



ИНСТИТУТ ЗА ВОДОПРИВРЕДУ  
**„ЈАРОСЛАВ ЧЕРНИ“**

# Систем за регулацију реке Пештан и контролу отицања поплавних вода

## II фаза

### **Јужни ободни канал**

#### **Идејно решење (ИДР)**

"1" – ПРОЈЕКАТ ЈУЖНОГ ОБОДНОГ КАНАЛА

---

Наручилац:

ЈП ЕПС – Огранак РБ Колубара

---



Београд, 2022. год.



ИНСТИТУТ ЗА ВОДОПРИВРЕДУ  
„ЈАРОСЛАВ ЧЕРНИ“

# Систем за регулацију реке Пештан и контролу отицања поплавних вода

## II фаза

### Јужни ободни канал

Идејно решење (ИДР)

"1" – ПРОЈЕКАТ ЈУЖНОГ ОБОДНОГ КАНАЛА

РУКОВОДИЛАЦ ПРОЈЕКТА

Небојша Поповић, дипл. грађ. инж.

ИЗВРШНИ ДИРЕКТОР

Дејан Вучковић, дипл. грађ. инж.

ГЕНЕРАЛНИ ДИРЕКТОР

Проф. др Дејан Дивац, дипл. инж. грађ.



Београд, 2022. год





ИНСТИТУТ ЗА ВОДОПРИВРЕДУ  
**„ЈАРОСЛАВ ЧЕРНИ“**

# **Јужни ободни канал**

Идејно решење (ИДР)

"1" – ПРОЈЕКАТ ЈУЖНОГ ОБОДНОГ КАНАЛА

## 1.1 НАСЛОВНА СТРАНА

### „1“ – Пројекат Јужног ободног канала

Инвеститор:	ЈП ЕПС – Огранак РБ Колубара Ул. Светог Саве 1, Лазаревац
Објекат:	Јужни ободни канал – регулација корита реке Пештан
Врста техничке документације:	ИДР – Идејно решење
Назив и ознака дела пројекта:	„1“ - Пројекат Јужног ободног канала
За грађење / извођење радова:	нова градња
Пројектант:	Институт за водопривреду „Јарослав Черни“ ул. Јарослава Черног 80, 11226 Београд
Одговорно лице пројектанта:	Дејан Вучковић, дипл.грађ.инж. Извршни директор 
Потпис/Печат:	 Проф. др Дејан Дивац, дипл.грађ.инж. Генерални директор Института „Јарослав Черни“ 
Одговорни пројектант јужног ободног канала:	Небојша Поповић, дипл.грађ.инж.
Број лиценце:	313 0437 03 
Лични печат:	
Број техничке документације:	<u>475 - 01/06</u>
Место и датум:	Београд, 2022. год.

## ОПШТА ДОКУМЕНТАЦИЈА

### 1.2 САДРЖИНА КЊИГЕ 1: Пројекат јужног ободног канала

<b>1.1 НАСЛОВНА СТРАНА.....</b>	<b>4</b>
<b>1.2 САДРЖАЈ КЊИГЕ 1 Идејног решења.....</b>	<b>5</b>
<b>1.3 РЕШЕЊЕ О ОДРЕЂИВАЊУ ОДГОВОРНОГ ПРОЈЕКТАНТА.....</b>	<b>6</b>
<b>1.4 ИЗЈАВА ОДГОВОРНОГ ПРОЈЕКТАНТА.....</b>	<b>7</b>
<b>1.5 ТЕКСТУАЛНА ДОКУМЕНТАЦИЈА.....</b>	<b>8</b>
1.5.1 Увод .....	9
1.5.2 скраћени приказ Систем за регулацију реке Пештан и контролу отицања поплавних вода II фаза.....	13
1.5.3 Топографске и геодетске подлоге .....	20
1.5.4 Приказ Хидролошких услова .....	21
1.5.5 Приказ геолошких услова .....	22
1.5.5.1 Изведени истражни радови.....	22
1.5.5.2 Геолошка грађа .....	22
1.5.5.3 Инжењерскогеолошка грађа и геотехнички услови.....	23
1.5.6 Степен заштите од поплавних вода.....	25
1.5.7 Приказ техничког решења јужног ободног канала .....	27
1.5.7.1 Траса регулисаног минор корита и насипа .....	27
1.5.7.2 Нивелета дна обала и насипа измештеног корита реке Пештан .....	28
1.5.7.3 Попречни профил измештеног корита реке Пештан.....	29
1.5.7.4 Објекти у кориту јужног ободног канала реке Пештан .....	30
1.5.7.5 Заптивни радови у новом кориту .....	32
<b>1.6 НУМЕРИЧКА ДОКУМЕНТАЦИЈА.....</b>	<b>34</b>
<b>1.6.1 Процена инвестиционе вредности објекта.....</b>	<b>35</b>
<b>1.7 ГРАФИЧКА ДОКУМЕНТАЦИЈА.....</b>	<b>36</b>
<b>1.7.1 Графички прилози .....</b>	<b>37</b>

### 1.3 РЕШЕЊЕ О ОДРЕЂИВАЊУ ОДГОВОРНОГ ПРОЈЕКТАНТА

На основу члана 128. Закона о планирању и изградњи ("Службени гласник РС", бр. 72/09, 81/09-исправка, 64/10 одлука УС, 24/11 и 121/12, 42/13-одлука УС, 50/2013-одлука УС, 98/2013-одлука УС, 132/2014, 145/2014, 31/2019, 37/2019, 9/2020, 52/2021 – др. закон) и одредби Правилника о садржини, начину и поступку израде и начин вршења контроле техничке документације према класи и намени објекта ("Службени гласник РС", бр. 73/2019) као:

#### ОДГОВОРНОГ ПРОЈЕКТАНТА

за израду пројекта Јужног ободног канала у оквиру Идејног решења за Јужни ободни канал одређују се:

Небојша Поповић, дипл.грађ.инж. ....(број лиценце ИКС 313 0437 03)

Пројектант:

Институт за водопривреду „Јарослав Черни“  
ул. Јарослава Черног 80, 11226 Београд



Од

ктанта:

др Дејан Дивац, дипл.грађ.инж.  
Генерални директор Института „Јарослав Черни“

Број техничке документације:

475-01/06

Место и датум:

Београд, фебруар 2022. год

---

## 1.4 ИЗЈАВА ОДГОВОРНОГ ПРОЈЕКТАНТА

---

Као Одговорни пројектант пројекта Јужног ободног канала у оквиру Идејног решења за Јужни ободни канал

Небојша Поповић, дипл.грађ.инж. ....(број лиценце ИКС 313 0437 03)

### ИЗЈАВЉУЈЕМ

1. Да је пројекат израђен у складу са Законом о планирању и изградњи, прописима, стандардима и нормативима из области изградње објекта и правилима струке;
2. Да су при изради пројекта поштоване све прописане и утврђене мере и препоруке за испуњење основних захтева за објекат и да је пројекат израђен у складу са мерама и препорукама којима се доказује испуњеност основних захтева.

Одговорни пројектант

Небојша Поповић, дипл.грађ.инж.

Број лиценце:

313 0437-03



Лични печат:

---

Број техничке документације:

475-01/06

Место и датум:

Београд, фебруар 2022. год

---

## 1.5 ТЕКСТУАЛНА ДОКУМЕНТАЦИЈА

---

На изради овог Идејног решења учествовали су:

Одговорни пројектант јужног ободног канала:

Небојша Поповић, дипл.грађ.инж. (лиценца ИКС 313 0437 03)

Одговорни пројектант саобраћајнице:

Јовица Јовановић, дипл.грађ.инж. (лиценца ИКС 315 2822 03)

Обрађивачи појединих делова:

Миомир Арсић, дипл.грађ.инж.

Горан Јовић, маст.грађ.инж.

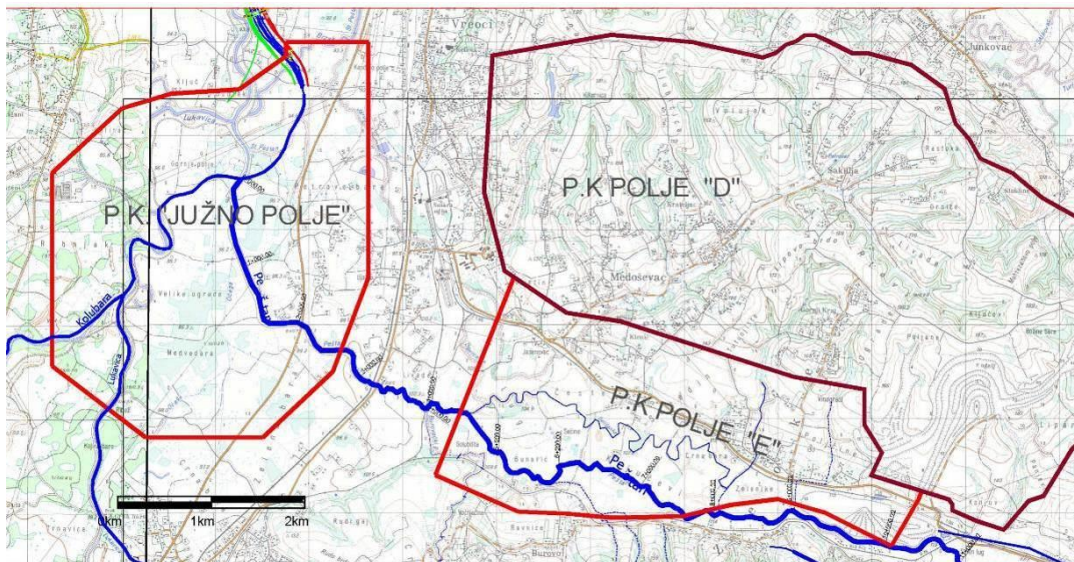
Жељка Станић, дипл.грађ.инж.

Владислава Бартош Дивац, дипл.грађ.инж.

Предраг Бабић, дипл.геол.инж.

## 1.7.1 УВОД

Развој експлоатације угља у колубарском угљоносном басену, захтева проширење експлоатационих капацитета и отварање нових површинских копова. Река Пештан, својим доњим током протиче кроз колубарски лигнитски басен. Овај водоток протиче преко планираних експлоатационих поља „Поље Е” и, при ушћу у Колубару преко „Јужног поља” (слика у наставку).



Слика 1: Река Пештан и откопна поља „Поље Е” и „Јужно Поље”

Обзиром да преко поља „Е” протиче река Пештан, у циљу заштите будућег копа од плављења водом из реке Пештан, планирани су радови којима ће се коп заштити од будућих плављења. Заштита копа „Е” од плављења предвиђена је регулацијом реке Пештан у зони будућег копа и контролом отицања поплавних вода.

Током 2007. године урађен је Генерални пројекат Регулације реке Пештан и контрола отицања поплавних вода (Институт Јарослав Черни, Београд). У оквиру овог пројекта дефинисан је концепт регулације реке Пештан и контроле његових поплавних вода, у функцији заштите површинских копова колубарског басена.

Концепт је утврђен сагласно природном хидролошком потенцијалу водотока, геоморфолошким условима слива као и геоморфолошким карактеристикама лежишта угља на „Пољу Е” и непосредног окружења и ограничења која проистичу из тога.

За регулацију Пештана, предвиђен је Систем кога чине објекти за објекти који обезбеђују активне и пасивне мере заштите од поплава. Изградњом предвиђених објеката, обезбеђује се заштита површинског копа поље Е на стогодишње велике воде.

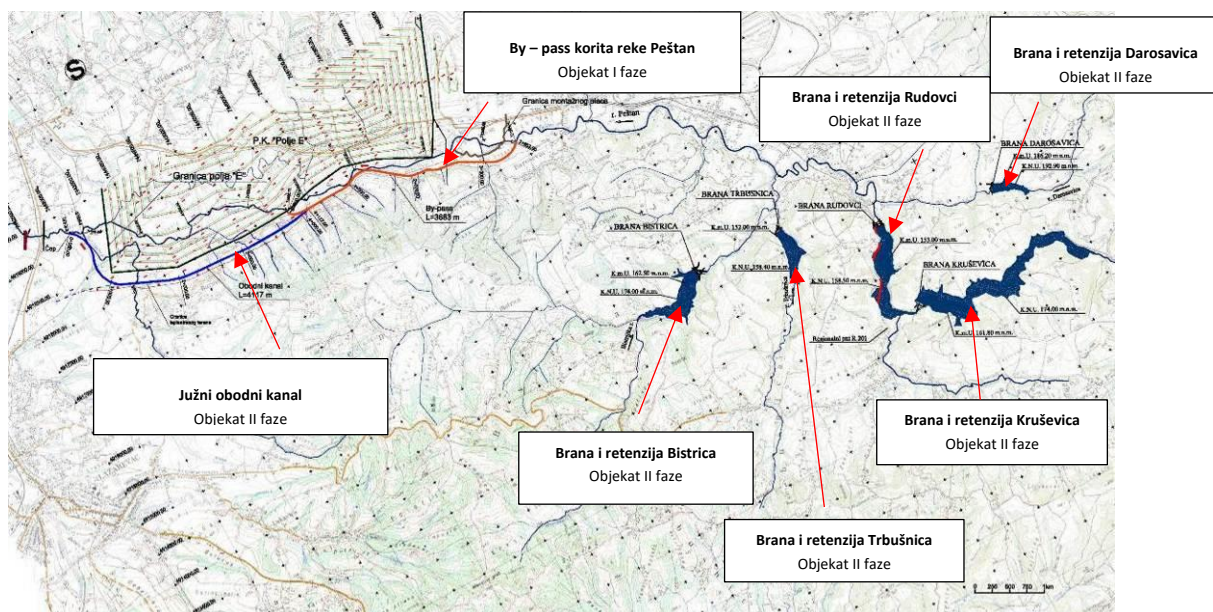
Обзиром на велики простор на коме ће лежати предвиђени објекти заштите од поплава није било реално правовремено решити имовинске правне односе, дефинисана је изградња система заштите у две фазе и то:

- Прва фаза- пре почетка рударских активности на П.К.„Поље Е”. У овој фази је предвиђена изградња by-pass-а корита реке Пештан. By-pass корита реке Пештан ( објекат пасивних мера заштите) представља измештање дела корита реке Пештан у зони монтажног плаца



П.К.,„Поље“ . Ово корито је димензионисано да прихвати нередуковане поплавне воде реке Пештан.

- Друга фаза у току развоја рударских активности на П.К.,„Поље Е“ – фаза изградње ретензија на реци Пештан и притокама и јужног ободног канала. Систем за регулацију реке Пешта чине 5 високих брана и ретензија Рудовци и Крушевица на реци Пештан, Трбушница на реци Трбушници, Бистрица на реци Бистрици и Даросавица на реци Даросавици, као и јужни ободни канал дужине 4183 m. Изградњом брана, узводно до профила брана формираће се ретенциони простори. Ретенциони простори су димензионисани тако да приме целокупну поплаву стогодишњих великих вода са слива узводно од профила брана (без преливања). Јужни ободни канал је димензионисан да прихвати стогодишње велике воде са међуслива низводно од брана (хиљадугодишње као контролне).



Слика 2: Објекти I и II фазе система за регулацију реке Пештан и контролу отицања поплавних вода

Што се објекта прве фазе тиче - by-pass-а урађена је комплетна законом дефинисана техничка и студијска документација, добијена је грађевинска дозвола од надлежног министарства и он је тренутно у изградњи.

За објекте друге фазе током 2012.године, урађена техничка документација - Идејни пројекат и студија оправданости друге фазе регулације реке Пештан и контроле отицања поплавних вода пројектант Институт Јарослав Черни, Београд). У Идејном пројекту извршена даља разрада техничких решења дефинисаних у Генералном пројекту. За ове објекте у Идејном пројекту дефинисане су: микролокације објеката, типови објеката, основне хидрауличке карактеристике и коте, мониторинг, управљање и систем за обавештавање и узбуђивање.

Пошто током 2012.године није усвојена планска документација, прекинуте су даље активности на разради .

У међувремену, у току 2014. године у Колубарском базену су се десиле велике поплаве, услед којих је дошло до промена хидролошких услова у сливу која су захтевали иновацију анализа и решења из постојећег пројекта.



Такође, крајем 2014. године ступио је на снагу Закон о изменама и допунама Закона о планирању и изградњи- ЗПИ ("Сл. гласник РС", број 132/14), којим су значајно измењене процедуре и начин израде техничке документације, као и начин њеног коришћења у сложену процесу грађења објеката (који су важили у време израде Генералног и Идејног пројекта). Уз (нови) ЗПИ донешени су и бројни подзаконски акти (Правилници), којима се уређује обим и садржај техничке документације. Наиме, престао је да постоји Главни пројекат, а уведени су Идејно решење, Пројекат за грађевинску дозволу и Пројекат за извођење. Законом и подзаконским актима прописани су садржај и форма техничке документације. Такође, Законом је промењена процедура прибављања грађевинске дозволе, укинута је Локацијска дозвола, а уведени су Локацијски услови итд.

У складу са напред наведеним, у циљу наставка активности на реализацији система за регулацију реке Пештан и контроле његових поплавних вода, тренутно се ради нова техничка документација за Систем за регулацију реке Пештан и контролу отицања поплавних вода II фаза која је усаглашена са:

- Новим хидролошким условима који су последица поплава из маја 2014.године.
- Изменама Закона о планирању и изградњи – потребно је израдити Идејна решења – ИДР, на основу ИДР-а прибавити локацијске услове и израдити нове Идејне пројекте – ИДП усаглашене са локацијским условима за све објекте Пештанског система, а након тога урадити ПГД (Пројекте за грађевинску дозволу) и ПЗИ (Пројекте за извођење).

Приликом дефинисања техничке документације система за регулацију реке Пештан и контроле његових поплавних вода потребно поштовано је следеће:

- Систем за регулацију реке Пештан и контролу отицања поплавних вода II фаза, пројектован је тако да обезбеди заштиту површинског копа П.К. „Поље Е” на стогодишњу велику воду (меродавна велика вода). Ретензије су предвиђене да прихвате стогодишњу велику воду са слива који контролишу – нема преливања воде из ретензије за стогодишње велике воде. Уз сам површински коп Поље Е, предвиђен је јужни ободни канал. Овај објекат је димензионисан на стогодишњу велику воду и хиљадогодишњу велику воду као контролну.
- Приликом дефинисања обухвата за објекте Система за регулацију реке Пештан и контролу отицања поплавних вода II фаза - ретензионе бране, ретензионе просторе, јужни ободни канал, објекте за управљање системом за регулацију реке Пештан и контролу поплавних вода, респектовани су обухвати за ове објекте који су дефинисани усвојеним Просторним планом подручја експлоатације Колубарског ливњског басена (Службени гласник РС", број 107 од 27. новембра 2017) и Планом генералне регулације за насеље Барошевац, Зеоке, Медошевац и Бурово (Сл.гласник РС 58/2008).

Циљ израде техничке документације је утврђивање техничког решења система и појединих објеката система, прибављање локацијских услова и грађевинских дозвола за изградњу, изградњу објеката у складу са важећим Законом о планирању и изградњи (Сл. гласник Р. Србије, бр. 72/2009, 81/2009 - испр., 64/2010 - одлука УС, 24/2011, 121/2012, 42/2013 - одлука УС, 50/2013 - одлука УС, 98/2013 - одлука УС, 132/2014 и 145/2014) и подзаконским актима, од којих се посебно истиче Правилник о садржини, начину и поступку израде и начина вршења контроле техничке документације према класи и намени објеката (Сл. гласник Р. Србије, бр. 23/2015, 77/2015, 58/2016, 96/2016, 67/2017).

Као прва техничка документација у поступку реализације објеката Система за регулацију реке Пештан и контролу отицања поплавних вода је Идејно решење. Идејно решење представља обавезан део захтева за добијање локацијских услова.

Предвиђено је да се за сваки појединачни објекат осигура грађевинска дозвола, односно локацијски услови.

С`тим у вези предвиђена је израда Идејних решења за сваки појединачни објекат Система заштите од поплава и регулацију реке Пештан II фаза.

Дакле раде се Идејна решења за брану и ретензију Трбушница, брану и ретензију Бистрица, брану и ретензију Рудовци, брану и ретензију Крушевицу, брану и ретензију Даросавицу, јужни ободни канал. Уз изградњу бране и ретензије Рудовци, предвиђено је и измештање дела трасе локалне саобраћајнице (раније државни пут II Б реда бр 363) на потезу од Рудоваца до Крушевице, а уз измештање јужног ободног канала измештање дела трасе локалне саобраћајнице (раније државни пут II Б реда бр 363) на потезу од Вреоца до Зеока.

У оквиру овог документа даје се Идејно решење за брану и ретензију Јужни ободни канал и измештање трасе локалне саобраћајнице (раније државни пут II Б реда бр 363) на потезу од Вреоца до Зеока .

Идејно решење за Јужни ободни канал садржи следеће делове:

- 0 Главна свеска Идејног решења
- 1 Пројекат јужног ободног канала
- 2/2 Пројекат саобраћајница

У оквиру Главне свеске идејног решења, дају се основни подаци о објекту, пројектантима, садржај пројекта, увод као и опис система чији је један од објеката Јужни ободни канал и измештање локалне саобраћајнице (раније државни пут II Б реда бр 363) на потезу од Вреоца до Зеока .

Главна свеска је подељена на општу документацију, текстуалну документацију, нумеричку документацију и графичку документацију, као и све свеске за које се даје опис у наставку. Свака свеска садржи увод, и скраћени опис система.

**У оквиру ове документације - Пројекат јужног ободног канала**, даје се приказ коришћених подлога (топографских, геолошких, хидролошких), опис степена заштите од поплавних вода, технички опис јужног ободног канала, нумерички део и графичке прилоге.

Пројекат измештања локалног пута (раније државни пут II Б реда бр 363) на потезу од Вреоца до Зеока, садржи приказ коришћених подлога (топографских и геолошких) опис измештања локалног пута, нумерички део и графичке прилоге на којима је дато решење измештања локалне саобраћајнице.

На простору Јужног ободног канала и на траси измештеног локалног пута има 85 домаћинстава и 120 објеката које треба изместити.

## 1.7.2 СКРАЋЕНИ ПРИКАЗ СИСТЕМ ЗА РЕГУЛАЦИЈУ РЕКЕ ПЕШТАН И КОНТРОЛУ ОТИЦАЊА ПОПЛАВНИХ ВОДА II ФАЗА

У оквиру овог поглавља дат је скраћени приказ система за регулацију реке Пештан и контролу отицања поплавних вода.

Као што је речено у претходном поглављу, Систем за регулацију реке пештан и контролу отицања поплавних вода II фаза чине пет брана и ретензија на Пештану и притокама и јужни ободни канал.

Предвиђене су бране и ретензије Рудовци и Крушевица на Пештану, бране и ретензије Трбушница, Бистрица и Даросавица на истоименим водотоковима, притокама реке Пештан.

Све бране спадају и високе бране према Правилнику о осматрању високих брана ("Службени лист СФРЈ", број 7 од 16. фебруара 1966).

Јужни ободни канал, представља регулисано корито реке Пештан уз саму јужну границу површинског копа П.К. „Поље Е”.

Ретензиони простори који се формирају изградњом брана су димензионисани да прихвате поплавне таласе стогодишњих великих вода слива који контролишу, без преливања, а јужни ободни канал је димензионисан да прихвати стогодишњу велику воду као меродавну односно хиљадугодишњу као контролну (уз изградњу брана и формирање ретензионих простора).

Изградњом овог система треба да се обезбеди заштита површинског копа П.К. „Поље Е” на стогодишњу велику воду.

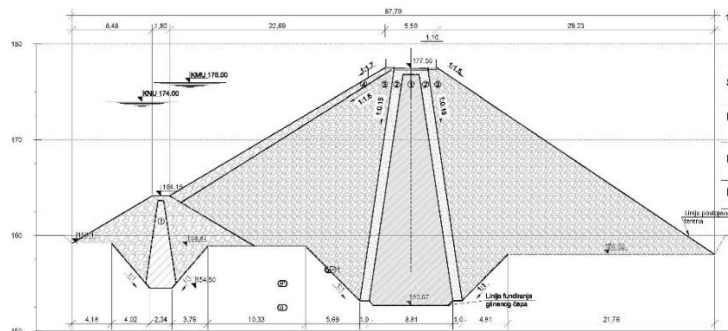
У наставку се даје скраћени опис објеката система.

### **Брана и ретензија Крушевица**

Брана „Крушевица” је лоцирана на km 22+690 тока р. Пештан, профил узводно од ушћа Крушевичке реке и истоименог насеља. Ретензија „Крушевица” са укупном запремином од  $4,588 \times 10^6 \text{ m}^3$ , (на коти нормалног успора) преставаља чеону и највећу ретензију у сливу Пештана. Овај објекат својим ретензионим простором, уз извесну резерву у расположивој активној запремини, може да прими комплетну запремину поплавног таласа стогодишњег повратног периода са целокупног дела слива Пештана који контролише профил бране. Пик меродавног поплавног таласа стогодишњег повратног периода износи  $Q=78,7 \text{ m}^3/\text{s}$ , а максимална запремина таласа је  $W=3,33 \times 10^6 \text{ m}^3$ . Ретензија се протеже 3,2 km узводно од бране дуж долине Пештана при нормалном успору. Основне карактеристике бране и ретензије су:

Карактеристичне коте Z [ mnm ]					
Круне прелива	Норм. успора	Мах. успора	Круне бране	Мин. нивоа	Терена мин.
174, 00	174, 00	176, 00	175, 50	160, 40	158, 50
Грађевинска висина бране	Дужина прелива	Нагиб узнодне\низв. косине	Преч. темељног испуста	Време пражњења ретензије	
[ m ]	[ m ]	[ m\h ]	[ mm ]	[ дани ]	
24, 85	48, 20	1,7 / 1, 5	1200	4, 2	

Карактеристични попречни пресек бране Крушевица приказан је на слици у наставку.



Слика 3. Карактеристични попречни пресек бране Крушевица

Брана „Крушевица“ је пројектована као насута брана. На брани је предвиђен је бочни прелив дужине преливне ивице  $L_{пр} = 48, 2 \text{ m}$ , са сабирном каналом. Круна бочног прелива дефинише и пројектовану коту нормалног успора  $KНУ = 174, 00 \text{ mm}$ . Максимални капацитет прелива је  $267, 67 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Прелазна деоница и брзоток су правоугаоног облика константне ширине. Брзоток се завршава слапиштем са умирујућим зубима (УСБР тип II)

Опточни тунел у фази изградње бране је димензија  $B = 2, 3 \text{ m}$ , и  $H = 22, 65 \text{ m}$ . Након завршетка радова на изградњи бране и прибранских објеката, гради се улазна грађевина, излазна затварачница, монтирају се челичне цеви и друга опрема чиме је темељни испуст  $d = 1200 \text{ mm}$ , комплетиран и спреман за обављање функције испуштања воде у току експлоатације објекта.

#### **Брана и ретензија Рудовци**

Брана Рудовци је лоцирана на  $\text{km } 20+430$  тока реке Пештан, профил узводно од истоименог насеља. Ова ретензија представља низводну, другу у низу ретензију на водотоку Пештан.

Брана Рудовци је лоцирана на профилу  $516 \text{ m}$  узводно од ушћа у р. Даросавице. Брана Рудовци на Пештану ће својим ретензионим простором примити комплетну запремину поплавног таласа стогодишњег повратног периода са међуслива Пештана између бране „Рудовци“ и узводне бране Крушевица. Запремина ретензије до коте нормалног успора износи  $1, 08 \times 10^6 \text{ m}^3$ . Пошто се брана и ретензија Рудовци налазе низводно од бране и ретензије Крушевица, ретензија Крушевица прихвата без преливања комплетан поплазни талас стогодишње велике воде, за димензионисање запреминског простора ретензије Рудовци, меродавна је запремина поплавног таласа стогодишњег повратног периода за међуслив реке Пештан – Брана Крушевица – Брана Рудовци, запремина овог таласа износи  $W = 0,76 \times 10^6 \text{ m}^3$ .

Ретензија се протеже  $2, 0 \text{ km}$  узводно од бране дуж долине Пештана до узводне бране Крушевица при нормалном успору.

Основне карактеристике бране и ретензије су:

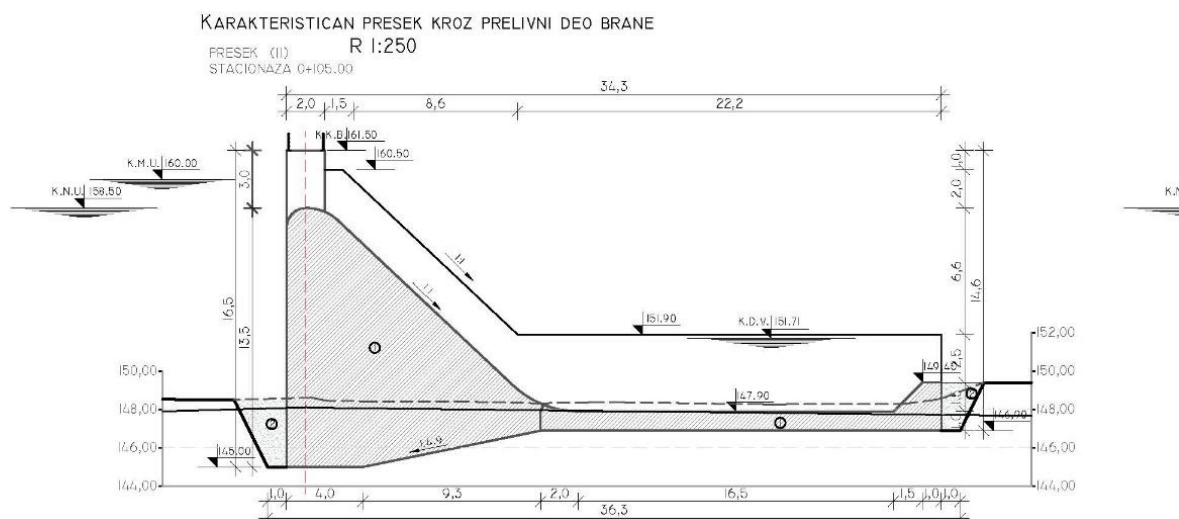
Карактеристичне коте $Z$ [ mm ]					
Круне прелива	Норм. успора	Мах. успора	Круне бране	Мин. нивоа	Терена мин.
158, 5	158, 5	160, 00	161, 5	151,50	150, 00
Грађевинска висина бране	Дужина прелива	Нагиб низв. Косине	Преч. темељног испуста	Време пражњења ретензије	
[ m ]	[ m ]	[ m ]	[ mm ]	[ дани ]	
15, 26	58, 5	1:0, 8	1200	2,0	

Брана Рудовци је пројектована као бетонска брана. На брани је предвиђен је чеони прелив дужине преливне ивице  $L_{пр} = 58,5 \text{ m}$ . Круна прелива дефинише пројектовану коту нормалног успора  $KНУ = 158,5 \text{ mm}$ .

Прелазна деоница и брзоток су правоугаоног облика константне ширине. Брзоток се завршава слапиштем са умирујућим зубима (УСБР тип II).

Опточна цев (тунел) пречника  $D = 1,2 \text{ m}$ , би се изградио у широком ископу на самом почетку извођења радова, кроз који би отицала река у фази изградње бране. Након завршетка радова на изградњи бране и прибранских објеката, гради се улазна грађевина, излазна затварачница, монтирају се челичне цеви и друга опрема чиме је темељни испуст  $d = 800 \text{ mm}$  комплетиран и спреман за обављање функције испуштања воде у току експлоатације објекта.

Карактеристични попречни пресек бране Рудовци приказан је на слици 4.



Слика 4. Карактеристични попречни пресек бране Рудовци

Уз брану и ретензију Рудовци предвиђена је изградња и реконструкција дела трасе постојећег локалног пута од Рудоваца до Крушевице (део трасе раније део трасе раније званог државног пута II Б реда бр 363) у дужини од 1500 m. Предвиђено је да измештена траса пута пролази левом обалом будућег ретензнионог простора, ретензије Рудовци.

#### **Брана и ретензија Трбушница**

Брана „Трбушница“ је лоцирана на km 0+961 тока р. Трбушнице, на профилу 250 m узводно од ушћа р. Бистрице. Ретензија „Трбушница“ се формира изградњом бране која је лоцирана у атару насеља Рудовци на локацији Карачевац. Ова ретензија са укупном запремином на коти нормалног успора од  $0,55 \times 10^6 \text{ m}^3$  (на коти нормалног успора), претставља једину планирану ретензију на водотоку Трбушница и контролише њен скоро целокупан слив до ушћа реке Бистрице. Овај објекат може да прими комплетну запремину поплавног таласа стогодишњег повратног периода са слива р. Трбушнице до профила бране. Ретензија се протеже 0,7 km узводно од бране дуж долине Трбушнице при нормалном успору. Пик меродавног поплавног таласа стогодишњег повратног периода износи  $Q=21,6 \text{ m}^3/\text{s}$ , а запремина таласа је  $W=0,49 \times 10^6 \text{ m}^3$ .

Основне карактеристике бране и ретензије су:

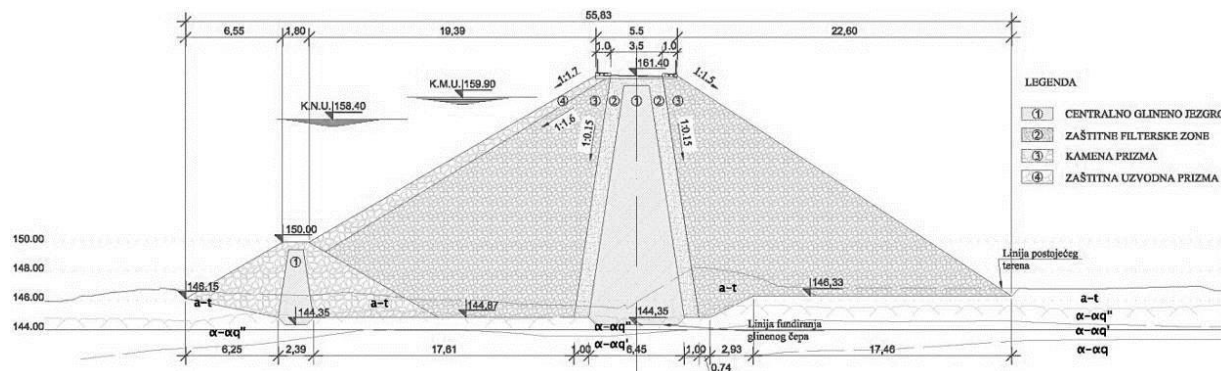
Карактеристичне коте Z [ mm ]					
Круне прелива	Норм. успора	Мах. успора	Круне бране	Мин. нивоа	Терена мин.
158,40	158,40	159,55	161,40	150,10	148,50

Грађевинска висина бране	Дужина прелива	Нагиб узодне\низв. косине	Преч. темељног испуста	Време пражњења ретензије
[ m ]	[ m ]	[ m\h ]	[mm]	[ дани ]
17	23, 00	1, 7 \ 1, 5	600	4,8

Брана „Трбушница“ је пројектована као насута брана. На брани је предвиђен је бочни прелив дужине преливне ивице  $L_{np} = 23$  m, са сабирном каналом. Круна бочног прелива дефинише и пројектовану коту нормалног успора  $K_{HY} = 158, 40$  mm.

Прелазна деоница и брзоток су правоугаоног облика константне ширине. Брзоток се завршава слапиштем са умирујућим зубима (УСБР тип II).

Опточни тунел у фази изградње бране је димензија  $B = 1, 8$  m, и  $H = 2.2$  m. Након завршетка радова на изградњи бране и прибранских објеката, гради се улазна грађевина, излазна затварачница, монтирају се челичне цеви и друга опрема чиме је темељни испуст  $d = 600$  mm комплетиран и спреман за обављање функције испуштања воде у току експлоатације објекта. Карактеристични попречни пресек бране Трбушнице приказан је на слици 5.

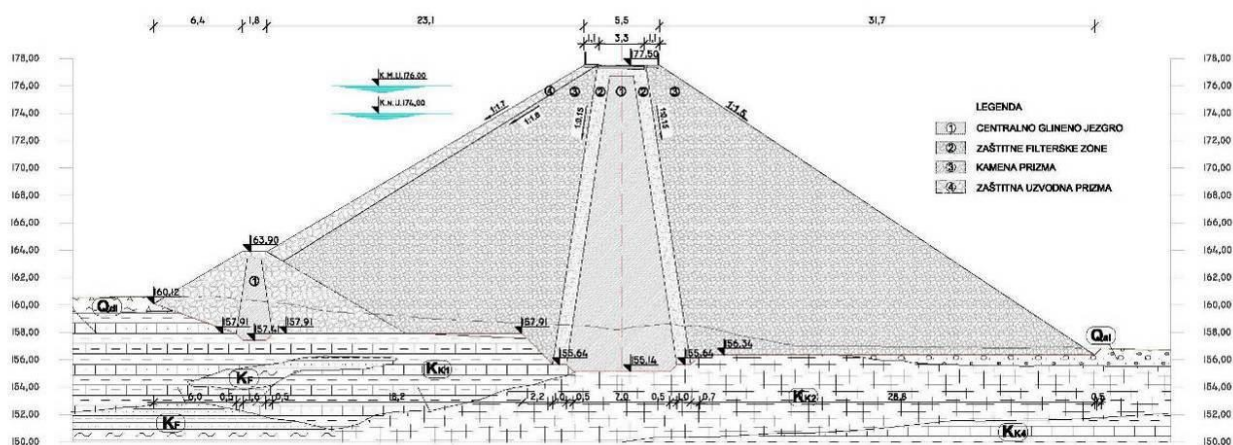


Брана „Бистрица“ је пројектована као насута брана. На брани је предвиђен је бочни прелив дужине преливне ивице  $L_{пр} = 32 \text{ m}$ , са сабирном каналом. Круна бочног прелива дефинише и пројектовану коту нормалног успора  $K_{НУ} = 174,00 \text{ mnm}$ . Максимални капацитет прелива је  $188,56 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Прелазна деоница и брзоток су правоугаоног облика константне ширине. Брзоток се завршава слапиштем са умирујућим зубима (УСБР тип II).

Опточни тунел у фази изградње бране је димензија  $B = 1,8 \text{ m}$ , и  $H = 2,2 \text{ m}$ . Након завршетка радова на изградњи бране и прибранских објеката, гради се улазна грађевина, излазна затварачница, монтирају се челичне цеви и друга опрема чиме је темељни испуст  $d = 660 \text{ mm}$  комплетиран и спреман за обављање функције испуштања воде у току експлоатације објекта.

Карактеристични попречни пресек бране Бистрица приказан је на слици 6.



Слика 6. Карактеристични попречни пресек бране Бистрица

### **Брана и ретензија Даросавица**

Брана Даросавица је лоцирана на  $\text{km } 1+980$  тока р. Даросавице (мерено од ушћа Даросавице у Пештан). Преградни профил је око  $690 \text{ m}$  (мерено по току Даросавице) узводно од профила пројектованог водозахвата за уводни канал, односно  $340 \text{ m}$  узводно од ушћа потока Златовац. Ретензија „Даросавица“ која се формира изградњом бране, са укупном запремином од  $0,27 \times 10^6 \text{ m}^3$  (до коте нормалног успора) која одговара запремини поплавног таласа стогодишњег повратног периода са слива р. Даросавице који ова брана контролише). Кота нормалног успора ове бране је одређена за случај када на празну ретензију наилази поплазни талас стогодишњег повратног периода. Ова кота износи  $192,87 \text{ mnm}$ . Кота максималног успора је одређена за случај када на празну ретензију наилази поплазни талас десетохиљадугодишњег повратног периода, а за ширину прелива од  $40 \text{ m}$ . Кота максималног успора износи  $193,90 \text{ mnm}$ , а круна бране је на коти  $195,40 \text{ mnm}$ . При нивоу воде на коти нормалног успора од ретензија се протеже  $0,68 \text{ km}$  узводно од бране дуж долине Даросавице. Пикови меродавног поплавног таласа стогодишњег повратног периода су: са међуслива Даросавице износи  $Q = 13,1 \text{ m}^3/\text{s}$ , запремина таласа је  $W = 0,25 \times 10^6 \text{ m}^3$ .

Основне карактеристике бране и ретензије су:

Карактеристичне коте $Z$ [ mnm ]					
Круне прелива	Норм. успора	Мах. успора	Круне бране	Мин. нивоа	Терена мин.
193,30	193,30	194,15	196,3	183,85	182,5
Висина бране изнад терена	Дужина прелива	Нагиб узодне\низв. косине	Преч. темељног испуста	Време прањњења ретензије	

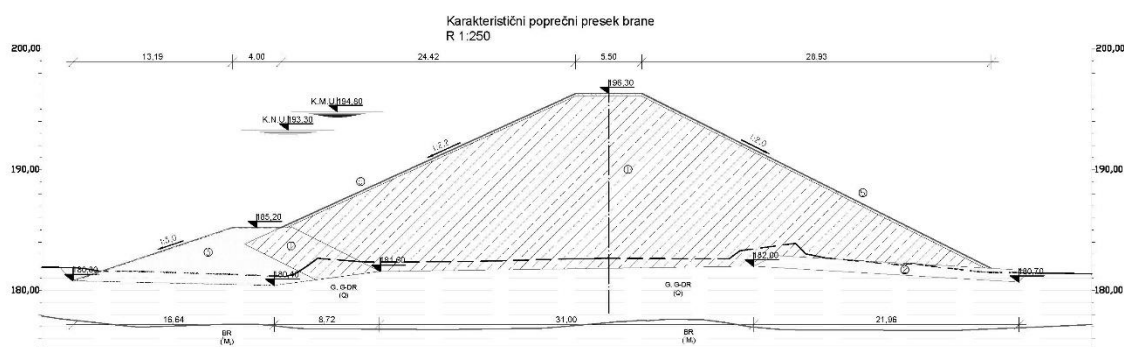
[ m ]	[ m ]	[ m\h ]	[mm]	[ дани ]
17,8	22,00	2,2\2,0	350	1,0

Брана „Даросавица“ је пројектована као насута брана. На брани је предвиђен је бочни прелив дужине преливне ивице  $L_{пр} = 22 \text{ m}$ , са сабирним каналом. Круна бочног прелива дефинише и пројектовану коту нормалног успора  $KНУ = 193,30 \text{ mm}$ .

Прелазна деоница и брзоток су правоугаоног облика константне ширине. Брзоток се завршава слапиштем са умирујућим зубима (УСБР тип II).

Опточни тунел у фази изградње бране је димензија  $B = 1,5 \text{ m}$  и  $H = 2 \text{ m}$ . Након завршетка радова на изградњи бране и прибранских објеката, гради се улазна грађевина, излазна затварачница, монтирају се челичне цеви и друга опрема чиме је темељни испуст  $d = 800 \text{ mm}$  комплетиран и спреман за обављање функције испуштања воде у току експлоатације објекта.

Карактеристични попречни пресек бране Бистрица приказан је на слици 7.



Слика 7. Карактеристични попречни пресек бране Даросавица

### Јужни ободни канал

Јужни ободни канал се ради као наставак by-pass-а (објекта I фазе). Овај канал је димензионисан да прихвати комплетне стогодишње велике воде реке Пештан (као и трансформисане хиљадугодишње велике воде – контролни критеријум).

Од укупне трасе канала која износи 4183 m, 3000 m, се налази у усеку који ће бити формиран рударском механизацијом

Јужни ободни канал је смештен на простору између јужне границе копа и падине јужно од копа (Зеочке стране). Траса канала полази од постојећег корита реке Пештан низводно од копа (на стационажи Пештана 3+047,00 (мерено од ушћа у Колубару), пролази ка југу (уз постојећи расадник), укршта се са Буровачким потоком. Од укрштања са Буровачким потоком, траса канала пролази ка истоку, дуж јужног обода копа. Траса канала се завршава непосредно узводно од низводног краја by-pass-а. Укупна дужина јужног ободног канала износи 4183 m. Пад дна корита канала је  $J_{дк} = 1.62\text{‰}$ .

За трасу канала, предвиђена је изградња усека рударском механизацијом.

Корито ободног канала је трапезног попречног пресека, нагиба косина 1:2. ширине дна корита је 6,0 m, а дубина 3,0 m до усека (прати линију терена) а у усеку 6,0 m, а дубоко 3,5 m. Да би се спречило процуривање воде из корита ободног канала, предвиђено је водозаптивно облагање корита канала (дна и косина) – уградња геомембране дебљине 1,5 mm. Преко геомембране, предвиђена је уградња баласта – слој гранулисаног ломљеног камена – гранулације 200 mm (дебљине у дну кориту 0,6 m и на косинама по 0,3 m).



Од објеката на самој траси ободног канала, предвиђене су две каскаде висине 1,2 m. Једна каскада се налази на стационажи km 0+153,00, а друга на стационажи 3+793,00 m. Такође предвиђено је уређење ушћа постојећих јаруга (спирница) са јужне стране трасе ободног канала и ушћа Буровачког потока у ободни канал.

На десној обали јужног ободног канала, ван усека се од материјала из ископа корита канала формира се насип док у усеку десноободни канал представља висок терен који се формира ископом усека рударском механизацијом.

Уз јужни ободни канал, предвиђено је измештање дела трасе локалног пута (део трасе раније званог државног пута II Б реда бр 363) на потезу од Вреоца до Зеока. Укупна дужина измештене трасе локалног пута износи 5400 m. Траса полази од постојећег пута Вреоци – Лазаревац, пролази јужно од расадника, на стационажи km 1+000,00 траса пута се укршта са коритом реке Пештан и даље траса пута наставља десном обалом јужног ободног канала и то пре усека, лежи на насипу, у усеку лежи по високом терену на десној обали јужног ободног канала, а по проласку усека, траса пута лежи на деснообалном насипу уз by-pass. Траса пута се завршава на стационажи 5+400 на траси локалног пута Барошевац – Медошевац – Зеоке (део трасе раније званог државног пута II Б реда бр 363).

Сви наведени објекти спадају у Систем за регулацију корита реке Пештан и контролу отицања поплавних вода II фаза. За наведене објекте предвиђен је систем за мониторинг и управљање. Предвиђено је да се системом управља аутоматски из диспечерског центра на монтажном плацу П.К. „Поље Е“. Осим величина које је неоподно осматрати а дефинисане су правилником о техничком осматрању, за сваку брану и ретензију предвиђен је мониторинг следећих величина: дотицаја у акумулацију, нивоа воде у акумулацији, истицања из акумулације. Све измерене величине се сакупљају у диспечерски центар. Такође на свакој брани ће постојати контролно командни центар где ће се сакупљати подаци са бране на којој се контролно командни центар. Такође уз брану и ретензију „Рудовци“ је предвиђен контролно командни центар са посадом.

Обзиром да се ради о високим бранама, предвиђен је систем за осматрање, обавештавање и узбуњивање услед пролома брана.

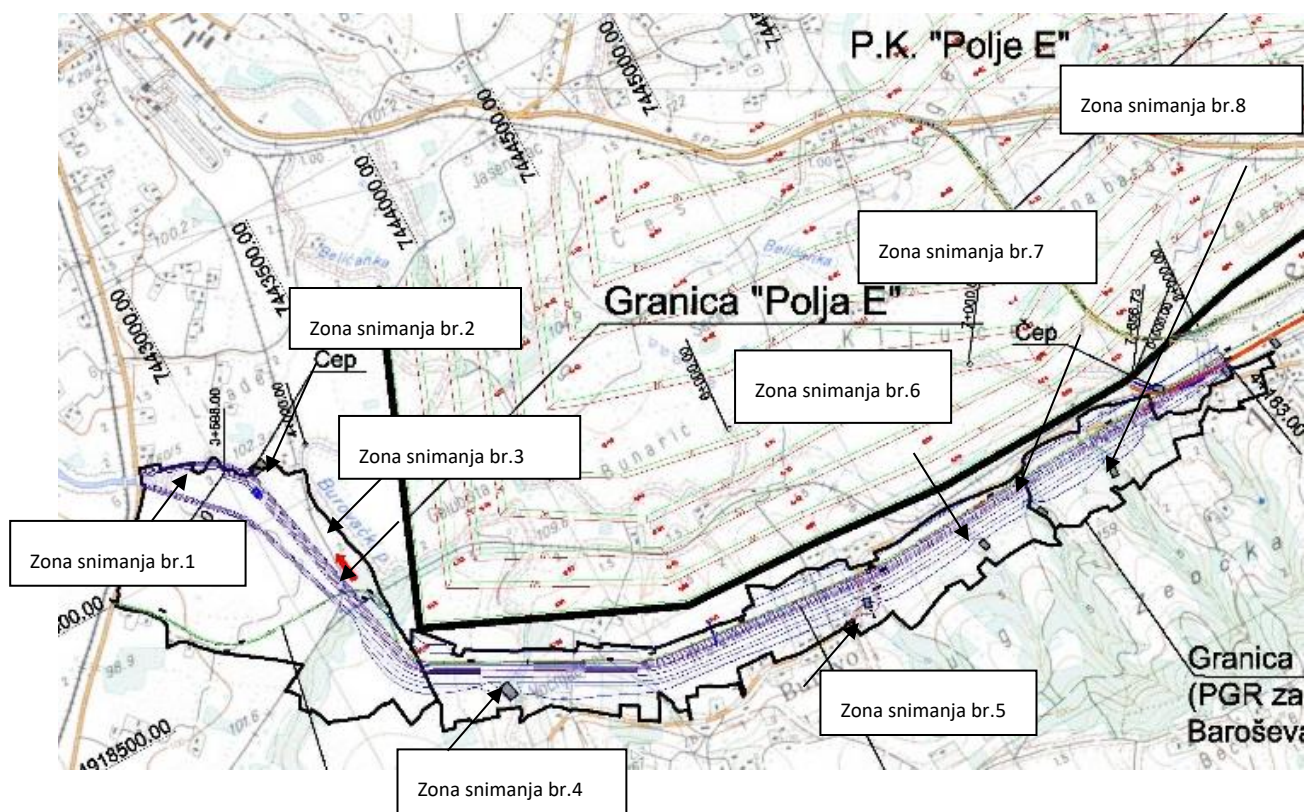
Систем за осматрање, обавештавање и узбуњивање на бранама и ретензијама треба да је саставни део јединственог система за осматрање, обавештавање и узбуњивање на територији општине Лазаревац и града Београда.

### 1.7.3 ТОПОГРАФСКЕ И ГЕОДЕТСКЕ ПОДЛОГЕ

За потребе израде Идејног решења јужног ободног канала, коришћене су следеће расположиве топографске подлоге:

- Топографска подлога 1:25 000
- Ситуациони план са висинском представом разматраног подручја у размери 1:2500.
- Ситуациони план у размери 1:1000 сниман за потребе измештања индустријског колосека.
- Наменска геодетска снимања за потребе израде пројекта јужног ободног канала

Геодетска снимања су обухватила 8 локација: корито реке Пештан од пута Вреоци – Лазаревац до моста преко кога прелази топловод Лазаревац – Вреоци, корито реке Пештан на месту улива јужног ободног канала, терен на траси јужног ободног канала од ушћа у Пештан уз западну границу П.К. „Поље Е”. Део корита Буровачког потока и делови корита четири бочне јаруге на падини јужно од јужне границе површинског копа „Поље Е”, за које је предвиђено увођење у јужни ободни канал.



Слика 8: Ситуациони план-приказ зона снимања на траси јужног ободног канала

## 1.7.4 ПРИКАЗ ХИДРОЛОШКИХ УСЛОВА

За потребе израде техничке документације за Систем за регулацију реке Пештан и контролу отицања поплавних вода II фаза, урађена је хидролошка студија. У оквиру хидролошке студије, извршена је анализа параметара великих, средњих и малих вода на профилима брана Крушевице, Рудоваца на Пештану, Бистрице на реци Бистрици, Трбушнице на реци Трбушници, Даросавице на профилу Зеоке на реци Пештан. У оквиру овог поглавља дају се само параметри великих, средњих и малих вода за профил хидролошке станице Зеоке.

За параметара великих вода тиче, вредности су дате у наредној табели:

Табела 1 Рачунске вредности протока  $Q_{\max}$  ( $m^3/s$ ) добијене применом методе ГИО

Профил	p (%)					
	0.01	0.1	1	2	5	10
Зеоке	504.6	306.5	167.8	135.6	98.3	74.2

Табела 2 Рачунске вредности запремина таласа  $W$  ( $10^6 m^3$ ) добијене применом методе ГИО

Профил	p (%)					
	0.01	0.1	1	2	5	10
Зеоке	20.50	12.77	7.31	6.02	4.50	3.51

Што се средњих вода тиче, рачунска вредност средњих годишњих протока износи  $0.678 m^3/s$ ,

Што се малих вода тиче, рачунска вредност минималних средњемесечних протока износи  $0.1216 m^3/s$ .

## 1.7.5 ПРИКАЗ ГЕОЛОШКИХ УСЛОВА

### 1.7.5.1 Изведени истражни радови

Терен ширег простора трасе јужног ободног канала, је инжењерскогеолошки истражен, у циљу формирања геолошких подлога Идејном пројекту регулације реке Пештана и контролу отицаја поплавних вода. Истраживања су започета увидом у резултате дотадашњих геолошких истраживања тог подручја (општа геолошка и наменска истраживања). Затим се урадила стручна, инжењерскогеолошка, проспекција терена што је, заједно са сазнањима претходних геолошких истраживања, омогућило израду Пројекта геотехничких истраживања за потребе дефинисања инжењерскогеолошких услова пројектовања и изградње ободног канала. На локацијама, где је Пројектом одређено, изведено је 12 истражних бушотина и 6 истражних раскопа, два геоелектрична пресека терена и 29 геоелектричних сонди. Из истражних бушотина и раскопа узети су узорци стенских маса и они су, такође сагласно Пројекту, лабораторијски обрађени и испитани. Наведени истражни објекти и пратећа истраживања (инжењерскогеолошко картирање језгра бушотина, праћење режима ископа и инжењерскогеолошко картирање зидова раскопа, лабораторијска испитивања, тумачење геоелектричне отпорности са аспекта геотехничких средина) дефинисали су инжењерскогеолошке услове за пројектовање и изградњу јужног ободног канала.

### 1.7.5.2 Геолошка грађа

Коридор измештеног корита Пештана – ободног канала смештен је у јужном делу простране речне долине истоимене реке. Он се својим завршним делом (гледано у низводном смеру) усеца у издигнути терен Зеочког побрђа, чије северне падине представљају јужну границу речне долине реке Пештана. Морфолошки виши терен, граде палеозојске творевине, а алувијалну зараван неогени и квартарни седименти. Како коридор ободног канала пролази преко граничне зоне палеозојских метаморфита и млађих творевина, за анализу геотехничких услова било је потребно истражити стања и својства стенских маса све три геолошке периоде (палеозоик, неоген, квартар). Положај ободног канала је на већем делу паралелан Пештанско-туријском раседу, а на мањем делу се њихове трасе приближно подударају.

Палеозоик граде шкриљци ниског кристалинитета, са центиметарским кварцним жицама и муглама. Филити и серицитски шкриљци имају највеће учешће у грађи шкриљаца. Они су покривени метарски дебелим елувијалним покривачем – кором распадања.

Неогени седименти имају плиоценску старост, они представљају „јалови“ део басена односно продужетак угљоносних слојева те га чине ситнозрни кластити, глине и алевроити, са прослојцима и сочивима прашинастих до заглињених пескова као и ретким појавама угља, угљевитих глина и крупнозрних, слабо везаних бреча. Плиоценски ситнозрни кластити имају лапоровиту компоненту и делове где испољавају слабу окамењеност (получврсте стенске масе).

Квартарни седименти практично прекривају цело подручје коридора ободног канала. Површински део, дубине 0.5-1.0 m чине прашинасте глине, хумусне. У њиховој подини се простиру различити облици квартарних творевина: алувијални, алувијално-делувијални, елувијално-делувијални и у

најмањем степену, пролувијални. Алувијално-делувијалне и поготово алувијалне творевине су крупнозрније, преовлађује прашинасто-песквита компонента, за разлику од елувијално-делувијалних где доминира глиновито-прашинаста фракција у оквиру које повлату најчешће граде прашинасти муљеви. Пролувијалне творевине су смештене у продужетку јаруга које пресецају Зеочко побрђе и њихов састав је најхетерогенији јер је пролувијум изграђен од одломака-дробине, шкриљаца и кварцита, утиснутих у прашинасто-глиновити, ређе прашинасто-песковити матрикс.

Од геоморфолошких облика, доминира речна, алувијална површ реке. Пештан где су ниске терасе развијене на обе обале са површинама од  $n \times 10$  ари. Осим флувијалних облика, карактеристичне су четири дубоке јаруге на падинама Зеочног побрђа, местимично дубље од 10 m и шире од 5 m.

### 1.7.5.3 Инжењерскогеолошка грађа и геотехнички услови

На геотехничке услове пројектовања и изградње ободног канала у највећој мери утиче положај и физичко-механичка својства квартарних творевина, плиоценских седимената и палеозојских метаморфита. Релативно висок пијезометарски ниво прве издани као и присуство четири дубоке јаруге у непосредној близини ободног канала, такође ће имати значајног утицаја на избор техничких решења за вршење ископа ободног канала односно за стабилан попречни пресек корита.

Присуство дубоких јаруга и истражним бушењем утврђене пролувијалне насlage, указују на реалну могућност доношења већих пролувијалних маса у новоформирани ободни канал. Имајући у виду благи нагиб корита у ободном каналу (мала кинетичка енергија измештеног Пештана) и гранулометријски састав - крупноћу дробина и блокова пролувијалних наслага (тешки блокови дециметарско-метарских димензија), може се очекивати периодично смањење попречног пресека корита тј. капацитета протока.

Између стационажа 0+000.00 до 0+700.00 ископ би износио до четири метра и изводио би се у квартарним алувијално-делувијалним и елувијално-делувијалним глинама и прашинастим муљевима. По категоризацији GN-200 земљани радови би се обавили у II категорији, а улазни подаци за избор нагиба ископа су  $\varphi = 22^\circ$ ,  $c = 15 \text{ kN/m}^2$  и  $\gamma = 19.5 \text{ kN/m}^3$ .

Од стационаже 0+700.00 до 1+300.00 ископ се вишеструко увећава тј. није мањи од 15 m, а у већем делу је око 20 m. Због тога се он обавља у засеку, тј. засецао би се леви, јужни бок. Први део ископа дубине око 10 m, вршио би се у алувијално-делувијалним глинама. Други, дубљи, део се налази у плиоценским седиментима, претежно кохерентим, глиновитим, меким, бубривим стенским масама. Ископ у овој средини се по GN-200 сврстава у III и малим делом у IV категорију. За прорачун косине нагиба ископа, улазни подаци физичко-механичких својстава плиоценских седимената су  $\varphi = 19^\circ$ ,  $c = 25 \text{ kN/m}^2$  и  $\gamma = 19.5 \text{ kN/m}^3$ . Део који би се радио под водом расте са стационажама, тако да би у почетку он износио 4.0 m, а на крају ове деонице преко десет метара.

Најдубљи ископ се обавља на деоници између стационажа 1+300.00 и 3+800.00, он износи 20.0 – 25.0 m. До стационаже 2+300.00 ископ би се обавио у алувијално-делувијалним глинама (последња 2-3 m би се урадио у плиоценским седиментима). Између стационажа 2+350.00 и 3+000.00 око пола ископа (горњи део) би се радио у алувијално-делувијалним глинама, а друга половина у плиоценским седиментима. Од стац. 3+000.00 један део ископа треба обавити у палеозојским шкриљцима. Континуални ископ у шкриљцима, дубине 15.0-20.0 m, се ради између стац. 3+200.00

и 3+800.00. У том делу су шкриљци прекривени алувијално-делувијалним глинама чија дебљина варира од 2.0 до 4.0 метара. По GN -200 земљани радови у шкриљцима се сврставају у III и IV категорију (повлатна зона) и IV и V категорију (подинска зона). Учешће ове две групе шкриљаца се процењује на око 50%. Отпорна својства повлатних, измењених шкриљаца нису велика,  $\varphi = 22^\circ$  и  $c = 15 \text{ kN/m}^2$ , док је запреминска тежина  $\gamma = 19.9 \text{ kN/m}^3$ . Квалитетнији шкриљци из подинске зоне (V категорија) имају  $\varphi = 32^\circ$ ,  $c = 100 \text{ kN/m}^2$  и  $\gamma = 26.0 \text{ kN/n}^3$ .

Од стац. 3+800.00 до краја (место ушћа проширеног корита „бу пасс“ у ободни канал) ископ је на почетку око десет метара, а на крају око 3.0 m. Он се у целости врши у алувијално-делувијалним глинама. У том делу ниво подземне воде је јако висок, на око 1.0-1.5 m испод површине терена.

## 1.7.6 СТЕПЕН ЗАШТИТЕ ОД ПОПЛАВНИХ ВОДА

Степен заштите приобаља од поплавних вода водотока зависи од значаја и карактера добара која се штите (насеља, објекти инфраструктуре, индустрија, пољопривредно земљиште и сл.). Степен заштите, према томе, у општем смислу као и у конкретном случају може бити различит по деоницама унутар посматраног сектора реке, а такође може бити различит за леву и десну обалу на једној деоници или целом сектору.

У оквиру **стратегије управљања водама** (документ је објављен у Службеном гласнику РС", бр. 3/2017 од 18.1.2017. године), дају се препоручени степен заштите за нове системе у за системе који се реконструју. У табели у наставку се даје приказ препоручених степена заштите за различите случајеве.

	Повратни период (година)				
	20	50	100	500	1000
Градovi преко 50000 становника					
Градovi од 20000 до 50000 становника и значајне индустријске зоне					
Градovi од 5000 до 20000 становника и средње значајне индустријске зоне					
Расута насеља, путеви и пољопривредно земљиште					
Пољопривредне површине са интензивном производњом					
Пољопривредне површине са екстензивном производњом					
Природно стање водотока, без ризика од поплава					

Заштита коју обезбеђују грађевински објекти

Допунска заштита

Без заштите - дозвољене штете

Слика 9 : Препоручени степен заштите од поплава

У конкретном случају измештено корито реке Пештан (Јужни ободни канал) лежи у заједничком инфраструктурном коридору са измештеном трасом локалног пута деоница Вреоци Зеoke (раније регионални пут II б реда 363). Границе инфраструктурног коридора су дефинисане Планом генералне регулације за насеље Барoшевац, Зеoke, Медoшевац и Бурово (Сл.гласник РС 58/2008).

На десној обали измештеног корита реке Пештан (јужном ободном каналу), налази се траса измештеног локалног пута деоница Вреоци Зеoke (раније државни пут II Б реда 363), површински коп П.К. Поље Е, а на левој обали део трасе измештеног локалног пута деоница Вреоци Зеoke (на низводном крају Јужног ободног канала) и висок терен „Буровачке и Зеочке стране”.

Пошто објекти на левој и десној обали реке Пештан нису истог значаја, степен заштите за леву и десну обалу је различит.

Увидом у препоруке **Стратегије управљања водама** за десну обалу треба заштитити на велике воде вероватноће појаве  $p = 1\%$  (стогодишња велика вода) (значајне индустријске зоне) са резервним надвишењем најмање до нивоа великих вода  $p = 0,2\%$  (петстогодишња велика вода као контролна), а леву обалу на двадесетогодишњу велику воду  $p = 5\%$  (Пољопривредне површине са екстензивном производњом – пошто се становништво исељава са овог подручја), а у зони где траса локалног пута

пролази левом обалом измештеног корита реке Пештан потребно је обезбедити заштиту на стогодишњу велику воду.

Обзиром на досадашње искуство на изградњи и измештању водотокова, десну обалу треба заштитити на велике воде вероватноће појаве  $p = 1\%$  (стогодишња велика вода) са резервним надвишењем најмање до нивоа великих вода  $p = 0,1\%$  (хиљадугодишње велика вода са изграђеним ретензијама) - контролна вода хиљадугодишња велика вода уз изграђене ретензије (део поплавних таласа ових вода прихватају и ретензиони простори, пошто ће се ретензије изградити, пре изградње јужног ободног канала). Леву обалу на двадесетогодишњу велику воду  $p = 5\%$  (двадесетогодишњу велику воду), а у делу трасе корита реке Пештан где локални пут пролази левом обалом, предвиђено је да се обезбеди степен заштите на  $p = 1\%$  (стогодишња велика вода).



## 1.7.7 ПРИКАЗ ТЕХНИЧКОГ РЕШЕЊА ЈУЖНОГ ОБОДНОГ КАНАЛА

Јужни ободни канал представља један од објеката Система за регулацију реке Пештан и контролу отицања II фаза, уз бране на реци Пештан и притокама Трбушници, Бистрици и Даросавици.

Јужни ободни канал се ради као наставак by-pass-а (објекта I фазе, који је тренутно у изградњи) и de facto представља измештено и регулисано корито реке Пештан (у пуном профилу) у зони јужне и западне граница П.К. Поље Е.

Пошто објекти на левој и десној обали реке Пештан нису истог значаја, степен заштите за леву и десну обалу је би требао да буде различит.

Предвиђено је да минор корито прихвати двадесетогодишње велике вода, а да се на десној обали формира насип који ће омогућити заштиту на стогодишње велике воде, односно на хиљадугодишње велике воде као контролне (уз изграђене ретензије, да део поплавних таласа ових вода прихватају и ретенциони простори).

Лева обала се штити на двадесетогодишње велике воде (које прихвата минор корито), а у зони где је предвиђено да траса локалног пута лежи на левој обали предвиђен је степен заштите на стогодишње велике воде и стим у вези и изградња одбрамбеног насипа (до стационаже km 0+700).

Обзиром да је на левој обали скоро читавом дужином (од стационаже km 0+700) врло висока (Буровске и Зеочке Стране) ни објекти на левој обали неће бити угрожени стогодишњим великим водама реке Пештан.

Уз ове воде корито може да прими и воде од одводњавања копа – оријентациона вредност од 2,62 m<sup>3</sup>/s (1080 l/s+780 l/s+760 l/s).

### 1.7.7.1 Траса регулисаног минор корита и насипа

Траса јужног ободног канала, је дефинисана респектујући обухват инфраструктурног коридора који је дефинисан планском документацијом Планом генералне регулације за насеље Барошевац, Зеоке, Медошевац и Бурово (Сл.гласник РС 58/2008), западну и јужну границу П.К Поље Е, положеј постојећег корита реке Пештан на изводном крају, изведено корито by-pass корита реке Пештан.

Приликом дефинисања траса јужног ободног канала водило се рачуна да овај објекат и нова траса локалног пута Вреоци – Зеоке (раније државни пут IIB реда 363) не буду у колизији.

Укупна дужина трасе измештеног корита реке Пештан Јужног ободног канала износи 4183 m.

Највећи део траса јужног ободног канала смештена је на простору између јужне границе копа и падине јужно од копа (Буровачке и Зеочке стране), док на низводном крају траса пролази поред западне границе П.К. Поље Е.

Траса јужног ободног канала полази од постојећег моста на локалном путу Вреоци – Лазаревац km 3+047,00 (мерено од ушћа у Колубару), креће се ка југу ка побрђу „Буровачке и Зеочке стране”. На стационажи km 0+700,00, траса Јужног ободног канала улази у висок терен „Буровачке и Зеочке Стране).

На првих 700 m трасе, траса новог корита реке Пештан укршта се са постојећим топловодом (на стационожи km 0+553,00) и са пројектованим мостом преко кога ће прелазити траса измештеног локалног пута Вреоци – Зеоке (раније регионални пут II Б реда бр. 363)..

Од стационаже km 0+700,00 до стационаже km 4+100,00 траса Јужног ободног канала пролази кроз „Буровачке и Зеочке стране”. На том делу трасе предвиђена је израда усека који ће се ископати рударском механизацијом. Предвиђено је да дно усека буде ширине ~ 90 m, да се косине раде у нагибу 1:2 (са по етажом ширине 15 m на левој обали). Укупна количина материјала који треба ископати рударском механизацијом износи ~ 6 000 000 m<sup>3</sup>.

На овом делу трасе водотока, измештена траса пута пролази десном обалом, на стационожи Јужног ободног канала km 2+700,00, предвиђен је мост преко корита Јужног ободног канала. Преко овог моста се обезбеђује прикључење насеља Бурово на измештену трасу локалног пута Вреоци – Зеоке.

На делу трасе Јужног ободног канала од стационаже km 0+700,00 до стационаже km 4+000,00, предвиђен је улив четири јаруге (km 2+600; km 3+080; km 3+248; km 3+551) и Буровачког потока (km 1+117,00) у корито Јужног ободног канала, као и улив вода од одводњавања копа на три места (km 1+400; km 2+390; km 3+400).

Од стационаже km 4+100 до краја регулације 4+183, траса јужног ободног канала пролази кроз долину реке Пештан и на стационожи km 4+183 (стационожа km 7+807.00, постојећег корита реке Пештан, мерено од ушћа у Колубару) завршава се у кориту реке Пештан које се тренутно изводи.

Што се насипа тиче – траса деснообалног насипа, прати трасу корита Јужног ободног канала, полази од десне обале постојећег корита реке Пештан (на низводном споју Јужног ободног канала и постојећег корита реке Пештан), пролази десном обалом Јужног ободног канала уклапа се у високу обалу у усеку која се формира рударском механизацијом (de facto представља насип) и завршава се на деснообоалном насипу корита реке Пештан који је изграђен (2020.године). На овај начин обај објекат са постојећим насипима обезбеђује потребан степен заштите површинског копа П.К. „Поље Е”, на стогодишње велике воде као меродавне и хиљадугодишње велике воде са изграђеним ретензијама као контролни критеријум.

Левообални насип је предвиђен да заштити део трасу измештеног локалног пута Вреоци – Зеоке који се налази на левој обали Јужног ободног канала. Левообални насип спаја насип пута Вреоци – Лазаревац (на овај пут се прикључује пут Вреоци Зеоке) и усек. Круна овог насипа, завршава се на низводном крају усека.

Укупна дужина трасе левообалног насипа износи 896,0 m.

### **1.7.7.2 Нивелета дна обала и насипа измештеног корита реке Пештан**

За дефинисање подужног пада дна корита (овај пад је диктирао и подужни пад форланда и подужни пад насипа), пошло се од кота постојећег корита реке Пештан на низводном и узводном крају, кота постојећег терена. Подужни пад дан измештеног корита је одређен и износи  $J_{д,прој} = 1.62 \text{ ‰}$ . Овај пад се, с обзиром на друге регулационе елементе са којима је у узрочно последичној вези, према извршеним прорачунима, показао као сигурно решење.

Да би се пројектовани подужни пад дна и комплетно ново корито уклопили у висински положај карактеристичних профила постојећег корита, који су почетни и завршни профили будућег корита, потребно је било поништити око 2.8 m укупне денивелације дна корита на посматраном сектору реке. То је постигнуто са два брзотока: први на стационажи km 0+153.00 и други на стационажи км 3+793.00 измештеног тока, чија је корисна денивелација  $h_k = 1.4$  m на којој се у истој мери концентрише пад пројектованог дна.

Пад нивелета обала и насипа генерално прате пад нивелете дна корита реке Пештан. Нивелета круне деснообалног насипа се на низводном крају регулације уклапа у висок терен на десној обали постојећег корита реке Пештан, а на узводном крају са нивелетом деснообалног насипа уз бу – pass корита реке Пештан које се тренутно изводи. У усеку се формира висок терен на десној обали и он представља деснообални насип.

Што се нивелете круне левообалног насипа тиче, она прати нивелету деснообалног насипа у зони где траса левообалног насипа прати трасу деснообалног насипа.

Предвиђено је да се нивелета круне левог насипа, споји на низводном крају са саобраћајницом (пут Вреоци – Лазаревац), а на узводном крају са усеком.

Увидом у резултате хидрауличног прорачуна, може се закључити да је круна насипа  $\sim 0,30$  m и више од нивоа стогодишње велике воде (нерегулисан протицај).

### 1.7.7.3 Попречни профил измештеног корита реке Пештан

Протицајни профил, (геометријске карактеристике попречног профила регулисаног корита), је важан регулациони елемент, у интерактивној је вези са другим регулационим елементима и као такав битно одређује укупно техничко решење регулације.

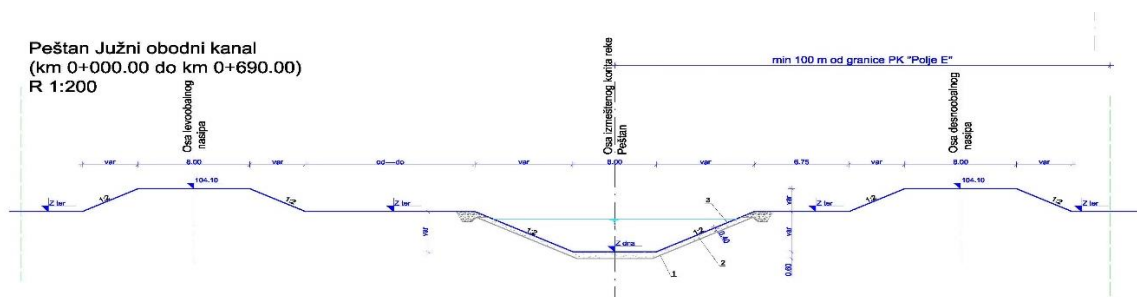
Попречни профил измештеног корита је пројектован сагласно факторима који су били од утицаја, а то су пре свега литолошки састав и геомеханичке карактеристике терена по коме је ново речно корито формирано, хидраулички параметри, услови изградње корита у технолошком смислу и други услови – попречни профили корита реке Пештан узводно и низводно од ове регулације. На узводном крају регулације, корито реке Пештан (изграђено 2020.године) јје следећих димензија – минор корито је ширине дна 6,0 m и нагиба косина 1:2, дубина минор корита је 3,50 m, а круна деснообалног насип је за 2,5 m виша од нивелете форланда. Насип је трапезног попречног пресека 8,0 m ширине круне и нагиба косина 1:2.

Такође битно је знати, да када се заврши са рударским радовима у РБ Колубара и када ретензије добију и намену акумулација и послуже за друге сврхе, овако дефинисано корито може да прими стогодишње велике воде без икакве интервенција (обзиром да неће бити копова ово корито је итекако на стани сигурности).

Предвиђено је да минор корито прихвати нерегулисане двадесетогодишње воде, а да насипи буду димензионисани да прихвате стогодишње нерегулисане воде као меродавне и хиљадугодишње регулисане велике воде као контролне.

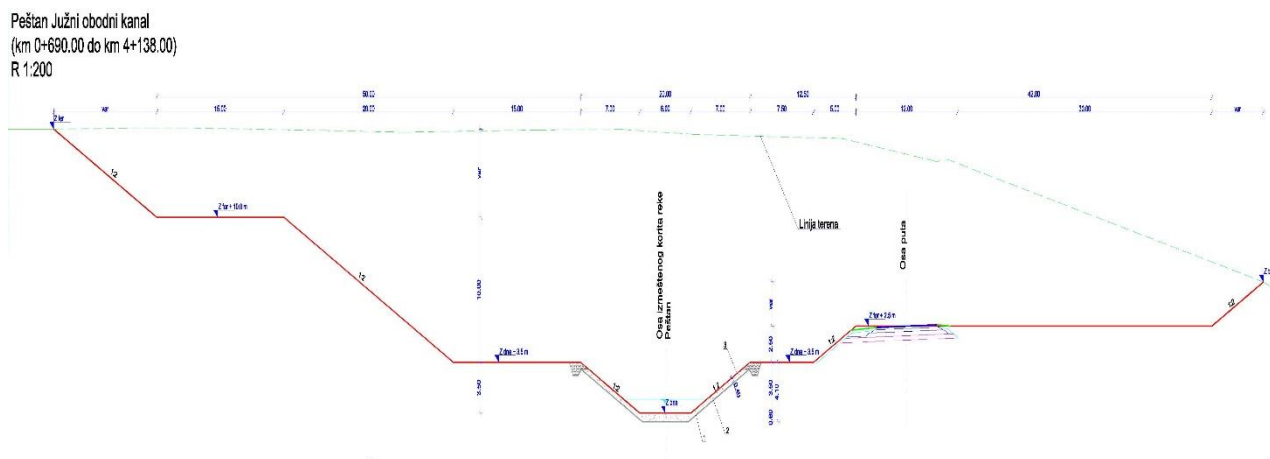
Сагласно претходном, пројектом су предвиђена су два типа корита:

**Тип 1:** Од ушћа у корито реке Пештан (стационажа км 0+000.00 – по оси јужног ободног канала) до почетка усека (стационажа км 0+690.00). Ширина минор корита у дну је  $b = 6.0$  m, нагиби косина обала 1:2, ширина круне деснообалног насипа и левообалног насипа  $b' = 8$  m, висина насипа до 2.0 m а нагиби косина насипа 1:2. Овај тип корита је приказан на следећој слици.



Слика 10: Карактеристични попречни пресек јужног ободног канала тип 1

Тип 2: Од низводног краја усека (стационажа км 0+690.00) до узводног краја регулације км 4+183,00 ширина минор корита у дну је  $b = 6.0$  m, нагиби косина обала 1:2, дубина минор корита је 3,50 m, левообални форланд је ширине 15,0 m, а деснообални је ширине 7,5 m. Кота форланда је за 3,5 m, виша од коте дна корита. Десновоални насип – висока обала је за 2,5 m виша од нивелете форланда. Ширина круне деснообалног насипа  $b' = 12$  m, тако да се на насип може сместити траса измештеног локалног пута Вреоци – Зеоке. Нагиби косина насипа 1:2. На левој обали се формира косина ископа усека. Предвиђено је да косина усека буде у нагибу 1:2 и да на висини од 10,0 m постоји подетаже ширине 15,0 m.



Слика 11: Карактеристични попречни пресек јужног ободног канала тип 2

#### 1.7.7.4 Објекти у кориту јужног ободног канала реке Пештан

Од објеката у кориту реке Пештан, предвиђени су:

- Брзотоци на стационажи измештеног корита км 0+153.00 и други на стационажи км 3+793.00 измештеног тока.
- Објекти за увођење бочних притока и Буровачког потока у корито Јужног ободног канала на стационажама Јужног ободног канала км 2+600; км 3+080; км 3+248; км 3+551 и

стационажи km 1+117,00, где је предвиђено ушће Буровачког потока у корито Јужног ободног канала.

- Увођење мелиорационог канала у јужни ободни канал.

С обзиром да пројектован брзоток спада у хидраулички ниске објекте (хидраулички скок је потопљен), низводно од брзотока је пројектована бучница чија је дужина  $L = 22$  m.

Брзоток представља стрму раван у нагибу 1:5. Брзоток се ради од гранулисаног ломљеног камена (гранулације  $450 < d < 800$  mm) зиданих у пумпаном бетону, на подлози од свежег бетона МВ 30. На низводном крају бучнице, предвиђен је праг висине 0,5 m.

Умирујући базен је димензија: дубина  $d=0,5$  m, а дужина  $L=22,0$  m. Дно бучнице и део косина су обложени каменим блоковима зиданим у цементном малтеру на слоју свежег бетона МБ20 испод чега се поставља слој шљунка. Укупна дебљина облоге дна је 1,0 m. Остатак облоге косина се ради од камених блокова величине  $300 < d < 500$  mmу слоју од 0,5 m. Испод облоге тог дела косина поставља се подлога од ђберлауфа дебљине 0,2 m (крупноће зрна  $60 < d < 80$  mm).

Додатно осигурање корита пројектовано је и у виду облоге од гранулисаног ломљеног камена 10.0 m узводно од узводног зуба брзотока и 10.0 m низводно од низводног зуба бучнице и то на следећи начин:

- До 5,0 m узводно од узводног зуба брзотока и 5,0 m низводно од низводног зуба бучнице, предвиђено је калдрмисање дна и облога истог типа као у брзотоку и бучници.
- Узводно и низводно од предходно наведене облоге, предвиђено је облагање дна корита у дужини од по 5.0 m облогом од камених блокова гранулације  $300 < d < 500$  mm сложених у суво на подлози од ђберлауф шљунка (величина зрна  $60 < d < 80$  mm). Камена облога је дебљине 0.5 m, подлога од ђберлауф шљунка је дебљине 0.25 m.

Косине корита у зони брзотока и бучнице се облажу на следећи начин:

- у самом брзотоку облажу се косине до висине од 4,0 m истим типом облоге као дно тог објекта.
- низводно од низводног зуба бучнице и узводно од узводног зуба брзотока предвиђено је облагање косина у дужини од 5.0 m и до висине од 3.5 m. Тип облоге је исти као у бучници и брзотоку.
- узводно и низводно од предходно наведене облоге, косине се облажу у дужини од 5.0 m и до висине од 3.0 m, облогом од камених блокова гранулације  $300 < d < 500$  mm сложених у суво на подлози од ђберлауф шљунка (величина зрна  $60 < d < 80$  mm). Камена облога је дебљине 0.5 m, подлога од ђберлауф шљунка је дебљине 0.25 m.

Што се ушћа бочних притока тиче, предвиђено је да Ширина дна бочних притока износи 1.5 m, а нагиб косина 1:1. Предвиђено је да се притоке уливају у минор корито у нагибу 1:3. Дно и косине минор корита у зони улива бочних притока се облажу у дужини од 6.0 m, и то 4.0 m низводно и 2.0 m узводно од осе улива бочне притоке, до висине од 3.0 m. Такође се и бочне притоке облажу гранулисаним ломљеним каменом у до висине 3.0 m мерено од дна минор корита.

Пројектом је предвиђено скретање и уређење дела корита Буровачког потока у зони ушћа у корито јужног ободног канала. Увођење Буровачког потока у јужни ободни канал је предвиђено системом

каскадних брзотока са бучницом (5 брзотока са бучницом). Брзоток представља стрму равну са нагибом 1:5, ширине 4.0 m и корисне висине денивелације од 1.40 m. Низводно од брзотока пројектована је бучница ширине 4.0 m, дужине 12.00 m са подужним нагибом од 1.2 %. На низводном крају бучнице предвиђен је праг висине 0.5 m.

На деоницама између брзотока регулисано корито Буровачког потока је трапезног попречног пресека, ширине дна 4.0 m, дубине 3.0 m са нагибом косина 1:1. Подужни нагиб корита износи 1.2 %. На деоници где траса иде по пројектованом левом форланду јужног ободног канала ширина дна корита износи 4.0 m, дубина 2.0 m са нагибом косина 1:1. Подужни нагиб корита износи 1%.

Регулисано корито Буровачког потока, као и брзотоци са бучницама се раде од гранулисаног ломљеног камена (гранулације  $200 < d < 300$  mm) зиданог у цементном малтеру, на подлози од шљунка природне гранулације. Укупна дебљина облоге је 0.40 m.

На месту улива регулисаног корита Буровачког потока у јужни ободни канал облаже се дно и косине минор корита јужног ободног канала до висине од 3.0 m.

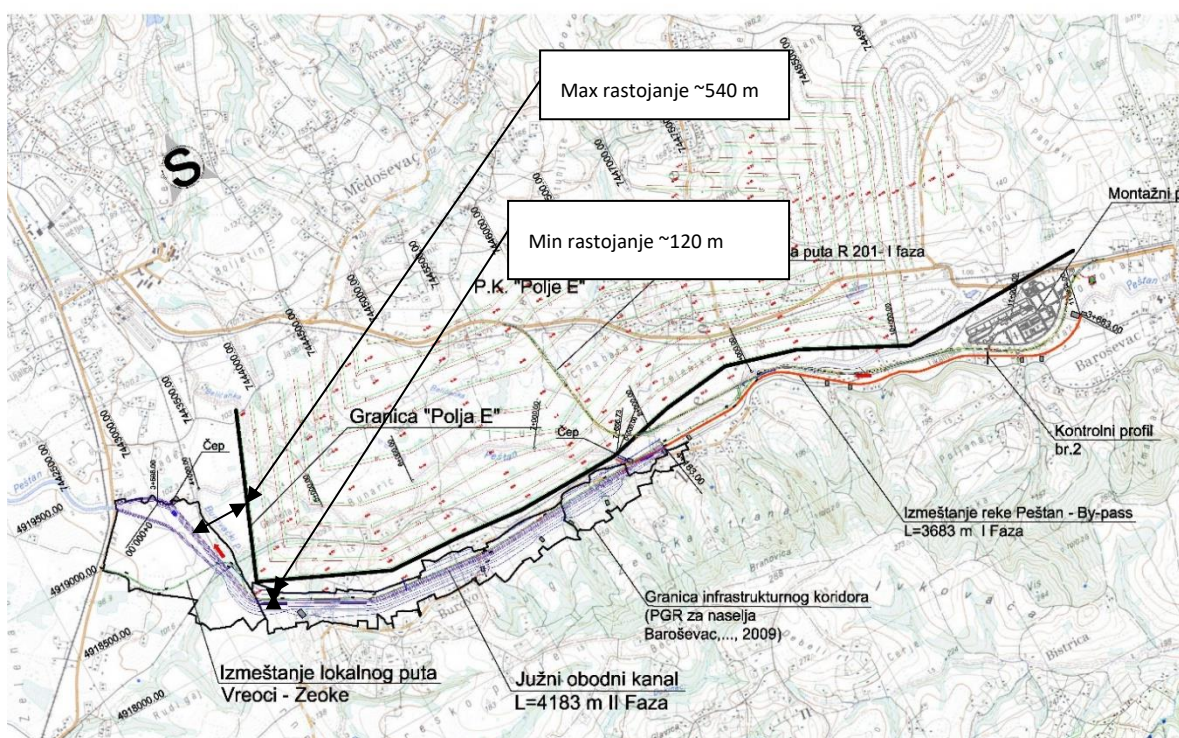
Обзиром да мелиорациони канал пресеца ново корито реке Пештан, предвиђено је увођење овог канала у јужни ободни канал на стационожи ЈОК-а km 0+543.00. Да би се увеле воде из мелиорационог канала у ЈОК, предвиђен је челична цев пречника 1000 mm, са жабљим поклопцем истог пречника на низводном крају. Предвиђено је да се цев положи на бетонску облогу, а предвиђене су уливна и изливна грађевина од неармираног бетона МВ 30, као и осигурање косина и дна мелиорационог канала на месту улива у цев, гранулисаним лимљеним каменом.

#### **1.7.7.5 Заптивни радови у новом кориту**

До сада извршеним геолошким истражним радовима по траси измештеног корита реке Пештан, констатовано је следеће:

- Измештено корито реке Пештан легаће својим већим делом ~3500 m у песковито, глиновитој, прашинастој и шљунковитој средини.
- Појаве пескова и шљункова су сочивастиг облика и да је њихово просторно дефинисање веома отежано – практично немогуће
- На делу трасе од стационаже km 3+000.00 до стационаже km 3+600.00 корито јужног ободног канала пролази кроз средину у којој су заступљени шкриљци.

Растојање јужне границе површинског копа „поље Е” од корита јужног ободног канала, креће се од ~ 150 до ~ 540 m (слика 10).



Слика 12: Ситуација приказ минималног и максималног растојања обале корита од јужне границе копа „Поље Е”

Имајући у виду хидрогеолошке карактеристике терена у којима ће бити формирано измештено корито реке Пештан, као и растојање од будућег копа „Поље Е”, може се закључити да се на већем делу трасе новог корита (осим на делу трасе где корито јужног ободног канала пролази кроз шкриљце од стационаже km 3+000.00 до стационаже km 3+600.00) морају предвидети посебне заптивне мера у циљу заштите предметног копа од провирних вода из водотока.

Пошто је инжењерско - геолошким истражним радовима, показано да у алувијону корита реке Пештан нема глиновитог материјала који има одговарајуће карактеристике за водозапивно облагање измештеног корита, предвиђено је облагање корита ЕПДМ геомембраном.

Предвиђена је уградња геомембране дебљине 1.2 mm. Испод и изнад геомембране се уграђује геотекстил 500 г/м<sup>2</sup>.

Предвиђено је облагање дна корита и косине до 3.5 m мерено вертикално од пројектованог дна корита.

Мајор корито се не облаже из два разлога и то:

- врло кратко трајање поплавних вода које ће се изливати у форланд и
- врло висока цена заптивања тако широког профила уз занемарљиве ефекте.
- Минор корито се такође само делимично заптива и то по дну и по косинама 3.0 m, Оваква водозапивна облога спречава губитак воде из новог корита и заводњавање приобаља.

За постављање геомембране врши се докопавање речног минор корита. Докопавање се врши за 0.6 m по дну и 0.4 m на делу косина обала како је то дефинисано пројектом. Као баласт који се поставља преко геомембране предвиђена је камена дробина (туцаник) гранулације 80 <d< 250 mm.

---

## **1.6 НУМЕРИЧКА ДОКУМЕНТАЦИЈА**

---



## 1.6.1 ПРОЦЕНА ИНВЕСТИЦИОНЕ ВРЕДНОСТИ ОБЈЕКТА

	Објекат	Вредност радова ( ДИН)
	<b>Измештено корито реке Пештан - ЈОК</b>	
I	Земљани радови на изради регулисаног корита реке Пештан - јужни ободни канал	1376 328 625.00
II	Глинени чеп на месту низводног споја постојећег и измештеног корита	7 629 430.00
III	Осигурање обала минор корита - обалоутврде:	22 923 450.00
IV	Осигурање корита у зони новог моста на стационачи км 0+600.00	1 361 750.00
V	Осигурање корита у зони новог моста на стационачи км 3+730.00	1 256 550.00
VI	Брзоток и бучница на стационачи км 0+060.00	7 362 118.00
VII	Брзоток и бучница на стационачи км 3+700.00	7 628 950.00
VIII	Осигурање корита у зони ушћа бочних притока	30 851 710.00
IX	Глинени чеп на месту узводног споја постојећег и измештеног корита	8 391 310.00
X	Заптивање корита геомембраном	278 151 500.00
XI	Улив корита мелиорационог канала у јужни ободни канал на стационачи км 0+543,00	3 456 300.00
XI	Истражно пројектантски радови у току извођења радова	29 513 250.00
	Непредвиђени трошкови (5 %)	88 742 747.00
	<b>Свега измештено корито реке Пештан:</b>	<b>1863 597 690.15</b>

---

## **1.7 ГРАФИЧКА ДОКУМЕНТАЦИЈА**

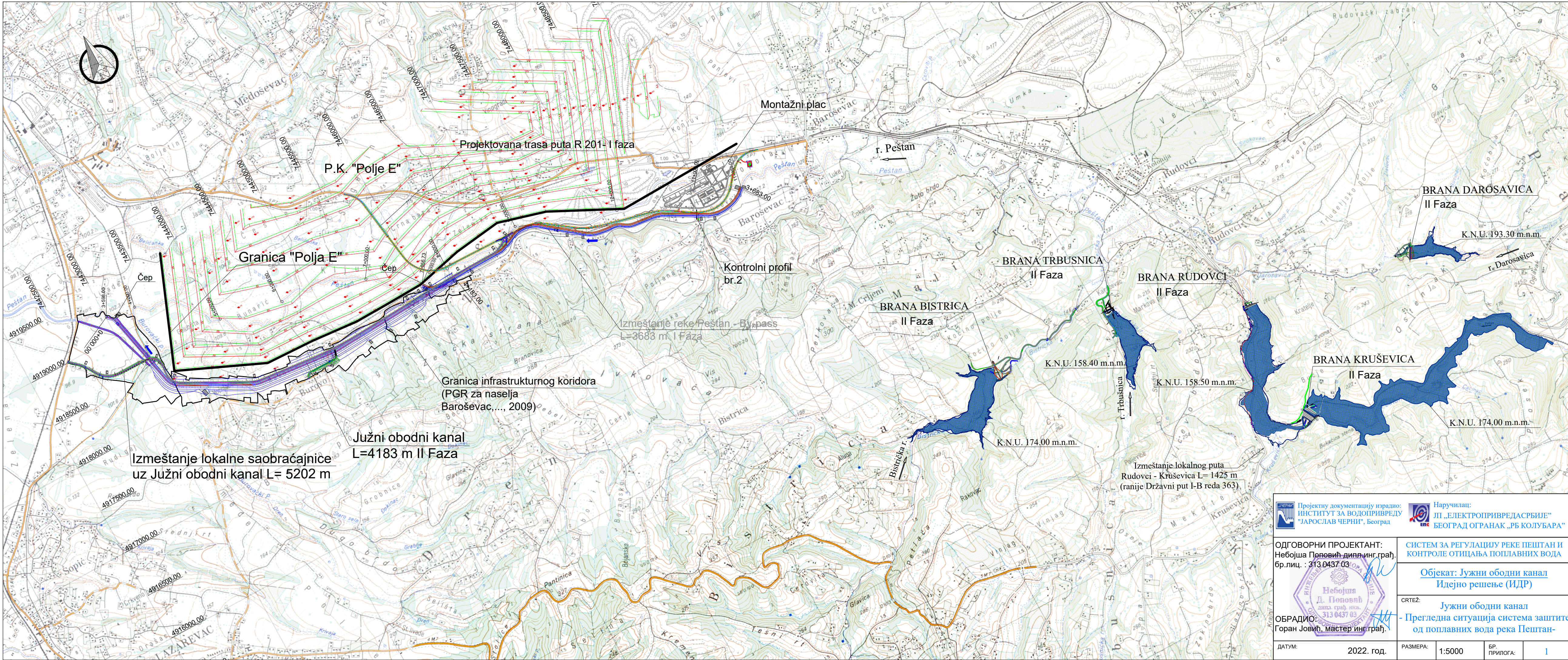
---

## 1.7.1 ГРАФИЧКИ ПРИЛОЗИ

---

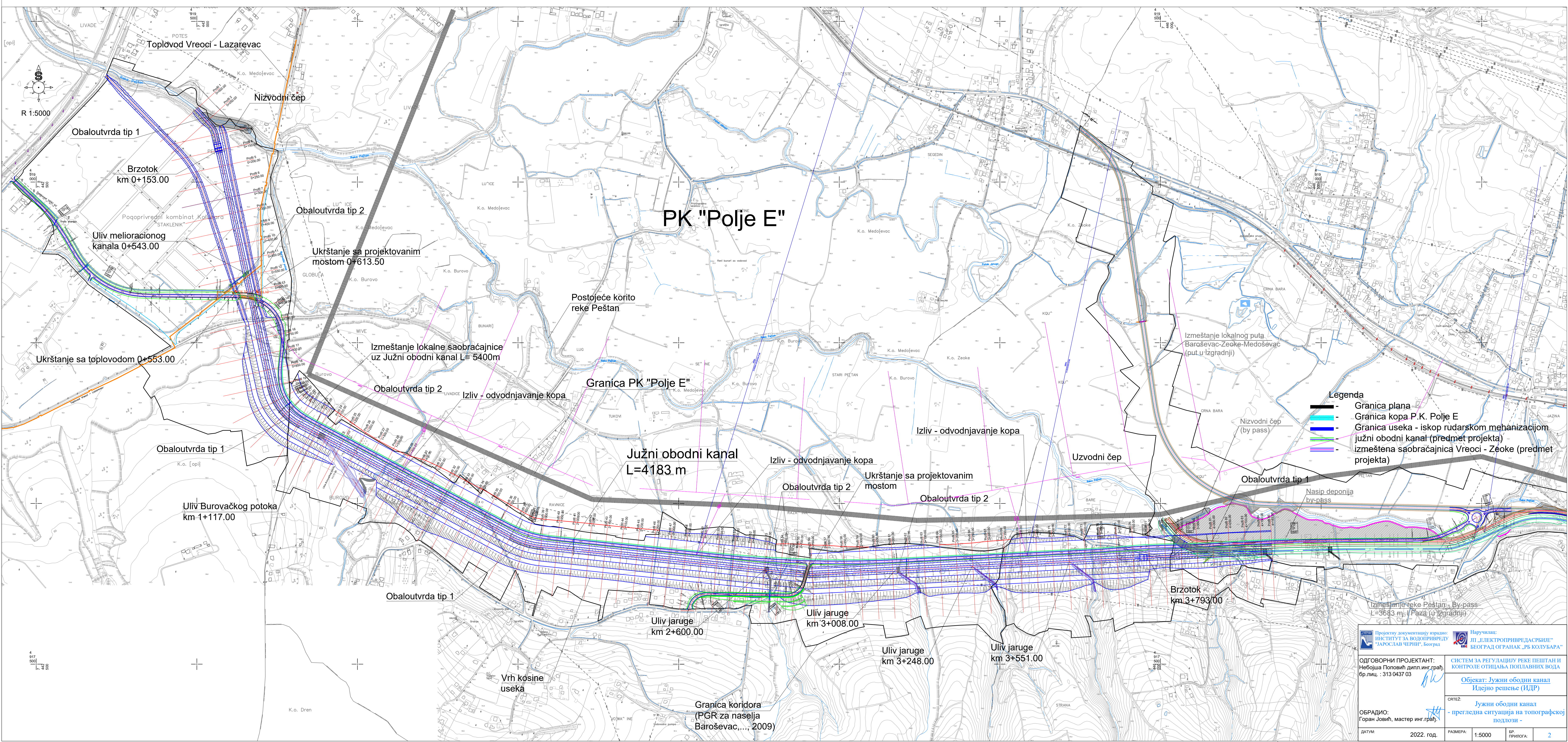
1. Општа ситуација система заштите од поплавних вода реке Пештан II фаза.....	1
2. Општа ситуација Јужни ободни канал и измештање локалног пута .....	2
3. Ситуација Јужни ободни канал на топографској подлози .....	3
4. Ситуација Јужни ободни канал на катастарској подлози.....	4
5. Подужни профил Јужног ободног канала .....	5
6. Карактеристични попречни профил канала.....	6





 <p>Проектну документацију израдио: ИНСТИТУТ ЗА ВОДОПРИВРЕДУ "ЈАРОСЛАВ ЧЕРНИ", Београд</p>		 <p>Наручилац: ЈП „ЕЛЕКТРОПРИВРЕДАСРБИЈЕ“ БЕОГРАД ОГРАНАК „РБ КОЛУБАРА“</p>	
ОДГОВОРНИ ПРОЈЕКАНТ: Небојша Поповић дипл.инг.грађ. бр.лиц. : 313 0437 03		СИСТЕМ ЗА РЕГУЛАЦИЈУ РЕКЕ ПЕШТАН И КОНТРОЛЕ ОТИЦАЊА ПОПЛАВНИХ ВОДА	
 <p>Небојша Д. Поповић дипл. грађ. инж. 313 0437 03</p>		Објекат: <u>Јужни ободни канал</u> Идејно решење (ИДР)	
		CRTEŽ: <u>Јужни ободни канал</u> - Прегледна ситуација система заштите од поплавних вода река Пештан-	
ОБРАДИО: Горан Јовић, мастер инж. грађ.	ДАТУМ: 2022. год.	РАЗМЕРА: 1:5000	БР. ПРИЛОГА: 1

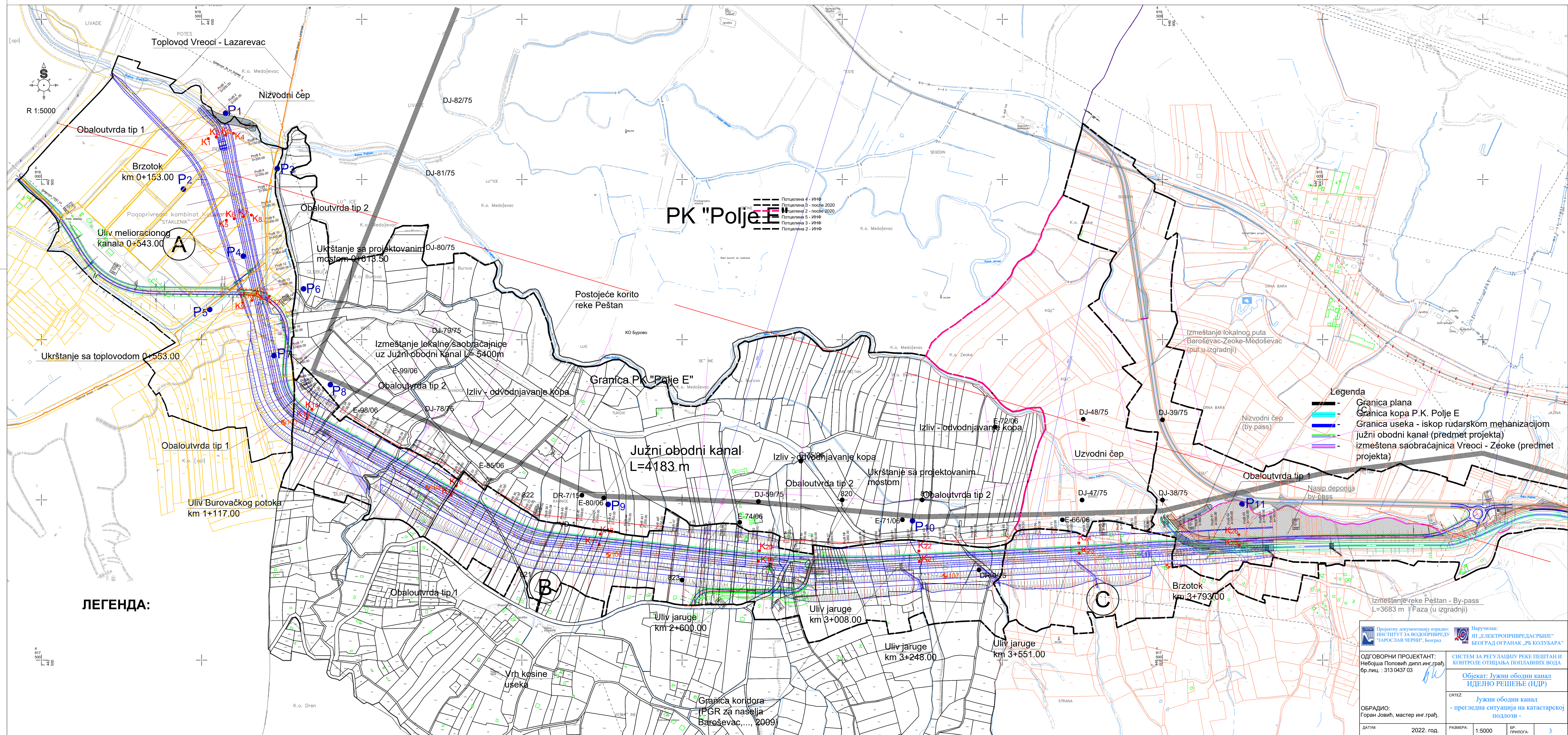




- Legenda**
- Granica plana
  - Granica kopa P.K. Polje E
  - Granica useka - iskop rudarskom mehanizacijom
  - južni obodni kanal (predmet projekta)
  - izmeštena saobraćajnica Vreoci - Zeoke (predmet projekta)

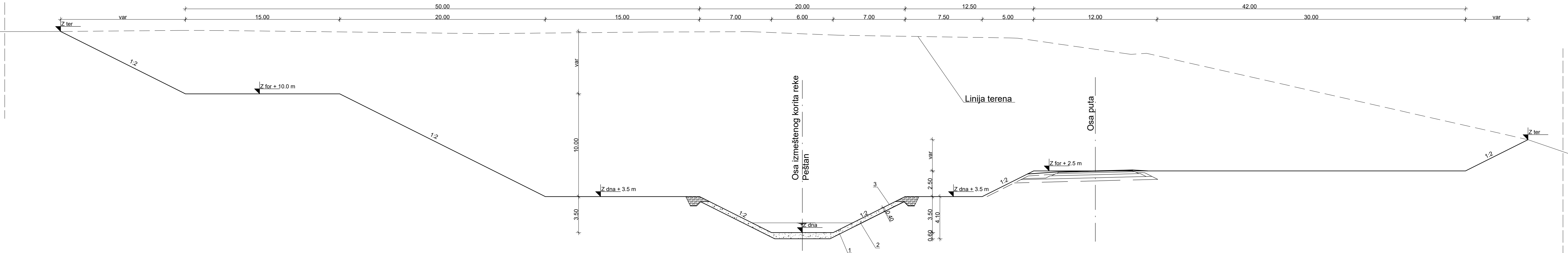
ODGOVORNI PROJEKTANT: Nebojša Popović dipl.ing. građ. br. lic. : 313 0437 03	Систем за регулацију реке Пештан и контроле отицања поплавних вода Објекат: Јужни ободни канал Идејно решење (ИДР)
ОБРАДИО: Горан Јовић, мастер инж. грађ.	CRTE2: Јужни ободни канал - прегледна ситуација на топографској подлози -
ДАТУМ: 2022. год.	РАЗМЕРА: 1:5000 БР. ТРИКОГА: 2



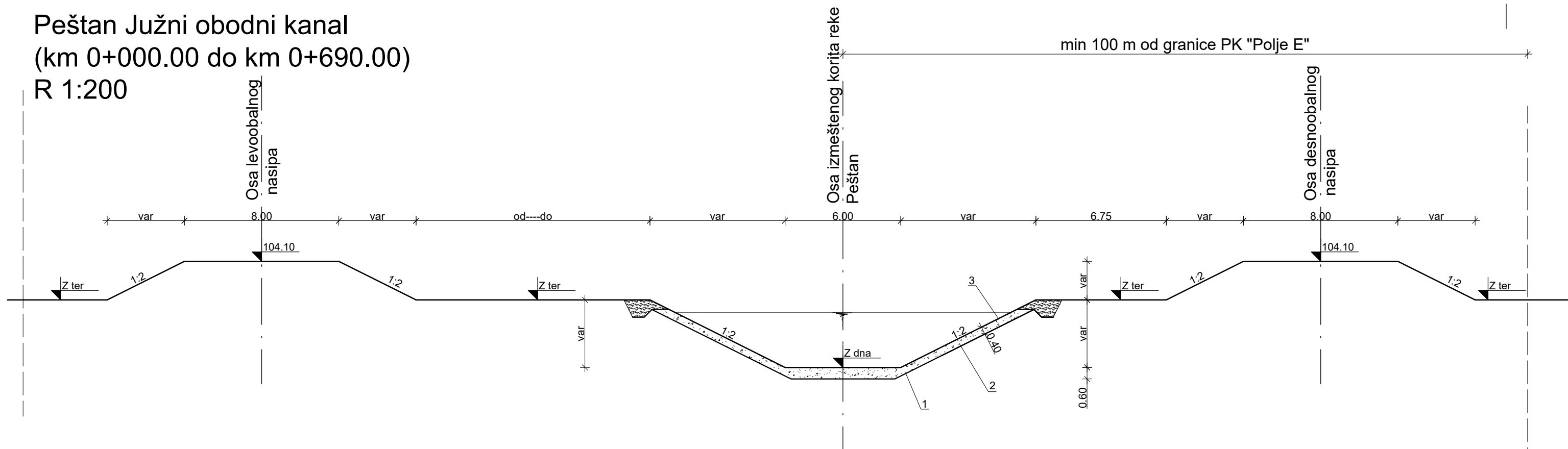




Peštan Južni obodni kanal  
(km 0+690.00 do km 4+138.00)  
R 1:200






Peštan Južni obodni kanal  
(km 0+000.00 do km 0+690.00)  
R 1:200

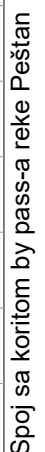


Legenda:

1. EPDM geomembrana 1.2 mm + 2x geotekstil
2. Balast-kamena drobina (tucanik)  $80 < d < 160$  mm
3. Proticajni profil



	Пројектну документацију изradio: ИНСТИТУТ ЗА ВОДОПРИВРЕДУ „ЈАРОСЛАВ ЧЕРНИ“, Београд		Наручилац: ЈП „ЕЛЕКТРОПРИВРЕДАСРБИЈЕ“ БЕОГРАД ОГРАНАК „РБ КОЛУБАРА“		
ОДГОВОРНИ ПРОЈЕКАНТАНТ: Небојша Поповић дипл.инж.грађ. бр.лиц. : 313 0437 03 		СИСТЕМ ЗА РЕГУЛАЦИЈУ РЕКЕ ПЕШТАН И КОНТРОЛЕ ОТИЦАЊА ПОПЛАВНИХ ВОДА			
		<u>Објекат: Јужни ободни канал</u> <u>Идејно решење (ИДР)</u>			
ОБРАДИО: Горан Јовић дипл.инж.грађ.		ЦРЕЏ: Карактеристични попречни профил јужног ободног канала			
		ДАТУМ:	2022. год.	РАЗМЕРА:	1:200



1 : 100/ 5000

0.16%