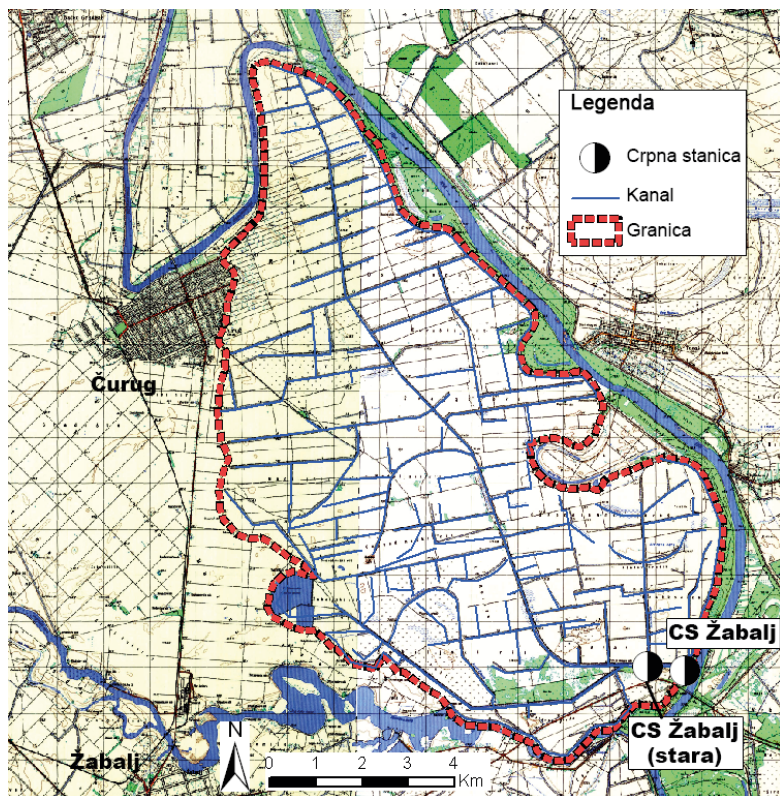


## 7. Čuruško-Žabaljski sliv

Atila Bezdan, Olivera Gavrilović, Milan Njegomir, Aniko Blažević, Duško Janković, Milica Vranešević, Boško Blagojević, Pavel Benka

### Opis lokacije

Područje Čuruškog - Žabaljskog sliva (slike 7.1 i 7.2) nalazi se u jugoistočnom delu Bačke i ograničeno je na istočnom delu rekom Tisom, sa juga i zapada kanalom Jegrička i granicom atara naselja Nadalj, a sa severa granicom atara naselja Bačko Gradište i mrtvom Tisom. Ono obuhvata pet katastarskim opština i sa hidrografskog stanovišta predstavlja jednu jedinstvenu celinu.

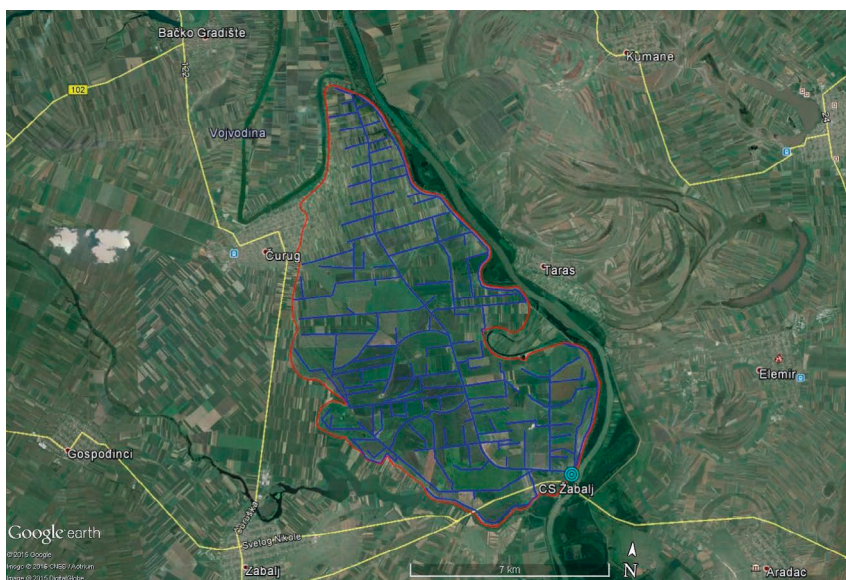


Slika 7.1. Karta Čuruško - Žabaljskog sliva

U topografskom, geološkom i hidrogeološkom pogledu područje je podeljeno na dva karakteristična dela i to:

- Zapadni deo područja površine 11.236 ha čini lesna terasa na prosečnoj nadmorskoj visini 81,00 sa nivoom podzemne vode u amplitudi 76,00 – 77,00.
- Istočni deo područja površine 9500 ha čini Čuruško – Žabaljski rit na prosečnoj nadmorskoj visini 74,00 zaštićen od velikih voda reke Tise odbrambenim nasipom.

Zemljište lesne terase je černoziem na lesnoj podlozi, a zemljište rita koje je nekad bilo poplavno područje reke Tise formirano je od rečnog naplavljenog materijala, najčešće glina i ilovača dok su dublji slojevi od sitnog peska mestimično prošaranog sočivima i proslojcima slabije propustljivog materijala.



Slika 7.2. Satelitski snimak (Googl Earth) Čuruško – Žabaljskog sliva

U visinskom pogledu područje obuhvata dve karakteristične terase. Prva terasa je "niska" čije se kote terena kreću od 73,00 – 75,00 m i obuhvataju istočni deo Čuruško – Žabaljskog područja neposredno uz reku Tisu. Druga terasa "visoka" obuhvata zapadni deo područja čije se kote terena kreću u granicama od 79,00 – 83,00 m apsolutne visine.

Na znatnoj površini rita nivo podzemne vode je visok, a u proleće velike površine zemljišta su duže vreme prekrivene stajaćom vodom. Loš hemijski sastav podzemne vode dovodi zemljište u proces degradacije i gubitka proizvodnog potencijala. Nepovoljan topografski smeštaj sliva čije se vodopropusno zemljište puni tuđom podzemnom vodom i to: za visoke lesne terase i iz Jegričke stalno, a iz Tise i mrtve Tise povremeno, dovodi do prekomernog vlaženja aktivnog sloja odozdo. Za potrebe Čuruškog – Žabaljskog sliva postavlja se pitanje odvođenja površinskih voda koje se

u proleće i posle jačih pljuskova skupljaju u depresijama i ometaju poljoprivrednu proizvodnju.

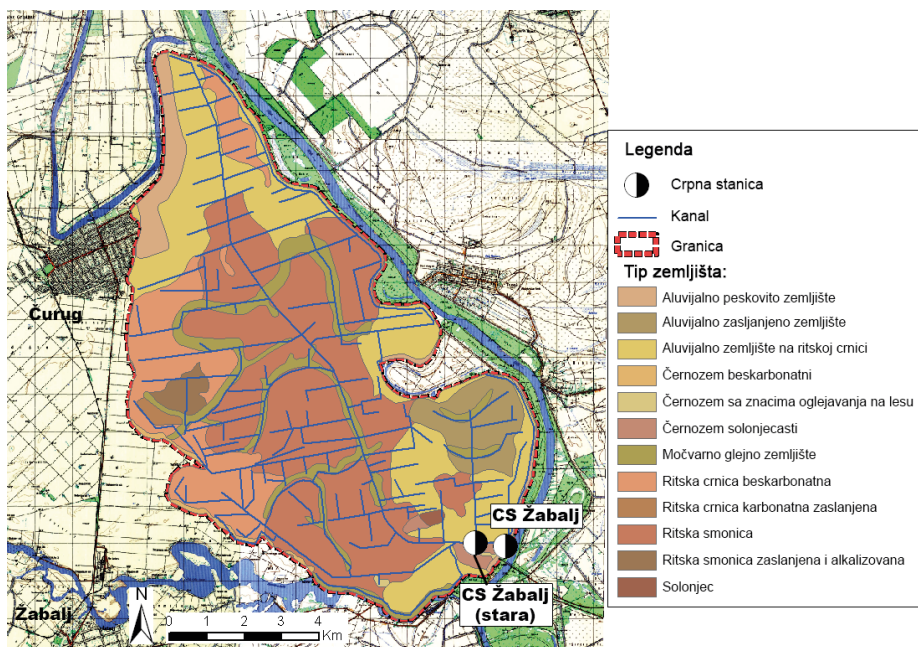
## Geomorfološke i geološke karakteristike područja

Geomorfološki kao i cela Bačka i ovo područje je deo panonske nizije, koje je spušteno između Karpata, Alpa i Dinarskih planina. Današnji oblici u panonskoj niziji pa i na ovom području su rezultati rada unutrašnjih i spoljnih sila koje su na ovom području delovale i koje su jasno visinski izražene. Naime niži deo ovog sliva je inundaciona ravan, Tise, a viši deo je lesna terasa prekrivena lesom i lesolikim materijalom.

Na osnovu ovakvih visinskih odnosa imamo mogućnost, da teritoriju ovoga sliva podelimo na dve oblasti, koje se među sobom razlikuju ne samo po visinskom položaju nego i po morfološkim oblicima, sastavu i načinu postanka. Prema ovim odlikama ovo područje možemo podeliti na dve morfološke celine. Lesnu terasu i inundacionu aluvijalnu ravan.

## Pedološke karakteristike područja

Prilikom kartiranja na ovom području je utvrđeno 12 tipova, podtipova i varijeteta zemljišta prikazano na slici 7.3 (Pantelić, 1966).



Slika 7.3. Pedološka karta Čuruško - Žabaljskog sliva

Prema pedološkim podacima da se zaključiti da je ovo područje neophodno dobro odvodnjavati, a tek onda potom pristupiti drugim agro-merama za podizanje potencijala moći istoga.

## Osnovne karakteristike sistema za odvodnjavanje prema projektu iz 1966. godine

Glavnim projektom iz 1966. godine Čuruško – Žabaljsko područje je podeljeno u tri podsistema od čega se rit odvodnjava jednom crpnom stanicom kapaciteta 9,50 m<sup>3</sup>/s, a ostala dva podsistema su gravitacioni slivovi i odvodnjavaju se u "Mrtvu Tisu" i regulisani kanal Jegričku (Pantelić, 1966).

Kod određivanja potrebnih proticaja na pojedinim delovima kanalske mreže, odnosno kod dimenzionisanja pojedinih kanala i njihovih deonica i objekta korišćeni su utvrđeni moduli odvodnjavanja određeni i dokumentovani u odobrenom Idejnom projektu odvodnjavanja Čuruško – Žabaljskog sliva, s tim da je modul odvodnjavanja za rit zaokružen sa 0,90 l/s/ha na 1,00 l/s/ha.

Prema tome za odvođenje zimskih ili dugotrajnih padavina kad je angažovano celo slivno područje usvojeni moduli odvodnjavanja su:

Za rit:  $q_r = 1,0 \text{ l/s/ha}$

Za terasu:  $q_t = 0,5 \text{ l/s/ha}$

Navedeni moduli odvodnjavanja odgovaraju evakuaciji zimskih voda u roku od 15 dana za 10 godišnje maksimalne padavine.

Odvodnu kanalsku mrežu predstavljaju otvoreni neobloženi kanali trapeznog poprečnog profila dimenzije prema hidrauličkom računu uz sledeće karakteristike:

- minimalna širina dna 0,50 m,
- minimalna dubina radnog nivoa vode ispod terena u depresijama 0,50 m,
- minimalna dubina kanala 1,00 m,
- nagib kosina kanala za dubinu od 1 do 2 m je 1:1,25 a za dubine od 2 do 3 m 1:1,50.

## Koeficijent oticaja i hidromodul odvodnjavanja

U glavnom projektu odvodnjavanja Čuruško-Žabaljskog sliva iz 1966. godine, u svrhu određivanja koeficijenta oticaja i hidromodula odvodnjavanja, korišćene su formule autora Nemeta i Turazza. Ova metoda se ne pojavljuje u savremenoj literaturi, ali je činjenica da je ona svojevremeno korišćena prilikom analize slivova i projektovanja sistema za odvodnjavanje na području Vojvodine i Mađarske. U nastavku je predstavljen niz relacija koje su korišćene prilikom analize Čuruško-Žabaljskog sliva (Pantelić, 1966).

Polazna jednačina za proračun srednjeg hidromodula odvodnjavanja glasi:

$$q_s = 0,1157 \cdot \frac{\alpha \cdot h}{t + \tau}$$

Gde su:  $q_s$  – srednji hidromodul odvodnjavanja ( $l\ s^{-1}\ ha^{-1}$ ),  $\alpha$  – koeficijent oticaja,  $h$  – merodavna visina padavina (mm),  $t$  – trajanje merodavne kiše (dani),  $\tau$  - vreme doticaja kišne kapi sa najudaljenije tačke sliva do recipijenta (dani).

Množenjem prethodne jednačine sa koeficijentom koji predstavlja odnos maksimalnog i srednjeg proticaja, i koji za Mađarske uslove iznosi 1,7 (primenjivo i za teritoriju Vojvodine), dobija se maksimalni jedinični hidromodul odvodnjavanja  $q_{max}$  ( $l\ s^{-1}\ ha^{-1}$ ):

$$q_{max} = 0,1157 \cdot \frac{\alpha \cdot h}{t + \tau} \cdot 1,7$$

Koeficijent oticaja igra važnu ulogu u određivanju hidromodula odvodnjavanja. Njegovo određivanje zahteva poznavanje faktora, kao što su: propustljivost, nagib i način obrade zemljišta, kao i vrstu zemljišnog pokrivača. U glavnom projektu sistema za odvodnjavanje Čurug-Žabalj (Pantelić, 1966) se navodi da je funkcionalna promena koeficijenta oticaja po mesecima u funkciji:

- (1) pada terena ( $\alpha_1$ );
- (2) propustljivosti zemljišta ( $\alpha_2$ );
- (3) obraslosti zemljišta ( $\alpha_3$ ).

Za određivanje ovih parcijalnih koeficijenata oticaja, daju se vrednosti u Tabelama 7.1, 7.2 i 7.3, gde se za određeni sliv, definisan nagibom, propustljivošću i obraslošću terena nalaze odgovarajuće vrednosti. Koeficijent oticaja jednak je zbiru tri faktora:

$$\alpha = \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3$$

Tabela 7.1. *Parcijalni koeficijent oticaja u funkciji pada terena ( $\alpha_1$ )*

| Nagib terena | Koeficijent $\alpha_1$ |
|--------------|------------------------|
| >35 %        | 0,22 – 0,25 – 0,30     |
| 11 – 35 %    | 0,12 – 0,18 – 0,20     |
| 3,5 – 11 %   | 0,06 – 0,08 – 0,10     |
| <3,5 %       | 0,01 – 0,03 – 0,05     |



Tabela 7.2. *Parcijalni koeficijent oticaja u funkciji propustljivosti zemljišta ( $\alpha_2$ )*

| Propustljivost zemljišta   | Koeficijent $\alpha_2$ |
|----------------------------|------------------------|
| Vrlo nepropusno zemljište  | 0,22 – 0,26 – 0,30     |
| Srednje propusno zemljište | 0,12 – 0,16 – 0,20     |
| Propusno zemljište         | 0,06 – 0,08 – 0,10     |
| Vrlo propusno zemljište    | 0,03 – 0,04 – 0,05     |

Tabela 7.3. *Parcijalni koeficijent oticaja u funkciji obraslosti zemljišta ( $\alpha_3$ )*

| Obraslost zemljišta                            | Koeficijent $\alpha_3$ |
|--|------------------------|
| Za neobraslo zemljište                         | 0,22 – 0,26 – 0,30     |
| Za rit i pašnjake                              | 0,17 – 0,21 – 0,25     |
| Za kultivisano zemljište                       | 0,07 – 0,11 – 0,15     |
| Za šume i zemljišta labave strukture (peskovi) | 0,03 – 0,04 – 0,05     |

U svrhu određivanja parcijalnog koeficijenta  $\alpha_2$ , korišćena je Pedološka karta zemljišta Vojvodine (Živković et al., 1972). Koeficijent  $\alpha_2$  dobijen je na osnovu procentualne zastupljenosti različitih tipova zemljišta na ovom području i njihovih drenažnih karakteristika. U radu je, prema Miljkoviću (2005), izvršena podela zemljišta na drenažne klase, na osnovu prosečnih graničnih vrednosti njihovih vodnih konstanti i glavnih hemiskih parametara. Tako su zemljišta podeljena na pet drenažnih klasa, sledećih karakteristika:

- (1) I drenažna klasa – zemljišta koja su prirodno vrlo slabo drenirana, te su njihove površine visokog stepena ugroženosti od suvišnih voda;
- (2) II drenažna klasa – zemljišta koja su prirodno slabo drenirana, te su njihove površine srednjeg stepena ugroženosti od suvišnih voda;
- (3) III drenažna klasa – zemljišta koja su prirodno nedovoljno drenirana, te su njihove površine umerenog stepena ugroženosti od suvišnih voda;
- (4) IV drenažna klasa – teksturno lakša zemljišta, koja su prirodno umereno drenirana, te su njihove površine niskog stepena ugroženosti od suvišnih voda;
- (5) V drenažna klasa – teksturno laka zemljišta, koja su prirodno dobro drenirana, te njihove površine nisu ugrožene od suvišnih voda i ne zahtevaju odvodnjavanje.

Vrednost koeficijenta  $\alpha_3$  dobijena je analizom karte zemljišnog pokrivača CORINE Land Cover 2012 (EEA, 2012). Ova karta sadrži bazu sa podacima o korišćenju zemljišta i pripadajućim površinama. Podaci o zemljišnom pokrivaču, mogu se dobiti na osnovu koda iz baze podataka i korišćenjem CORINE nomenklature (Nestorov i

Protić, 2006). Analiza ovih prostornih podataka i izrada karata područja, izvršena je korišćenjem GIS alata.

Bilo da se radi o pojedinačnoj lokaciji ili širem području, određivanje visine efektivnih padavina, koje se koriste prilikom predviđanja poplavnih talasa, posebno u determinističkim metodama, mora biti zasnovano na trajanju padavina visokog intenziteta (olujne padavine) ili vremenu koncentracije sliva (Gericke and Plessis, 2011). Vreme koncentracije sliva ( $\tau$ ) je ključni vremenski parametar odziva sliva, potreban za predviđanje maksimalnih zapremina oticaja (Perdikaris et al., 2018). Vreme koncentracije sliva ( $\tau$ ) predstavlja vreme doticaja kišne kapi od najudaljenije tačke sliva do njegovog recipijenta, i ono je u Projektu (Pantelić, 1966) određeno jednačinom Venturija, gde je izraženo u funkciji površine sliva:

$$\tau = 0,315 \cdot \sqrt{F}$$

Gde je  $F$  – površina sliva u  $\text{km}^2$ .

Merodavna visina padavina, dobijena je korišćenjem klimatske funkcije Montanarija, koja se izvodi za svako analizirano područje posebno, i glasi:

$$h = a \cdot t^n$$

Gde su:  $h$  – merodavna visina padavina (mm),  $a$  i  $n$  - konstante koje zavise od hidroloških svojstava analiziranog područja, dok  $t$  predstavlja trajanje padavina (dani).

Rajić i Josimov-Dundžerski (2009) navode da za područje Vojvodine važe vrednosti koeficijenta  $a=64$  (što predstavlja prosečnu jednodnevnu maksimalnu visinu padavina za područje Vojvodine) i  $n=0,415$ , tada Montanarijeva funkcija dobija oblik:

$$h = 64 \cdot t^{0,415}$$

Na osnovu funkcije Montanarija i vremena koncentracije sliva ( $\tau$ ), formula za vreme trajanja merodavne kiše:

$$t = \frac{n}{1-n} \cdot \tau$$

U projektu (Pantelić, 1966), trajanje merodavne kiše je usvojeno na osnovu analize dijagrama padavina u vremenu  $t$  i doticaja kišne kapi u vremenu  $\tau$ . Za jedan određeni sliv karakteristična su tri slučaja:

- (1) Vreme trajanja kiše jednako je vremenu doticaja ( $t=\tau$ );
- (2) Vreme trajanja kiše je veće od vremena doticaja ( $t>\tau$ );
- (3) Vreme trajanja kiše je manje od vremena doticaja ( $t<\tau$ ).

Dalje se navodi da se maksimalni jedinični proticaj javlja u slučaju kada je trajanje merodavne kiše veće ili jednako od vremena doticaja kišne kapi sa najudaljenije tačke sliva, odnosno  $t \geq \tau$ . U projektu je nakon analize višednevnih uzastopnih padavina vegetacionog perioda, usvojeno da trajanje merodavne kiše bude  $t=3$  dana. Ovu vrednost merodavne kiše su projektanti koristili prilikom daljeg proračuna hidromodula odvodnjavanja.

Određivanje koeficijenta oticaja i modula odvodnjavanja, korišćenjem empirijskih formula autora Nemeta i Turazza, izvršeno je na osnovu analize aktuelnih uslova koji vladaju na slivu. Najzahtevniji deo metode predstavlja što preciznije određivanje parcijalnih koeficijenata oticaja, koji su dati u funkciji pada terena ( $\alpha_1$ ), propustljivosti zemljišta ( $\alpha_2$ ) i obraslosti zemljišta ( $\alpha_3$ ).

Analizom projektne dokumentacije, na osnovu podužnih profila Glavnog kanala, koji sve vode sa analiziranog sliva vodi do crpne stanice „Žabalj”, određen je srednji pad kanala, koji iznosi 0,011%. Na osnovu ove vrednosti i činjenice da je u pitanju izrazito ravničarsko područje, za koeficijent u funkciji pada terena, usvojena je minimalna vrednost iz Tabele 1,  $\alpha_1=0,01$ .

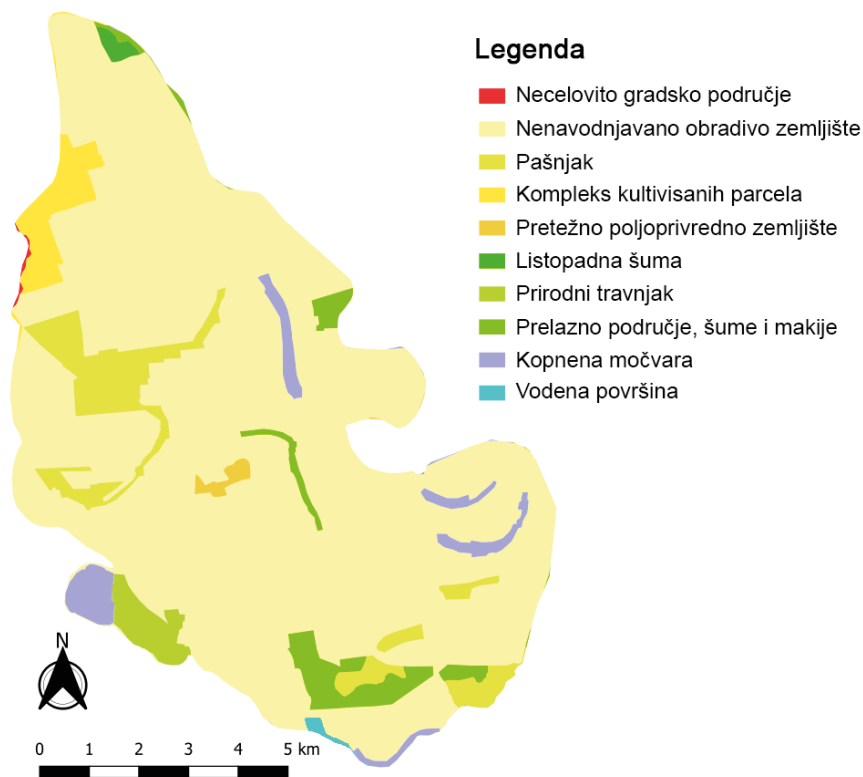
Parcijalni koeficijent u funkciji propustljivosti zemljišta ( $\alpha_2$ ), dobijen je na osnovu tipova zemljišta zastupljenih na ovom području i njihovih drenažnih karakteristika. Određivanje kompleksne vrednosti koeficijenta  $\alpha_2$ , predstavljeno je u Tabeli 7.4. Na osnovu procentualnog učešća različitih tipova zemljišta i dodeljivanih vrednosti iz Tabele 2, dobijena je vrednost koeficijenta u funkciji propustljivosti zemljišta koja važi za ceo sliv i iznosi  $\alpha_2=0,22$ .

Tabela 7.4. Proračun parcijalnog koeficijenta u funkciji propustljivosti zemljišta ( $\alpha_2$ )

| Tip zemljišta                                    | Udeo (%)   | Drenažna klasa | $\alpha_2$ | Kompleksna vrednost koeficijenta $\alpha_2$ |
|--|------------|----------------|------------|---|
| Aluvijalno zemljište na ritskoj crnici           | 25,45      | II             | 0,16       | 0,04072                                     |
| Aluvijalno peskovito zemljište                   | 3,74       | III            | 0,08       | 0,00299                                     |
| Aluvijalno zaslanjeno zemljište                  | 4,98       | II             | 0,16       | 0,00797                                     |
| Ritska crnica karbonatna zaslanjena              | 0,46       | I              | 0,26       | 0,00119                                     |
| Ritska smonica                                   | 38,92      | I              | 0,26       | 0,10119                                     |
| Ritska smonica zaslanjena i alkalizovana         | 1,30       | I              | 0,26       | 0,00339                                     |
| Livadaska crnica karbonatna na lesnoj terasi     | 0,01       | IV             | 0,04       | 0,00000                                     |
| Ritska crnica beskarbonatna                      | 13,73      | I              | 0,26       | 0,03569                                     |
| Černozem solonjecasti                            | 0,85       | III            | 0,08       | 0,00068                                     |
| Solonjec   | 0,22       | I              | 0,26       | 0,00058                                     |
| Černozem beskarbonatni                           | 0,72       | IV             | 0,04       | 0,00029                                     |
| Černozem sa znacima oglejavanja u lesu           | 0,22       | IV             | 0,04       | 0,00009                                     |
| Močvarno glejno zemljište                        | 9,38       | I              | 0,26       | 0,02439                                     |
| Solončak   | 0,01       | I              | 0,26       | 0,00003                                     |
| Černozem karbonatni (micelarni) na lesnoj terasi | 0,02       | V              | 0,05       | 0,00001                                     |
| <b><math>\Sigma=</math></b>                      | <b>100</b> |                |            | <b>0,21921</b>                              |



Parcijalni koeficijent u funkciji obraslosti zemljišta ( $\alpha_3$ ), dobijen je analizom CORINE Land Cover 2012 baze podataka, koja sadrži informacije o nameni i karakteristikama zemljišnog pokrivača. Zastupljenost površina različite namene i vrste zemljišnog pokrivača predstavljena je na Slici 7.4.



Slika 7.4. Karta CORINE Land Cover 2012 - namena i karakteristike zemljišnog pokrivača Čuruško Žabaljskog sliva

Analiza podataka o nameni i karakteristikama zemljišnog pokrivača pokazuje da je na području podsistema Žabalj najzastupljenije nenavodnjavano obradivo zemljište sa udelom od preko 85%. Zastupljenost ostalih tipova površina i određivanje kompleksne vrednosti koeficijenta  $\alpha_3$  prikazano je u Tabeli 5. Usvojena vrednost koeficijenta u funkciji obraslosti zemljišta, koja važi za ceo sliv iznosi  $\alpha_3=0,11$ . Ukupni koeficijent oticaja analiziranog područja, koji iznosi  $\alpha=0,34$ . Ova vrednost koeficijenta oticaja je manja u odnosu na onu usvojenu projektom iz 1966. godine, koja je za tadašnje uslove iznosila  $\alpha=0,43$ .

Tabela 7.5. Proračun parcijalnog koeficijenta u funkciji obraslosti zemljišta ( $\alpha_3$ )

| Opis površine   | Udeo (%)   | $\alpha_3$ | Kompleksna vrednost koeficijenta $\alpha_3$ |
|---|------------|------------|---|
| Necelovito gradsko područje   | 0,09       | 0,30       | 0,00026                                     |
| Nenavodnjavano obradivo zemljište   | 85,26      | 0,11       | 0,09379                                     |
| Pašnjak   | 5,50       | 0,21       | 0,01154                                     |
| Kompleks kultivisanih parcela   | 0,11       | 0,11       | 0,00013                                     |
| Pretežno poljoprivredno zemljište sa većim područjima prirodne vegetacije | 0,41       | 0,11       | 0,00046                                     |
| Listopadna šuma   | 0,66       | 0,04       | 0,00026                                     |
| Prirodni travnjak   | 1,54       | 0,21       | 0,00323                                     |
| Prelazno područje, šume i makije  | 3,36       | 0,04       | 0,00134                                     |
| Kopnena močvara   | 2,78       | 0          | 0   |
| Vodena površina   | 0,28       | 0          | 0   |
| <b><math>\Sigma=</math></b>   | <b>100</b> |            | <b>0,11102</b>                              |

Izračunato je vreme koncentracije sliva ( $\tau$ ) koje iznosi 3,06 dana.

Sledeći pretpostavku da se maksimalni jedinični proticaj javlja u slučaju kada je trajanje merodavne kiše veće ili jednako od vremena koncentracije sliva, odnosno  $t \geq \tau$ , u daljem proračunu je usvojeno da je  $t = \tau$ , odnosno  $t = 3,06$  dana.

Na osnovu funkcije Montanarija, i koeficijenata koji važe za područje Vojvodine, izračunata je merodavna visina padavina, koja iznosi  $h = 101$  mm. Zatim, izračunat je i hidromodul odvodnjavanja, koji oslikava aktuelno stanje na slivu:

$$q_{\max} = 0,1157 \cdot \frac{0,34 \cdot 101}{3,06 + 3,06} \cdot 1,7 = 1,1 \text{ l s}^{-1} \text{ ha}^{-1}$$

Uporedni prikaz dobijenih novih vrednosti sa vrednostima usvojenim u projektu odvodnjavanja Čuruško-Žabaljskog sliva (Pantelić, 1966) prikazan je u Tabeli 7.6. Dobijeni rezultati pokazuju da je hidromodul odvodnjavanja od  $q_{\max} = 1,1 \text{ l s}^{-1} \text{ ha}^{-1}$ , koji predstavlja aktuelno stanje na slivu, veoma blizak modulu usvojenom u projektu, koji je iznosio  $q_{\max} = 1,0 \text{ l s}^{-1} \text{ ha}^{-1}$ .

Tabela 7.6. *Uporedni prikaz vrednosti iz projekta i dobijenih novih vrednosti*

| Parametar | Vrednosti iz projekta (Pantelić, 1966) | Nove vrednosti | Jedinica           |
|-----------|--|----------------|--------------------|
| $a_1$     | 0,01                                   | 0,01           | -                  |
| $a_2$     | 0,25                                   | 0,22           | -                  |
| $a_3$     | 0,17                                   | 0,11           | -                  |
| $a$       | 0,43                                   | 0,34           | -                  |
| $t$       | 3                                      | 3,06           | dani               |
| $\tau$    | 3,06                                   | 3,06           | dani               |
| $h$       | 71,6                                   | 101            | mm                 |
| $q_{max}$ | 1,0                                    | 1,1            | $l s^{-1} ha^{-1}$ |

Dobijeni rezultati pokazuju da je hidromodul odvodnjavanja, koji oslikava aktuelno stanje na slivu veoma blizak onome usvojenom u projektu. U takvoj situaciji, brojke govore da sistem svojim kapacitetom zadovoljava i u sadašnjim uslovima na slivu. Rešenje problema viškova vode, koji ostaju na slivu i posle predviđenih rokova za evakuaciju, treba tražiti u redovnom održavanju melioracionih kanala i primeni dodatnih meliorativnih mera. Kako je na zemljištima „težeg“ mehaničkog sastava otežano proceđivanje vode, u takvim situacijama treba razmotriti primenu horizontalne cevne drenaže ili biodrenaže (Vranešević et al., 2017). Uzimajući u obzir kompleksnost odvodnjavanja ČuruškoŽabaljskog sliva, uz postojeću infrastrukturu i sprovođenje mera u cilju unapređenja stanja sliva u meliorativnom smislu, može se očekivati maksimalna iskorišćenost poljoprivrednog potencijala ovog područja.

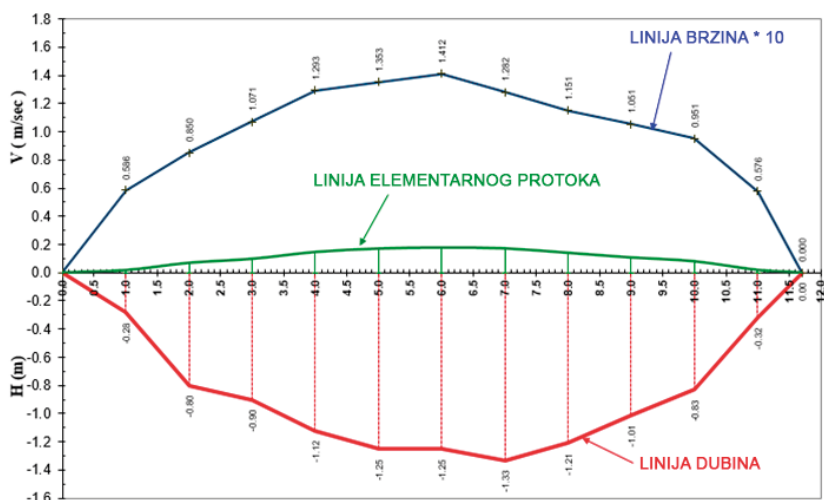
## **Hidrometrijska merenja i hidrauličko modeliranje**

U cilju ispitivanja uslova rada sistema za odvodnjavanje u maju mesecu 2019. godine izvršeno je hidrometrijsko snimanje kanala na tri profila, na stacionažama km 1+550, 3+700 i 6+100 km (Slika 7.5)

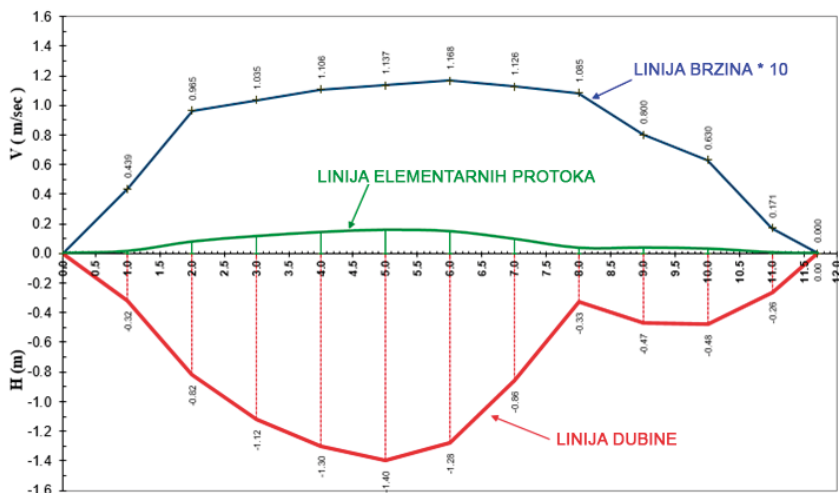


Slika 7.5. Lokacija mernih profila hidrometrijskih merenja

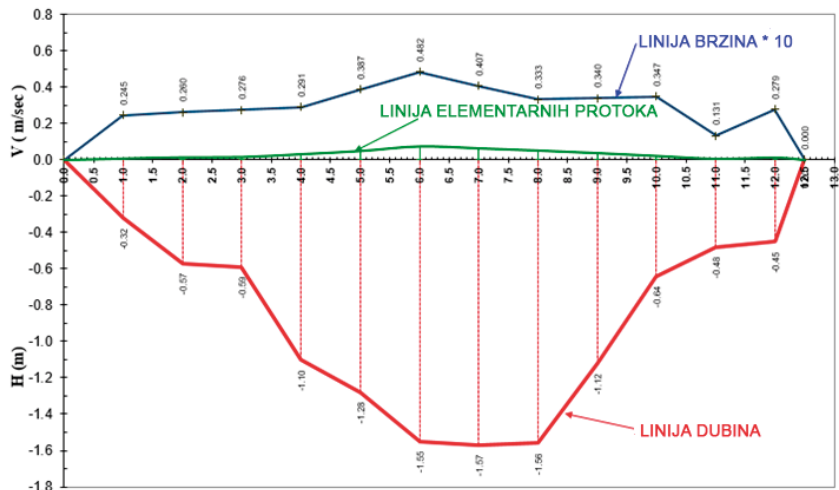
Snimanje profilskih brzina je vršeno standardnom hidrometrijskom metodom koristeći uređaj OTT Nautilus C2000. Ovaj savremeni hidrometrijski pribor, kod koga se merenje proticaja vrši elektromagnetnim poljem, prilagođen je prisutnim uslovima „vrlo sporog“ tečenja vode brzinama 0,00-2,50 m/s i najmanjoj dubini vode od 3 cm. Hidrauličke karakteristike glavnog Čuruško-Žabaljskog kanala dobijene su metodom brzina-površina. Rezultati su prikazani na slikama 7.6-7.8 i tabeli 7.7 i 7.8.



Slika 7.6. Grafički prikaz rezultata hidrometrijskih merenja, stacionaža 1+550 Km



Slika 7.7. Grafički prikaz rezultata hidrometrijskih merenja, stacionaža 3+700 Km



Slika 7.8. Grafički prikaz rezultata hidrometrijskih merenja, stacionaža 6+100 Km

Tabela 7.7. Rezultati hidrometrijskih merenja i poređenje sa projektovanim vrednostima

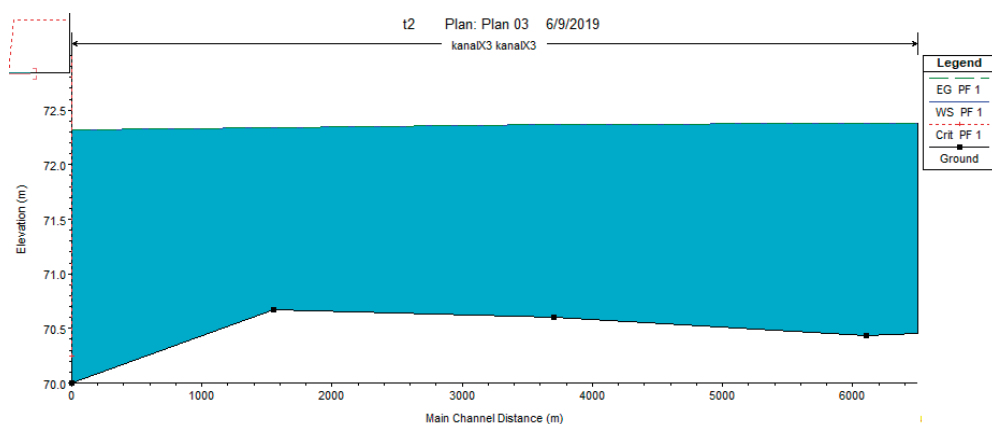
| Stacionaža (km) | Protok (m <sup>3</sup> /s) |          | Brzina (m/s) |          |
|-----------------|----------------------------|----------|--------------|----------|
|                 | projektovano               | izmereno | projektovano | izmereno |
| 1+550           | 7,3                        | 1,18     | 0,35         | 0,12     |
| 3+700           | 7,05                       | 0,87     | 0,35         | 0,10     |
| 6+100           | 6,17                       | 0,39     | 0,34         | 0,04     |

Tabela 7.8. Hidraulički elementi kanala na posmatranim profilima

| Stacionaža (km) | Živi presek (m <sup>2</sup> ) |          | Okvašeni obim (m) |          | Hidraulički radijus (m) |          |
|-----------------|-------------------------------|----------|-------------------|----------|-------------------------|----------|
|                 | projektovano                  | izmereno | projektovano      | izmereno | projektovano            | izmereno |
| 1+550           | 21,03                         | 14,23    | 16,51             | 12,89    | 1,27                    | 1,10     |
| 3+700           | 20,33                         | 12,93    | 16,11             | 13,05    | 1,26                    | 0,99     |
| 6+100           | 18,08                         | 15,87    | 14,88             | 13,98    | 1,22                    | 1,14     |

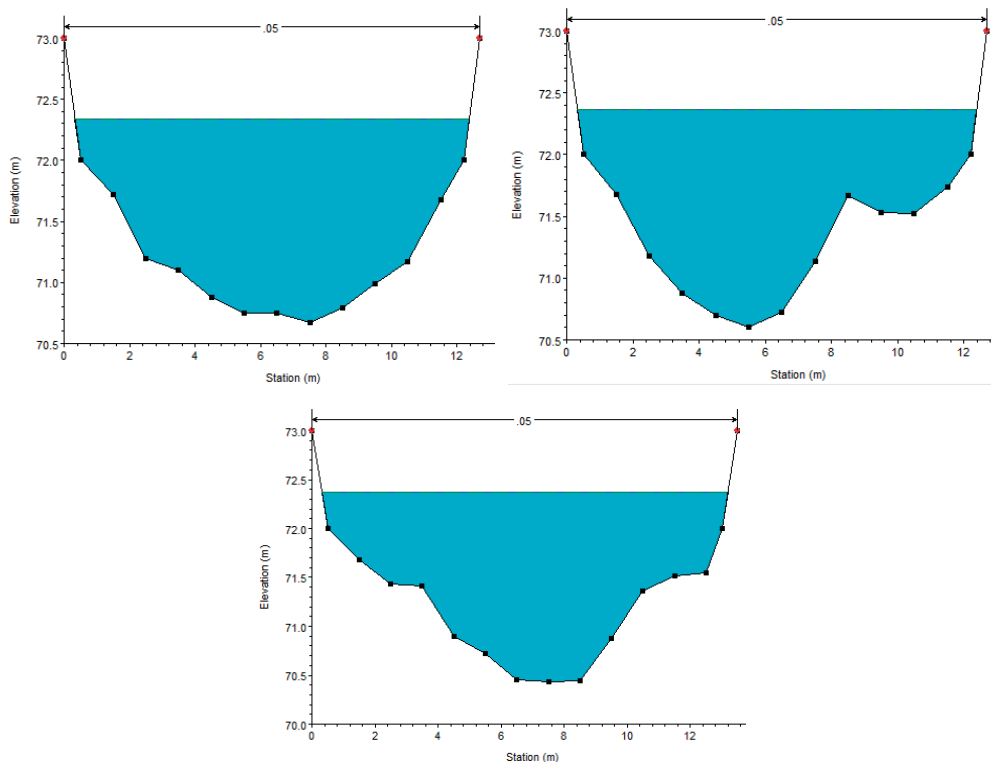
Rezultati hidrometrijskih merenja, koji su izvršeni na tri odabra profila glavnog kanala, ukazuju da su registrovane prosečne profilske brzine, kao i proticaji znatno ispod projektovanih vrednosti. Dobijeni rezultati ukazuju da se uzvodne deonice glavnog kanal koriste nešto slabijim intenzitetom od onih bliže pumpi. Takođe, geometrijske karakteristike kanala na posmatranim profilima, izraženi preko hidrauličkih elemenata ukazuju da je došlo do promena u geometrijskom obliku kanala u odnosu na projektovano stanje.

Na osnovu hidrometrijskih merenja kreiran je hidraulički model u programskom paketu HEC-RAS. Hidrauličkim proračunom utvrđeno je da su vrednosti hidrauličkih otpora tečenju u kanala, izraženi preko Manning-ovog koeficijenta hrapavosti  $n$ , više u odnosu na projektovano stanje. Izmerene vrednosti u proseku iznose  $n = 0,05$  a projektovana vrednost iznosi 0,026. Rezultati, odnosno prikaz linije vodenog ogleдалa u glavnom kanalu su ilustrovani na slikama 7.9 i 7.10.



Slika 7.9. Podužni profili glavnog kanala od stacionaža 0+000 do 6+100 Km





Slika 7.10. Poprečni profile glavnog kanala na stacionažama 1+550, 3+700 i 6+100 Km

Rezultati ukazuju da je došlo do pogoršanja uslova tečenja vode u glavnom kanalu sistema za odvodnjavanje. Ovi rezultati su logični jer tokom eksploatacije sistema dolazi do taloženja mulja usled erozionih procesa i konstantnog bujanja akvatične vegetacije. Dosadašnja praksa na sistemima za odvodnjavanje je pokazala da je neophodno da se svakih 5 godina radi revitalizacija kanalske mreže u cilju održavanja optimalnih uslova tečenja i efikasnog odvodnjavanja (Kolaković, 2003). Istraživanja u okviru IPA projekta „WATER@RISK” su pokazala da je neophodno sprovesti akcioni plan kojim bi se vršio monitoring stanja i funkcionisanja kanalske mreže sistema kao i rada crpne stanice, zatim vršila analiza hidroloških uslova na slivu (promena hidroloških parametara, hidrološkog režima i hidromodula odvodnjavanja), kao i hidrauličko modelovanje kojim bi se tačno i detaljno utvrdila funkcionalnost sistema i prema tom preduzele mere revitalizacije sistema za odvodnjavanje.