dolina Korbevačke reke**



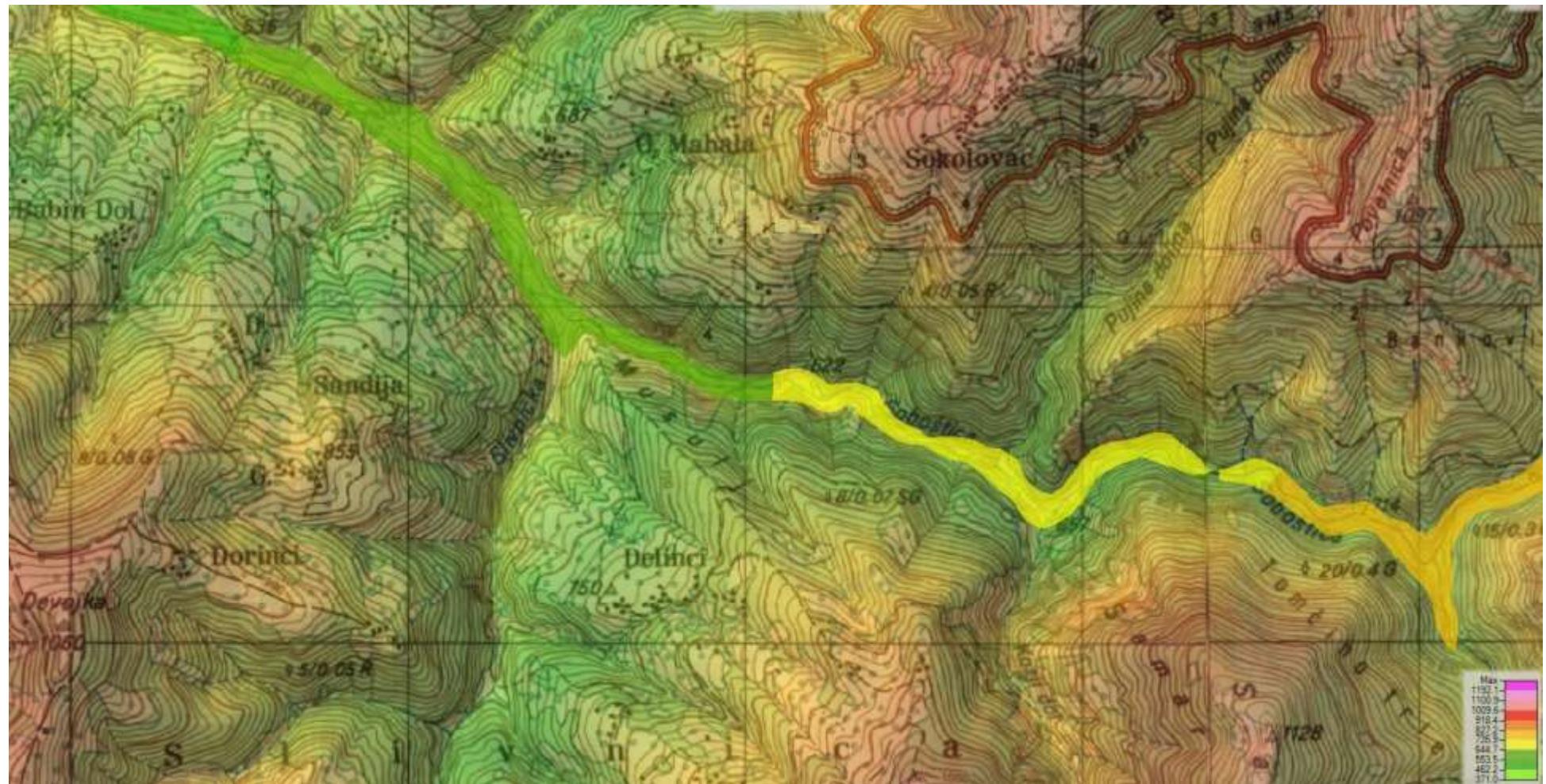
GEA D.o.o. Preduzeće za projektovanje i inženjering - Pančevo	TRP nadvišenja brane flotacijskog jalovišta Grot kod Krive Feje	GRAFIČKI PRILOZI	UKUPNO: 40
SVESKA VIII.1			PRILOG G31

**Maksimalne kote nivoa u plavnoj zoni (1)**  
**Dolina Seliškog potoka**



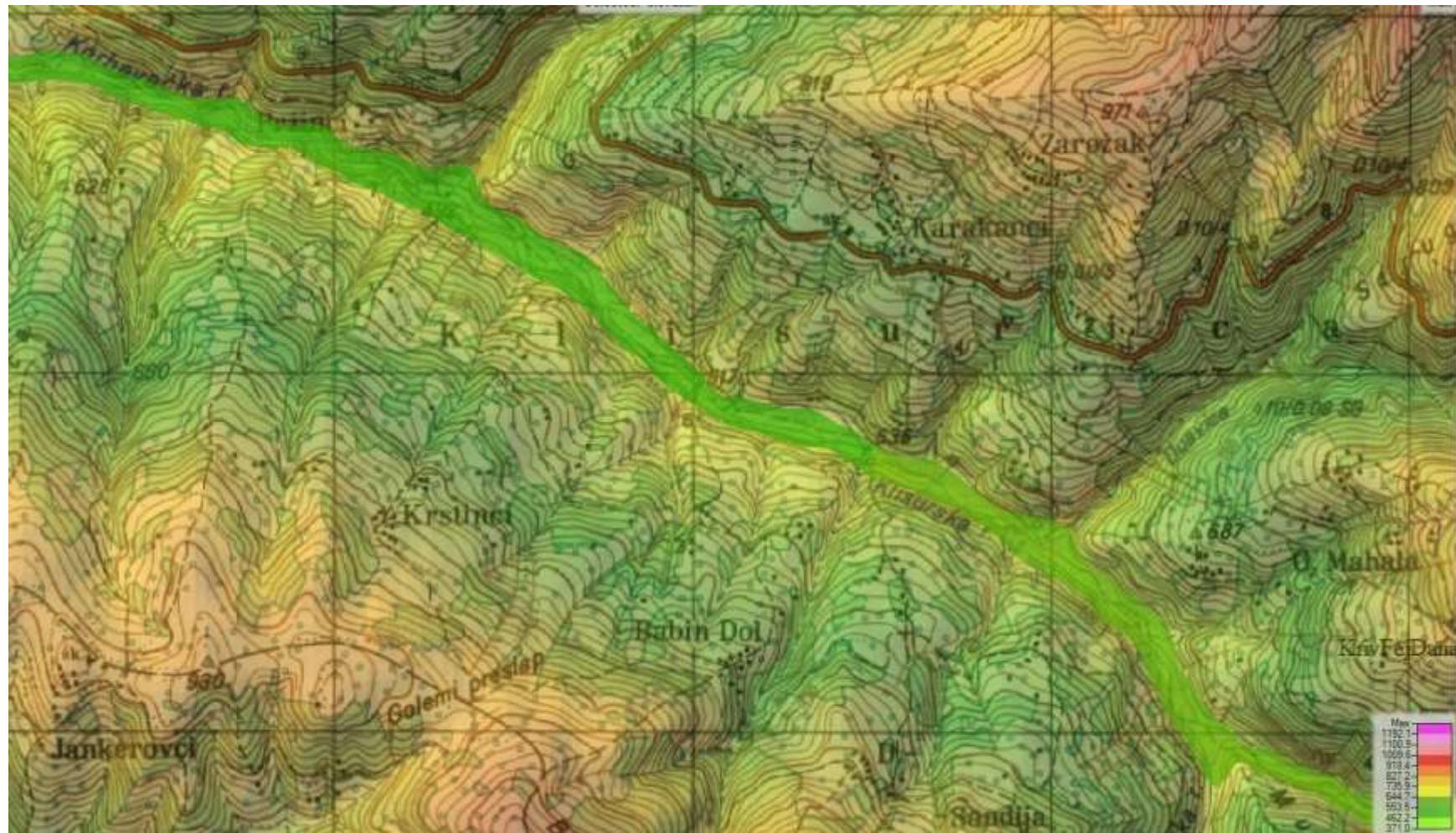
GEA D.o.o. Preduzeće za projektovanje i inženjering - Pančevo	TRP nadvišenja brane flotacijskog jalovišta Grot kod Krive Feje	GRAFIČKI PRILOZI	UKUPNO: 40
	SVESKA VIII.1		PRILOG G32

**Maksimalne kote nivoa u plavnoj zoni (2)**  
Doline reke Soboštice i Klisurske reke



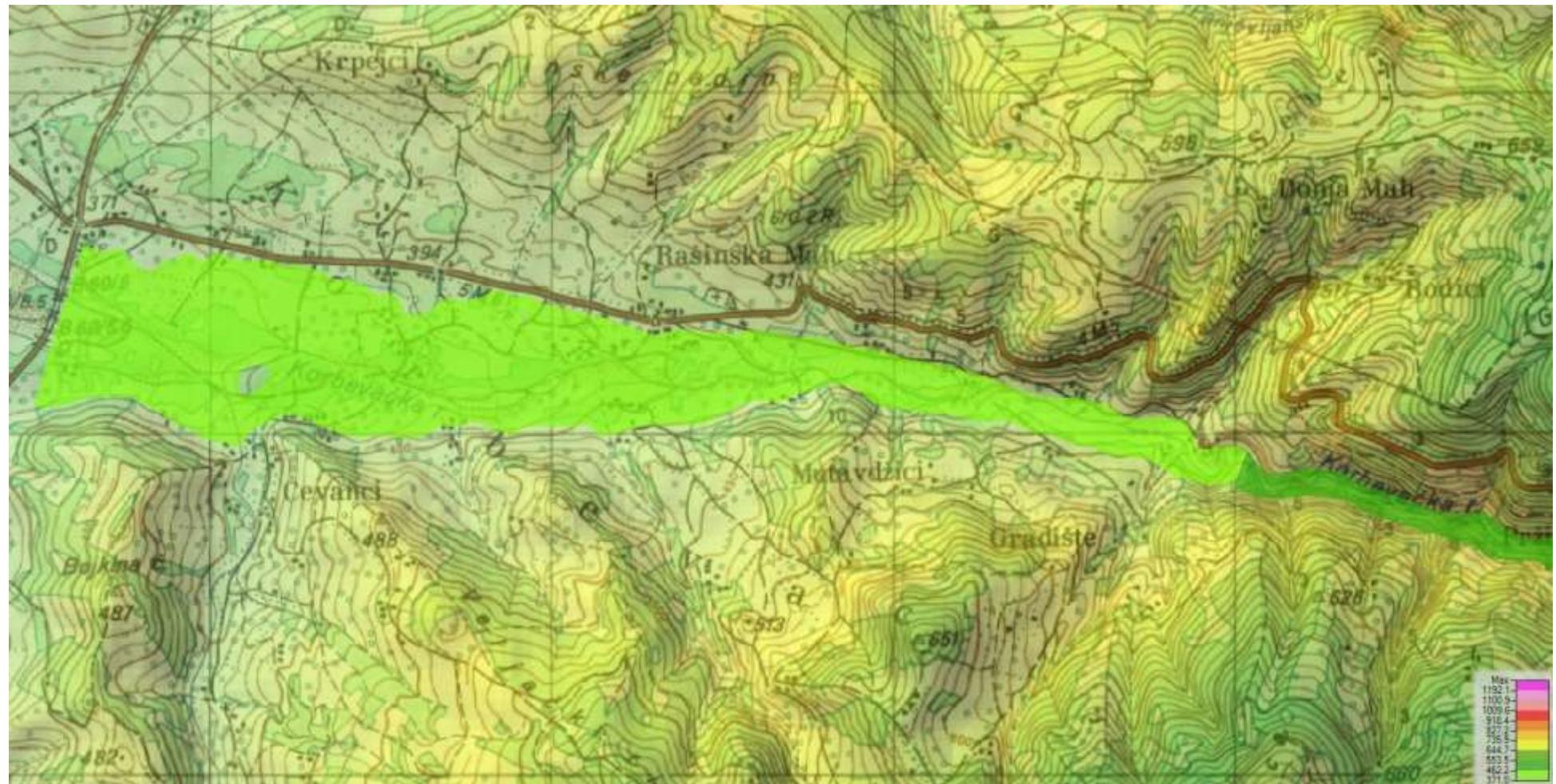
GEA D.o.o. Preduzeće za projektovanje i inženjering - Pančevo	TRP nadvišenja brane flotacijskog jalovišta Grot kod Krive Feje	GRAFIČKI PRILOZI	UKUPNO: 40
SVESKA VIII.1			PRILOG G33

**Maksimalne kote nivoa u plavnoj zoni (3)**  
Doline Klisurske reke i Korbevačke reke



GEA D.o.o. Preduzeće za projektovanje i inženjering - Pančevo	TRP nadvišenja brane flotacijskog jalovišta Grot kod Krive Feje	GRAFIČKI PRILOZI	UKUPNO: 40
SVESKA VIII.1			PRILOG G34

**Maksimalne kote nivoa u plavnoj zoni (4)**  
Dolina Korbevačke reke



GEA D.o.o. Preduzeće za projektovanje i inženjering - Pančevo	TRP nadvišenja brane flotacijskog jalovišta Grot kod Krive Feje	GRAFIČKI PRILOZI	UKUPNO: 40
SVESKA VIII.1			PRILOG G35

**Položaj belega za obeležavanje granice plovne oblasti (1)**  
**Dolina Seliškog potoka**



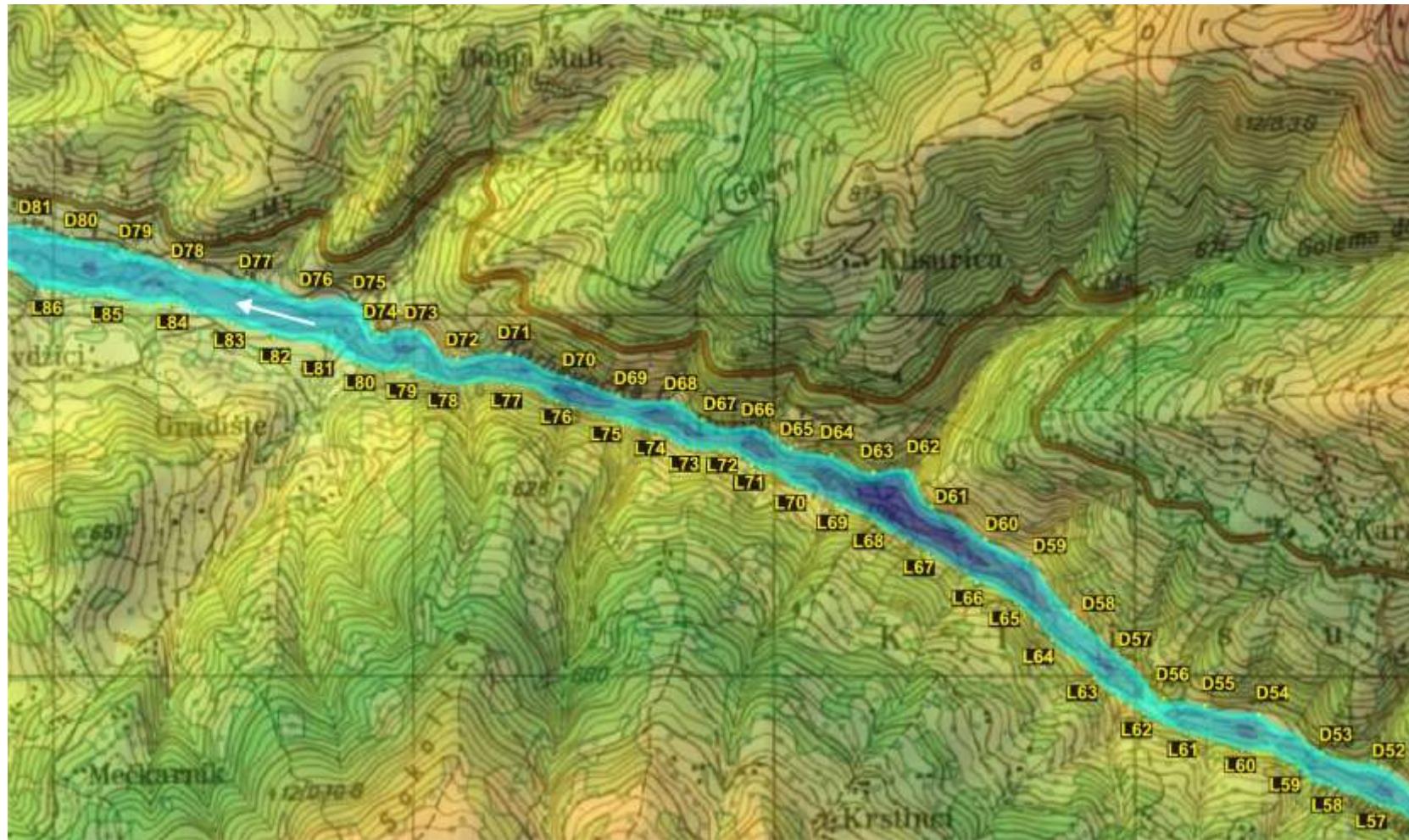
GEA D.o.o. Preduzeće za projektovanje i inženjering - Pančevo	TRP nadvišenja brane flotacijskog jalovišta Grot kod Krive Feje	GRAFIČKI PRILOZI	UKUPNO: 40
SVESKA VIII.1			PRILOG G36

**Položaj belega za obeležavanje granice plavne oblasti (2)**  
Doline reke Soboštice i Klisurske reke



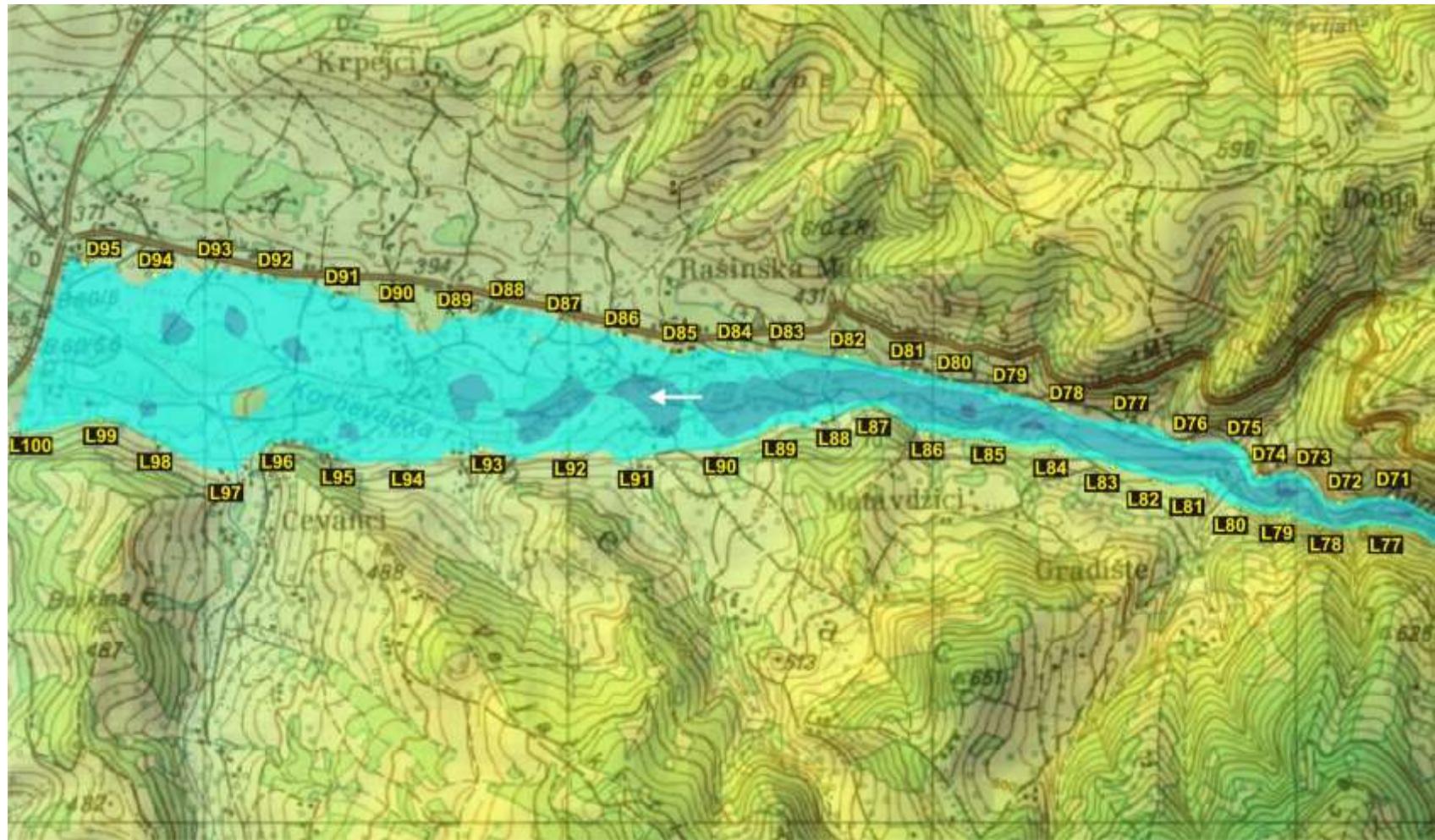
GEA D.o.o. Preduzeće za projektovanje i inženjering - Pančevo	TRP nadvišenja brane flotacijskog jalovišta Grot kod Krive Feje	GRAFIČKI PRILOZI	UKUPNO: 40
SVESKA VIII.1			PRILOG G37

**Položaj belega za obeležavanje granice plavne oblasti (3)**  
**Doline Klisurske reke i Korbevačke reke**



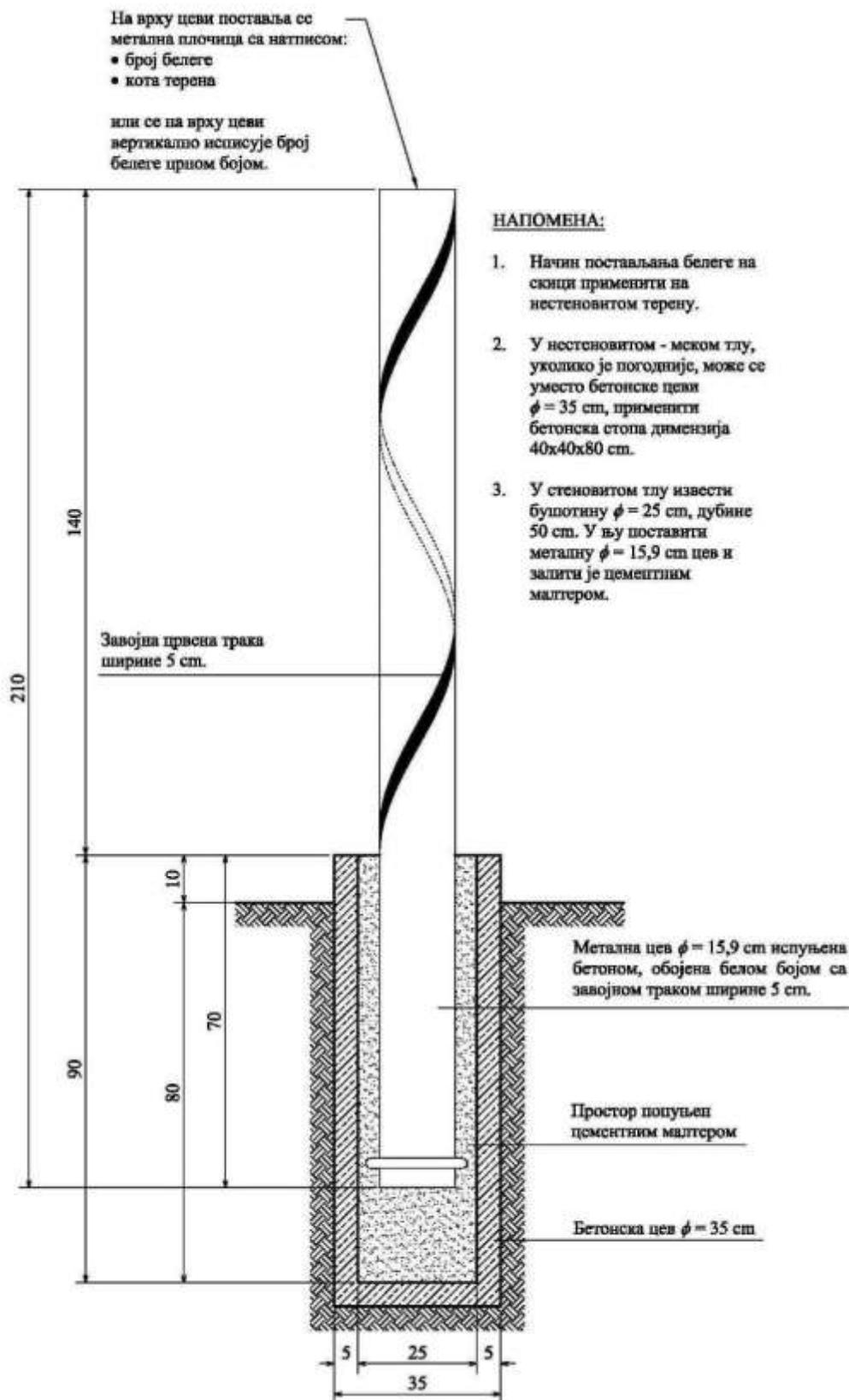
GEA D.o.o. Preduzeće za projektovanje i inženjering - Pančevo	TRP nadvišenja brane flotacijskog jalovišta Grot kod Krive Feje	GRAFIČKI PRILOZI	UKUPNO: 40
SVESKA VIII.1			PRILOG G38

**Položaj belega za obeležavanje granice plovne oblasti (4)**  
**Dolina Korbevačke reke**



GEA D.o.o. Preduzeće za projektovanje i inženjering - Pančevo	TRP nadvišenja brane flotacijskog jalovišta Grot kod Krive Feje	GRAFIČKI PRILOZI	UKUPNO: 40
SVESKA VIII.1			PRILOG G39

## Tehničke karakteristike belega za obeležavanje bezbednih kota na terenu



GEA D.o.o. Preduzeće za projektovanje i inženjering - Pančevo	TRP nadvišenja brane flotacijskog jalovišta Grot kod Krive Feje  SVESKA VIII.1	GRAFIČKI PRILOZI	UKUPNO: 40  PRILOG G40
---	---	---------------------	------------------------------