

Idejni projekt regulacije korita rijeke Save na dionici od rkm 362+488 do rkm 367+710

Dramac, Darko

Master's thesis / Diplomski rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Civil Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:237:365220>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-11**

Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Civil Engineering,
University of Zagreb](#)





Sveučilište u Zagrebu

GRAĐEVINSKI FAKULTET

Darko Dramac

**IDEJNI PROJEKT REGULACIJE KORITA RIJEKE
SAVE NA DIONICI OD RKM 362+488 DO RKM
367+710**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2024. godina



Sveučilište u Zagrebu

GRAĐEVINSKI FAKULTET

Darko Dramac

**IDEJNI PROJEKT REGULACIJE KORITA RIJEKE
SAVE NA DIONICI OD RKM 362+488 DO RKM
367+710**

DIPLOMSKI RAD

Izv. prof. dr. sc. Gordon Gilja

Zagreb, 2024. godina



University of Zagreb

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

Darko Dramac

**PRELIMINARY DESIGN OF RIVER TRAINING
WORKS ON SAVA RIVERS'S REACH FROM
RKM 362+488 TO RKM 367+710**

MASTER THESIS

Assoc. prof. PhD Gordon Gilja

Zagreb, year 2024



OBRAZAC 2

TEMA DIPLOMSKOG RADA

Ime i prezime studenta: Darko Dramac

JMBAG: 0083215378

Diplomski rad iz kolegija: Projektiranje u hidrotehnici

Naslov teme diplomskog rada (HR): Idejni projekt regulacije korita rijeke Save na dionici od rkm 362+488 do rkm 367+710

Naslov teme diplomskog rada (ENG): Preliminary design of river training works on Sava River's reach from rkm 362+488 to rkm 367+710

Opis teme diplomskog rada:

Zadatak ovog diplomskog rada je izraditi idejni projekt regulacije korita rijeke Save na dionici od rkm 362+488 do rkm 367+710. U radu je potrebno napisati uvod kojim će se pojasniti predmet rada te jasno opisati cilj. Potrebno je obraditi hidrološke i hidrografske podloge u svrhu određivanja režima voda za predmetnu dionicu. Regulacija vodotoka podrazumijeva jedno rješenje rasporeda građevina na dionici i njegovu optimizaciju u smislu utjecaja građevina na režim voda koristeći 2D numerički model. Za odabrano rješenje potrebno je izraditi proračun funkcionalnosti, proračun konstrukcije, nacрте i troškovnik.

Datum: 9. 4. 2024.

Mentor: Izv. prof. dr. sc. Gordon Gilja

Potpis mentora: 

Komentor:



OBRAZAC 3

POTVRDA O POZITIVNOJ OCJENI PISANOG DIJELA DIPLOMSKOG RADA

Student/ica :

| | |
|-----------------|------------|
| Darko Dramac | 0083215378 |
| (Ime i prezime) | (JMBAG) |

zadovoljio/la je na pisanom dijelu diplomskog rada pod naslovom:

Idejni projekt regulacije korita rijeke Save na dionici od rkm 362+488 do rkm 367+710
(Naslov teme diplomskog rada na hrvatskom jeziku)

Preliminary design of river training works on Sava River's reach from rkm 362+488 to rkm 367+710
(Naslov teme diplomskog rada na engleskom jeziku)

i predlaže se provođenje daljnjeg postupka u skladu s Pravilnikom o završnom ispitu i diplomskom radu Sveučilišta u Zagrebu Građevinskog fakulteta.

Pisani dio diplomskog rada izrađen je u sklopu znanstvenog projekta: (upisati ako je primjenjivo)

(Naziv projekta, šifra projekta, voditelj projekta)

Pisani dio diplomskog rada izrađen je u sklopu stručne prakse na Fakultetu: (upisati ako je primjenjivo)

(Ime poslodavca, datum početka i kraja stručne prakse)

Datum:

17.09.2024.

Mentor:

Izv. prof. dr. sc. Gordon Gilja

Potpis mentora:

Komentor:



Sveučilište u Zagrebu
Građevinski fakultet



OBRAZAC 5

IZJAVA O IZVORNOSTI RADA

Ja :

DARKO DRAMAC, 0083215378
(Ime i prezime, JMBAG)

student/ica Sveučilišta u Zagrebu Građevinskog fakulteta ovim putem izjavljujem da je moj pisani dio diplomskog rada pod naslovom:

Idejni projekt regulacije korita rijeke Save na dijelovima od rkm 362+498 do rkm 367+710
(Naslov teme diplomskog rada na hrvatskom jeziku)

izvorni rezultat mogega rada te da se u izradi istoga nisam koristio/la drugim izvorima osim onih koji su u njemu navedeni.

Datum: **18.09.2024.**

Potpis: **Darko Dramac**



OBRAZAC 6

IZJAVA O ODOBRENJU ZA POHRANU I OBJAVU PISANOG DIJELA DIPLOMSKOG RADA

Ja :

DARKO DRAMAC, 50602295955

(Ime i prezime, OIB)

ovom izjavom potvrđujem da sam autor/ica predanog pisanog dijela diplomskog rada i da sadržaj predane elektroničke datoteke u potpunosti odgovara sadržaju dovršenog i obranjenog pisanog dijela diplomskog rada pod naslovom:

Idejni projekt regulacije korita rijeke Save na dionici od rkm 322+488 do rkm 367+710

(Naslov teme diplomskog rada na hrvatskom jeziku)

koji je izrađen na sveučilišnom diplomskom studiju Građevinarstvo Sveučilišta u Zagrebu Građevinskog fakulteta pod mentorstvom:

Gordon Gilja

(Ime i prezime mentora)

i obranjen dana:

26.09.2024.

(Datum obrane)

Suglasan/suglasna sam da pisani dio diplomskog rada u cijelosti bude javno dostupan, te da se trajno pohrani u digitalnom repozitoriju Građevinskog fakulteta, repozitoriju Sveučilišta u Zagrebu te nacionalnom repozitoriju.

Datum:

18.09.2024.

Potpis:

Danko Dramac

SAŽETAK

U ovom radu izrađen je idejni projekt uređenja korita rijeke Save na dionici od rkm 362+488 do rkm 367+710. Analizirano je postojeće stanje korita, te je definirano idejno rješenje uređenja istog. Na temelju postojećeg režima voda s najbližih vodomjernih postaja određeni su karakteristični hidrološki događaji za proračun funkcionalnosti idejnog rješenja. Napravljena je usporedba dobivenih rezultata za postojeće i regulirano stanje korita dionice. Za idejno rješenje reguliranog stanja korita predmetne dionice izvršen je proračun konstrukcija, troškovnik te pripadajući nacrti.

Ključne riječi: rijeka Sava, protok, vodostaj, obaloutvrda, regulacijsko pero, deponija.

SUMMARY

In this work, a conceptual design of the Sava riverbed was created in the section from rkm 362+488 to rkm 367+710. The existing condition of the riverbed was analyzed, and a conceptual solution for its arrangement was defined. Based on the existing water regime from the nearest water measuring stations, characteristic hydrological events were determined for the calculation of the functionality of the conceptual solution. A comparison was made of the obtained results for the existing and regulated state of the bed of the section. For the conceptual solution of the regulated state of the bed of the section in question, a structural calculation, cost sheet and associated drawings were made.

Key words: : Sava river, flow, water level, revetment, groyne, landfill

SADRŽAJ

| | |
|---|-----------|
| 1. UVOD | 1 |
| 1.1. Regulacije vodotoka..... | 1 |
| 1.2. Regulacija korita rijeke Save od RKM 362+488 do RKM 367+710..... | 2 |
| 2. PODLOGE | 4 |
| 2.1. Hidrološke podloge | 4 |
| 2.1.1. Korištene hidrološke podloge | 4 |
| 2.1.2. Obrada hidroloških podataka..... | 5 |
| 2.1.3. Proračun vjerojatnosti pojave velikih voda..... | 14 |
| 2.2. Geodetske podloge | 25 |
| 3. METODOLOGIJA | 26 |
| 4. IDEJNO RJEŠENJE | 28 |
| 4.1. Rezultati hidrauličkog proračuna | 32 |
| 4.1.1. Rezultati hidrauličkog proračuna male vode (MV)..... | 32 |
| 4.1.2. Rezultati hidrauličkog proračuna za srednje vode (SV)..... | 34 |
| 4.1.3. Rezultati hidrauličkog proračuna za stogodišnje velike vode (VV) | 36 |
| 5. PRORAČUN KONSTRUKCIJA | 40 |
| 5.1. Hidraulička opterećenja na građevine | 40 |
| 5.1.1. Valno opterećenje uslijed vjetrovnih valova..... | 40 |
| 5.1.2. Valna opterećenja uzrokovana plovilima | 44 |
| 5.1.3. Brzina struje na dnu uzrokovana brodskim vijkom..... | 49 |
| 5.2. Stabilnost kamenog nabačaja..... | 50 |
| 5.2.1. Stabilnost kamenog nabačaja na djelovanje toka vode..... | 50 |
| 5.2.2. Stabilnost kamenog nabačaja za valna opterećenja | 53 |
| 5.2.3. Stabilnost kamenog nabačaja za opterećenja od struje vode uzrokovanim plovilima | 54 |
| 5.2.4. Rekapitulacija proračuna stabilnosti kamenog nabačaja..... | 55 |
| 5.3. Dimenzioniranje temeljne nožice obaloutvrde..... | 56 |
| 6. TROŠKOVNIK | 58 |
| 7. ZAKLJUČAK | 63 |
| POPIS LITERATURE | 64 |
| POPIS SLIKA | 65 |
| POPIS TABLICA | 67 |
| NACRTI | 68 |

1. UVOD

1.1. Regulacije vodotoka

Regulacija vodotoka odnosi se na skup postupaka i mjera koje se primjenjuju kako bi se kontroliralo prirodno korito rijeke ili potoka radi zaštite ljudskih aktivnosti ili povećanja koristi za ljude. Ova praksa uključuje fizičke intervencije i inženjerske projekte s ciljem da se stabilizira ili promijeni prirodni tok vode. Regulacija korita može biti potrebna iz različitih razloga, kao što su:

1. Zaštita od poplava: jedan od glavnih razloga za regulaciju korita vodotoka je sprječavanje šteta uzrokovanih poplavama. Preoblikovanjem prirodnog korita, izradom nasipa ili kanala, kontroliramo razine vode tijekom obilnih padalina i otapanja snijega.
2. Osiguranje plovidbe: važno je osigurati da vodeni putevi budu plovni i sigurni za brodove.
3. Osiguranje vodnih resursa: regulacija korita vodotoka može omogućiti bolje upravljanje vodnim resursima što je posebice bitno za sušna područja ili sušna razdoblja. Izgradnjom brana i akumulacija povećava se opskrba vodom za piće, navodnjavanje u poljoprivredi ili proizvodnja električne energije.
4. Kontrola erozije: vodotoci uzrokuju eroziju obala i korita zbog snažnog protoka vode. Regulacija korita uključuje izvedbe zaštitnih struktura ili korištenje stabilizacijskih rješenja kako bi se smanjili utjecaji erozije
5. Očuvanje okoliša: Regulacija korita provodi se i radi očuvanja ili obnove ekosustava, tj. stvaranje prirodnijih staništa za vodene organizme

Glavni fokus ovog projekta je ostvarenje pravilnog režima tečenja vode u koritu rijeke i režima pronosa nanosa, a sve u svrhu osiguranja vodotoka, ekološke održivosti i povećanja koristi za različite ljudske aktivnosti. [1]

1.2. Regulacija korita rijeke Save od RKM 362+488 do RKM 367+710

Rijeka Sava, jedna je od najznačajnijih rijeka jugoistočne Europe. Izvire u Sloveniji u blizini mjesta Radovljica spajanjem rijeka Sava Dolinka i Sava Bohinjka. Odatle teče jugoistočno te se svojom dužinom od približno 940 kilometara proteže kroz Sloveniju, Hrvatsku, Bosnu i Hercegovinu i Srbiju gdje se konačno ulijeva u Dunav u blizini Beograda. Sava je ključna za gospodarski razvoj regije. Njeno korito se koristi za plovidbu, poljoprivredu, industriju, ribarstvo i turizam. Prolazi kroz različite ekosustave od alpskih područja u Sloveniji do nizinskih ravnica u Hrvatskoj, Bosni i Hercegovini te Srbiji. [2]

Dionica rijeke Save koja se regulira ovim projektom počinje u RKM 362+488 a završava u RKM 367+710. Početak dionice nalazi se 6,50 km jugoistočno od Hrvatskog grada Slavonki Brod. Slika 1 prikazuje lokaciju predmetne dionice zahvata u odnosu na grad Slavonki brod.



Slika 1. Situacijski prikaz dionice rijeke Save od RKM 362+488 do RKM 367+710 [3]

Za predmetnu dionicu rijeke Save prethodno je izrađen položajni nacrt projektnog stanja korita vodotoka u mjerilu 1:5000. Ukupna duljina regulacije iznosi 5.222,00 m. Određena je regulirana širina korita $B_{REG} = 173,82$ m koja je 30% umanjena od usrednjene postojeće širine korita $B_{POST} = 225,97$ m. Projektni potez se sastoji od tri protusmjerne krivine. Polazeći od pretpostavke da je postojeća os stabilna s obzirom na 100 godišnji povratni period, regulirana os projektirana je tako da položajno ne odstupa od postojeće, a sastoji se od tri kružna luka ($R_1 = 1200$ m, $R_2 = 430$ m, $R_3 = 750$ m) i dva međupravca duljina $L_1 = L_2 = 347$ m. Kako bismo iskoristili mogućnost rijeke da sama izgradi svoje korito predviđene su razne vodne građevine. Na konkavnim krivinama gdje je projektirano značajno proširenje postojećeg korita predviđene su deponije, a ako je projektirano suženje, tj. ako se predviđena regulirana obala izmješta u postojeće korito imamo slučaj pravih paralelnih građevina. Regulacijska pera su predviđena na konveksnim dijelovima reguliranih obala gdje reguliranu obalu izmještamo u postojeće korito. Ako je udaljenost regulirane i postojeće obale manja od 5 m projektirane su obaloutvrde.

2. PODLOGE

Polazišta ili podloge su znanja za ostvarenje hidrotehničkih sustava i građevina, a neophodne su kako bi se ostvarili ciljevi pripreme, izvedbe i korištenja hidrotehničkih građevina. Podloge se sastoje od dostupnih materijala koje prikupljamo, obrađujemo i pohranjujemo u za to namijenjenim institucijama. U kontekstu ostvarivanja funkcionalnih hidrotehničkih sustava i građevina razlikujemo podloge vezane za društvo, prirodu i podloge za postojeće i planirane zahvate.

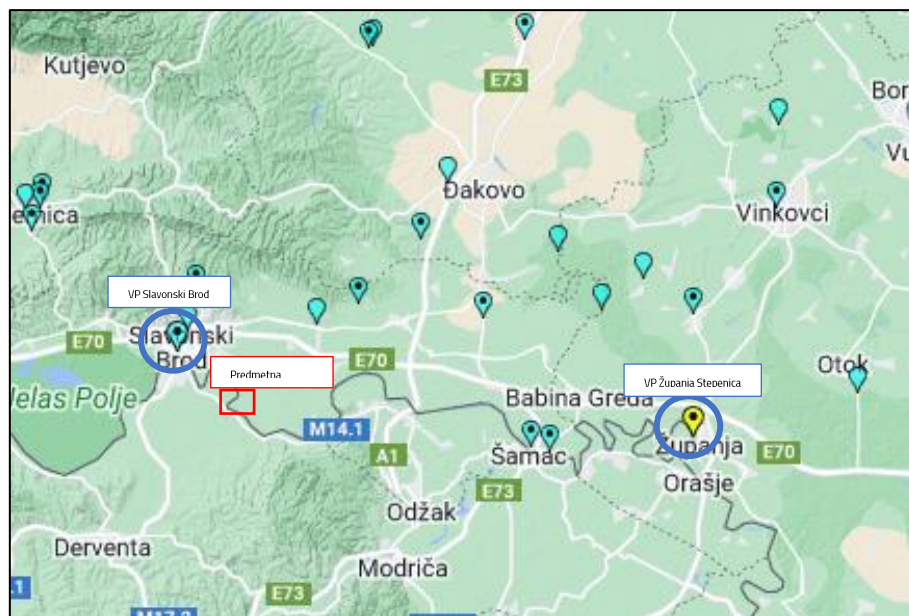
2.1. Hidrološke podloge

Hidrološke podloge su ključni element pri projektiranju građevina jer prikazuju informacije o hidrološkom ciklusu, tj. količini i raspodjeli vode na nekom području tijekom vremena. Omogućuju razumijevanje hidroloških parametara poput protoka, razine vode sezonskih varijacija te ekstremnih hidroloških događaja. Hidrološke podloge omogućuju inženjerima da donesu informirane odluke vezane za dimenzioniranje, održivost vodnih infrastruktura te sigurnost. Kako bismo mogli odrediti i precizno definirati hidrološke podloge, prethodno je potrebno napraviti hidrološku analizu predmetnog područja. Hidrološka analiza je proces u kojem se analiziraju hidrološke karakteristike nekog područja, a sve u svrhu razumijevanja i procjene procesa vezanih uz vodni ciklus. Analiza obuhvaća proučavanje otjecanja, oborina, poplava, protoka tekućica, vodnih resursa, kvaliteta vode i drugih raznih aspekata hidrologije.

2.1.1. Korištene hidrološke podloge

Hidrološke podloge koje su se koristile u ovom projektu su dnevni vodostaji i protoci. Predmetna dionica rijeke Save kako je ranije navedeno nalazi se od rkm 362+488 do rkm 367+710, tj. smještena je između dvije postojeće vodomjerne postaje: vodomjerne postaje Slavonski brod u rkm 360+000 i nešto udaljenije vodomjerne postaje Županja Stepenica u rkm 262+000. Podaci o dnevnim vodostajima i protocima za obje vodomjerne postaje preuzeti su sa stranica Državnog hidrometeorološkog zavoda. Za vodomjernu postaju Slavonski Brod preuzeti su podaci dnevnih vodostaja i protoka za razdoblje od 1984. do 1993. i od 2004. do 2023. godine, a za vodomjernu postaju Županja Stepenica podaci dnevnih vodostaja i protoka za razdoblje od 1994. do 2023. godine kako bi se mogao

ostvariti mjerodavan vremenski niz od 30 godina za potrebe hidrološke obrade. Slika 2. prikazuje položajni odnos predmetne dionice u odnosu na spomenute vodomjerne postaje.



Slika 2. Položajni prikaz predmetne dionice u odnosu na vodomjerne postaje: Slavonski Brod i Županja stepenica [4]

2.1.2. Obrada hidroloških podataka

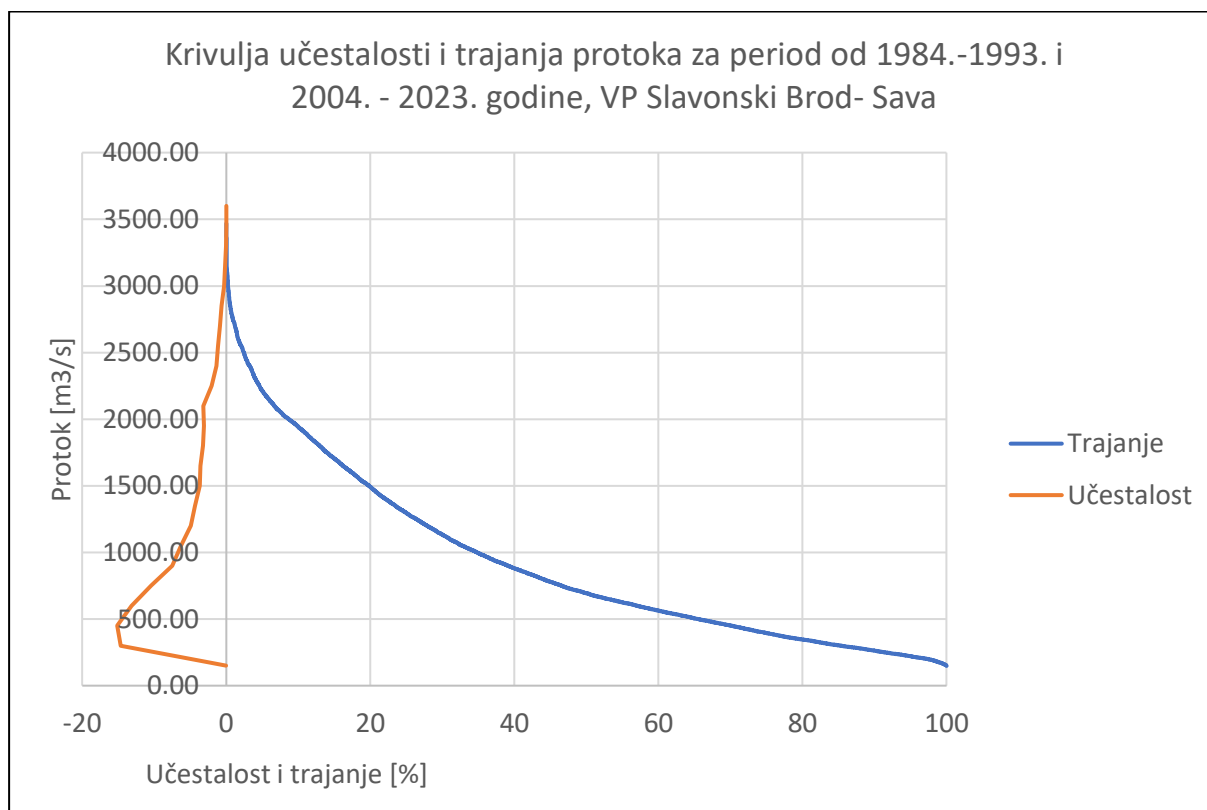
Za potrebe hidrološke analize na temelju ranije prikupljenih podataka o dnevnim vodostajima i protocima na vodomjernim postajama Slavonski Brod i Županja Stepenica izrađene su Krivulje učestalosti i trajnosti vodostaja i protoka, krivulje učestalosti i trajnosti vodostaja i protoka za mjerodavnu sušnu u kišnu godinu te krivulje protoka za obje vodomjerne postaje.

- Krivulje učestalosti vodostaja i protoka su grafički prikazi raspodjele protoka ili vodostaja tijekom određenog vremenskog razdoblja. Pružaju informacije o tome koliko se često određene vrijednosti protoka ili vodostaja pojavljuju s obzirom na promatrano razdoblje. Informacije koje možemo iščitati iz ovakvih grafika ključne su za izrade različitih hidroloških studija, poput planiranja vodnih građevina, upravljanja vodnim resursima i drugih hidroloških analiza. Krivulja učestalosti vodostaja

prikazuje vjerojatnost pojave određenih vodostajnih razina ili raspona, a krivulje učestalosti protoka vjerojatnost pojave određenih protočnih vrijednosti ili raspona. Obje krivulje definiramo na temelju dostupnih povijesnih podataka o vodostajima ili protocima ili putem hidroloških modela i podataka.

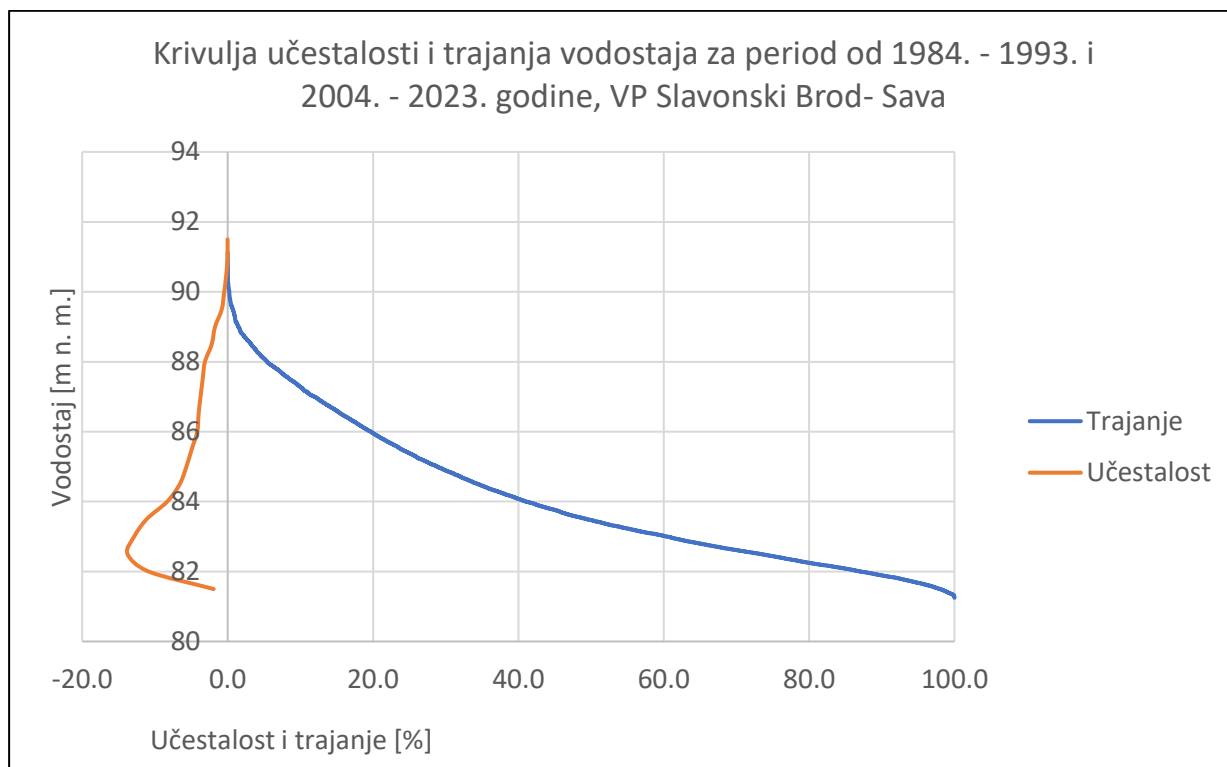
- Krivulje trajanja vodostaja ili protoka su grafički prikazi vjerojatnosti pojave određenih vodostajnih i protočnih vrijednosti na promatranom vodotoku ili rijeci tijekom određenog vremenskog razdoblja. Krivulje trajanja prikazuju informacije o tome koliko vremena određeni vodostaj ili protok ostaju iznad ili ispod određene vrijednosti za promatrano razdoblje. Krivulje trajanja vodostaja i protoka koristimo za razne hidrološke analize kao što su upravljanje vodnim resursima, razne hidrološke studije, planiranje poplavnih događaja i druge hidrološke svrhe.

Na slici 3. u nastavku prikazane su krivulje učestalosti i trajanja protoka za razdoblje od 1984. do 1993. i razdoblje od 2004. do 2023. godine na vodomjernoj postaji Slavonski brod.



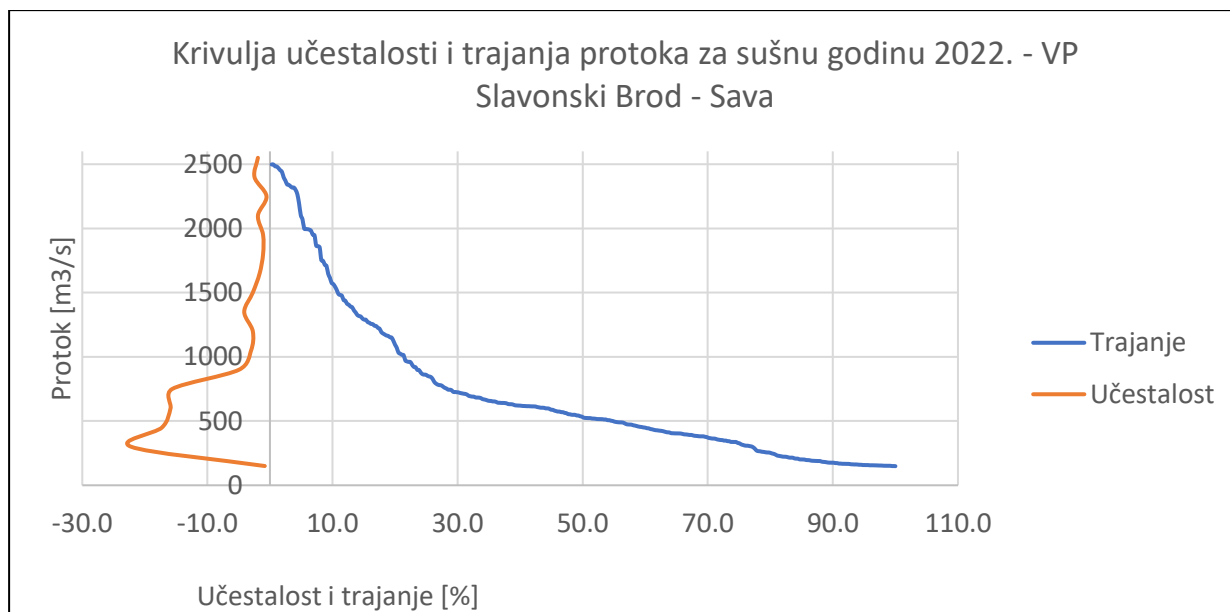
Slika 3. Krivulje učestalosti i trajanja protoka – vodomjerna postaja Slavonski Brod

Na slici 4. u nastavku prikazane su krivulje učestalosti i trajanja vodostaja za razdoblje od 1984. do 1993. i razdoblje od 2004. do 2023. godine na vodomjernoj postaji Slavonski brod.



Slika 4. Krivulje učestalosti i trajanja vodostaja – vodomjerna postaja Slavonski Brod

Na slici 5. u nastavku prikazane su krivulje učestalosti i trajanja protoka za karakterističnu sušnu 2022. godinu. Podaci korišteni za analizu preuzeti su sa stranica Državnog hidrometeorološkog zavoda na vodomjernoj postaji Slavonski brod.



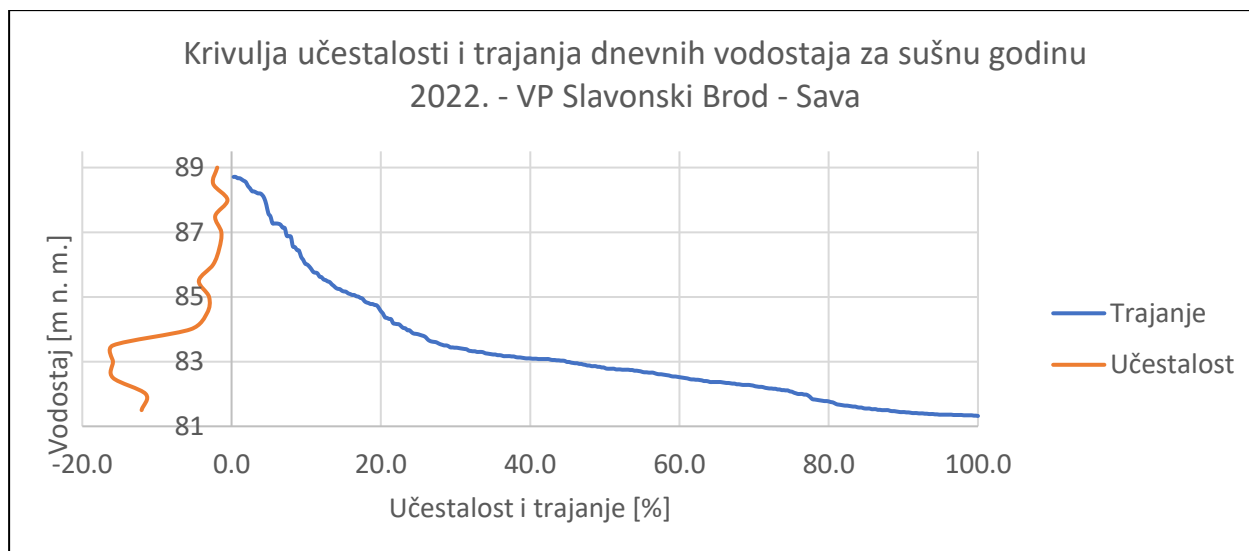
Slika 5. Krivulje učestalosti i trajanja protoka (sušna godina) – vodomjerna postaja Slavonski Brod

Na slici 6. u nastavku prikazane su krivulje učestalosti i trajanja protoka za karakterističnu kišnu 2014. godinu. Podaci korišteni za analizu preuzeti su sa stranica Državnog hidrometeorološkog zavoda na vodomjernoj postaji Slavonski brod.



Slika 6. Krivulje učestalosti i trajanja protoka (kišna godina) – vodomjerna postaja Slavonski Brod

Na slici 7. u nastavku prikazane su krivulje učestalosti i trajanja vodostaja za karakterističnu sušnu 2022. godinu. Podaci korišteni za analizu preuzeti su sa stranica Državnog hidrometeorološkog zavoda na vodomjernoj postaji Slavonski brod.



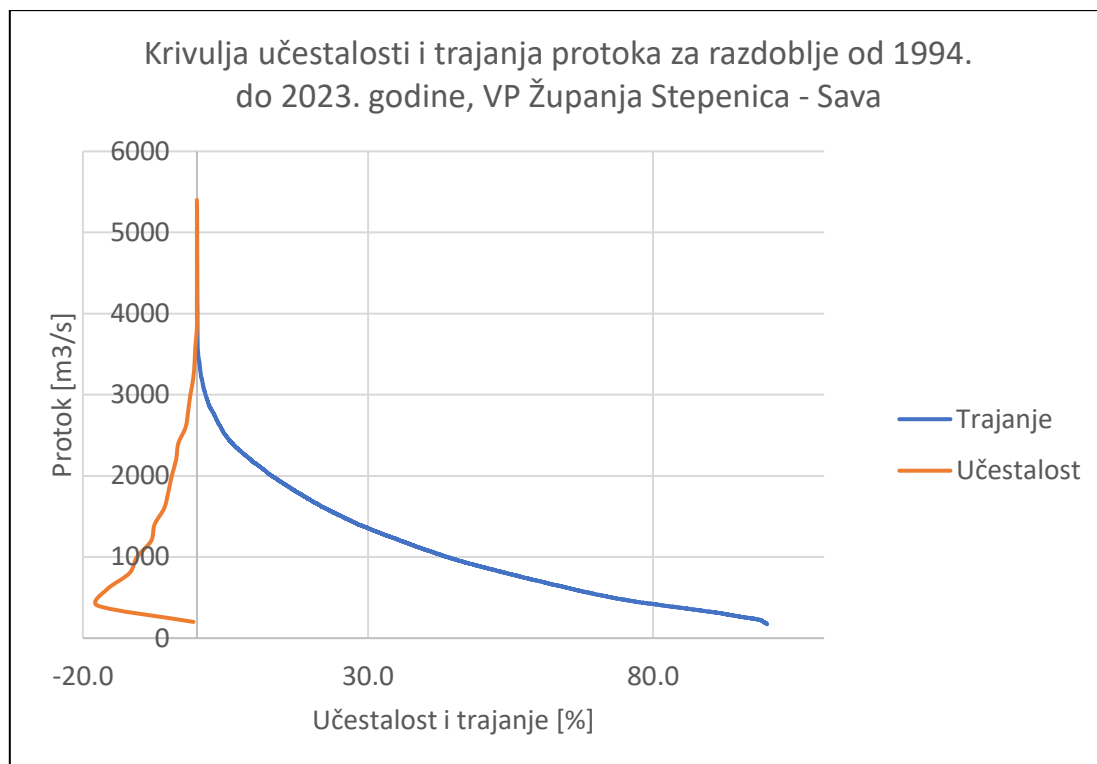
Slika 7. Krivulje učestalosti i trajanja vodostaja (sušna godina) – vodomjerna postaja Slavonki Brod

Na slici 8. u nastavku prikazane su krivulje učestalosti i trajanja vodostaja za karakterističnu kišnu 2014. godinu. Podaci korišteni za analizu preuzeti su sa stranica Državnog hidrometeorološkog zavoda na vodomjernoj postaji Slavonki brod.



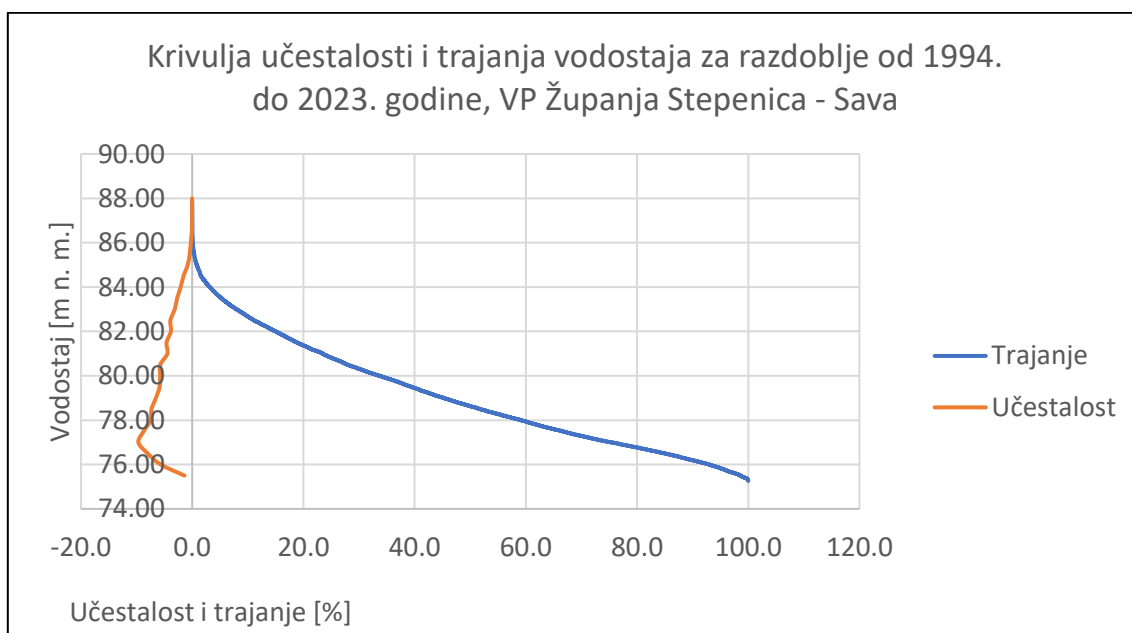
Slika 8. Krivulje učestalosti i trajanja protoka (kišna godina) – vodomjerna postaja Slavonki Brod

Na slici 9. u nastavku prikazane su krivulje učestalosti i trajanja protoka za razdoblje od 1994. do 2023. i razdoblje od 2004. do 2023. godine na vodomjernoj postaji Županja Stepenica.



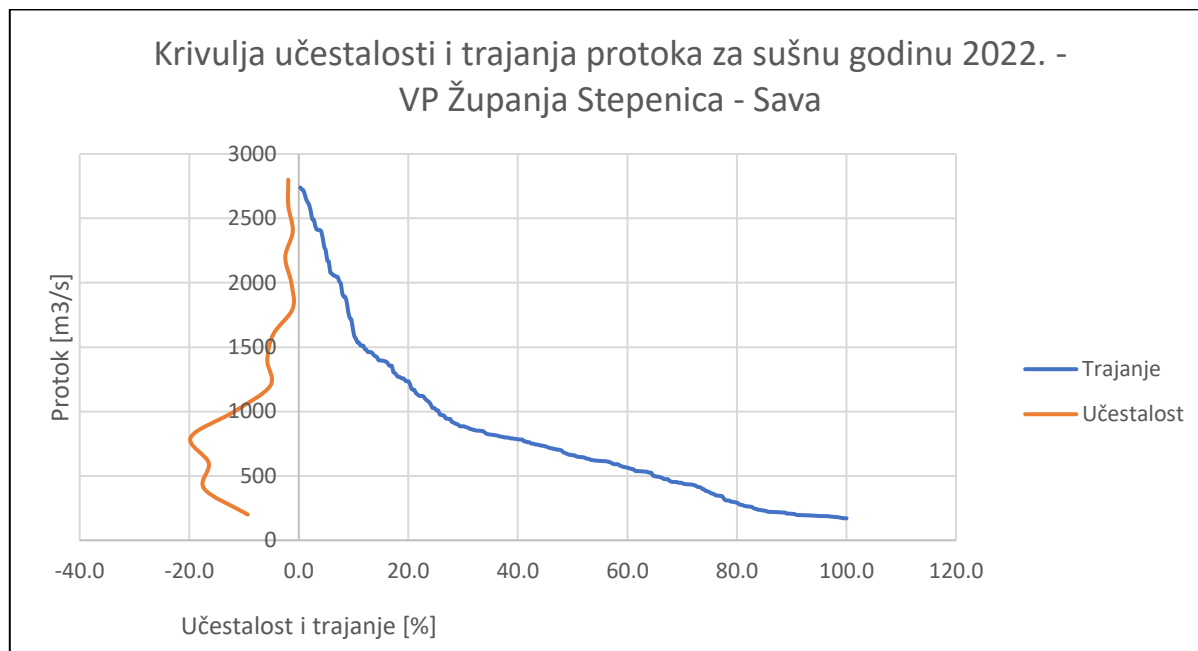
Slika 9. Krivulje učestalosti i trajanja protoka – vodomjerna postaja Županja Stepenica

Na slici 10. u nastavku prikazane su krivulje učestalosti i trajanja vodostaja za razdoblje od 1994. do 2023. i razdoblje od 2004. do 2023. godine na vodomjernoj postaji Županja Stepenica.



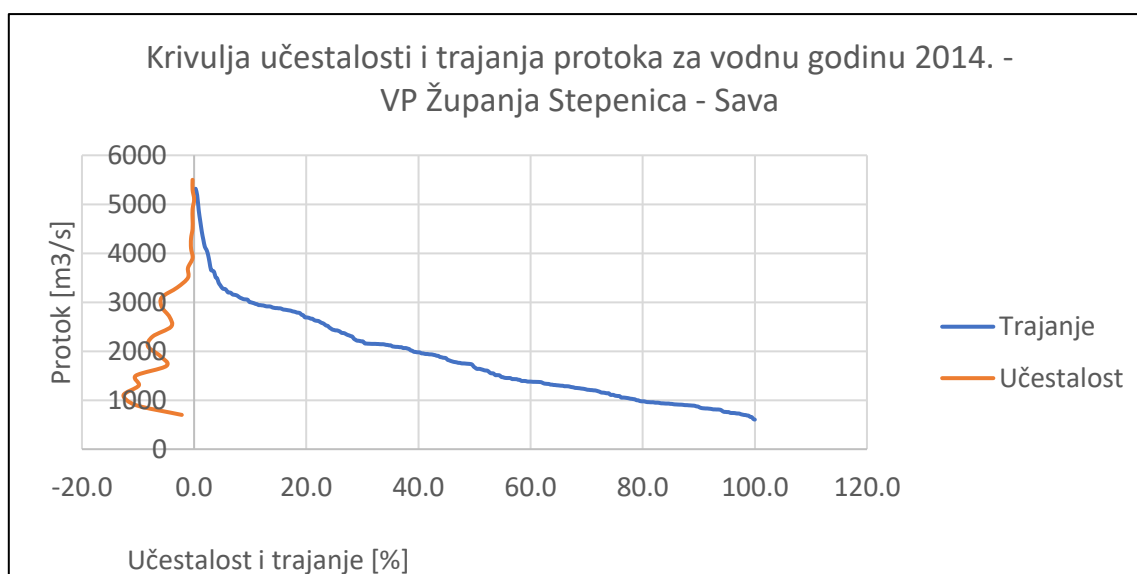
Slika 10. Krivulje učestalosti i trajanja vodostaja – vodomjerna postaja Županja Stepenica

Na slici 11. u nastavku prikazane su krivulje učestalosti i trajanja protoka za karakterističnu sušnu 2022. godinu. Podaci korišteni za analizu preuzeti su sa stranica Državnog hidrometeorološkog zavoda na vodomjernoj postaji Županja Stepenica.



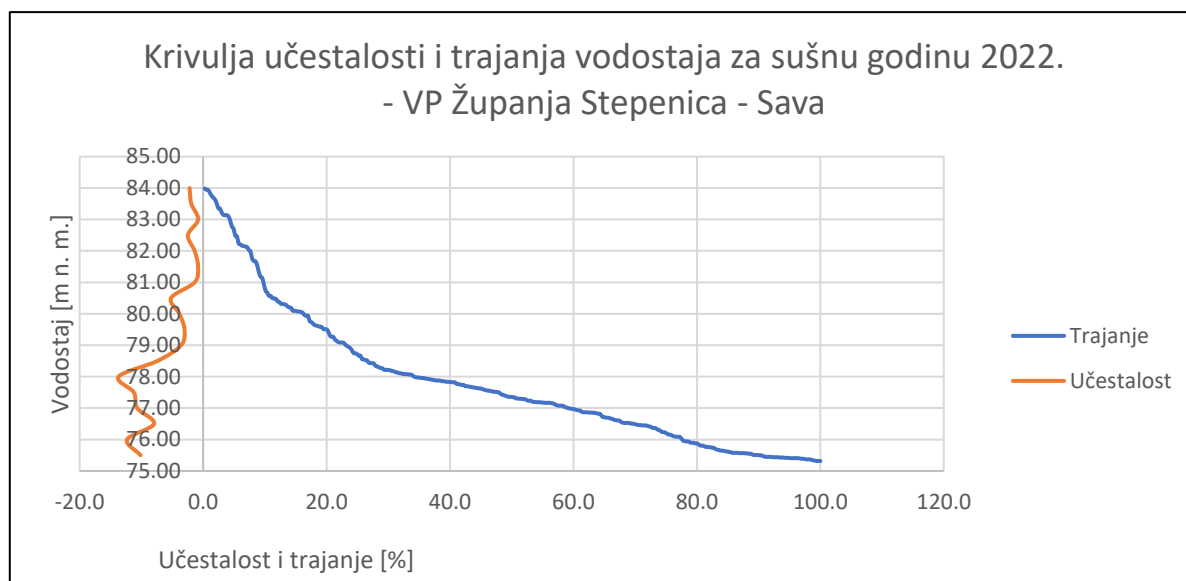
Slika 11. Krivulje učestalosti i trajanja protoka (sušna godina) – vodomjerna postaja Županja Stepenica

Na slici 12. u nastavku prikazane su krivulje učestalosti i trajanja protoka za karakterističnu kišnu 2014. godinu. Podaci korišteni za analizu preuzeti su sa stranica Državnog hidrometeorološkog zavoda na vodomjernoj postaji Županja Stepenica.



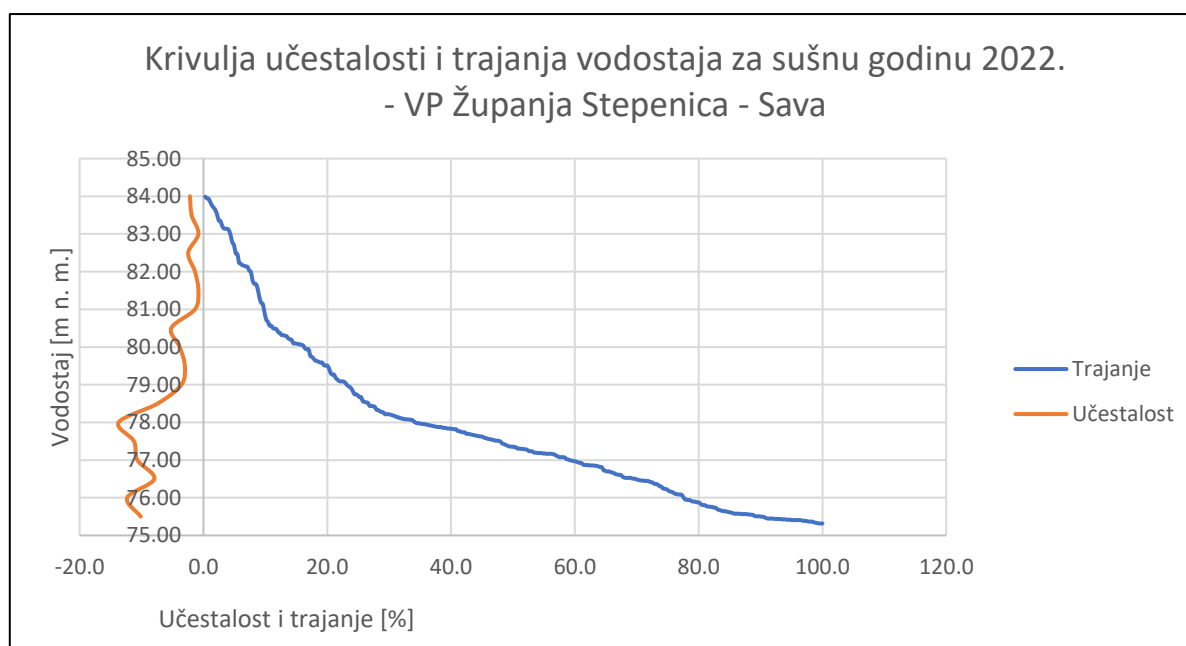
Slika 12. Krivulje učestalosti i trajanja protoka (kišna godina) – vodomjerna postaja Županja Stepenica

Na slici 13. u nastavku prikazane su krivulje učestalosti i trajanja vodostaja za karakterističnu sušnu 2022. godinu. Podaci korišteni za analizu preuzeti su sa stranica Državnog hidrometeorološkog zavoda na vodomjernoj postaji Županja Stepenica.



Slika 13. Krivulje učestalosti i trajanja vodostaja (sušna godina) – vodomjerna postaja Županja Stepenica

Na slici 14. u nastavku prikazane su krivulje učestalosti i trajanja vodostaja za karakterističnu kišnu 2014. godinu. Podaci korišteni za analizu preuzeti su sa stranica Državnog hidrometeorološkog zavoda na vodomjernoj postaji Županja Stepenica.

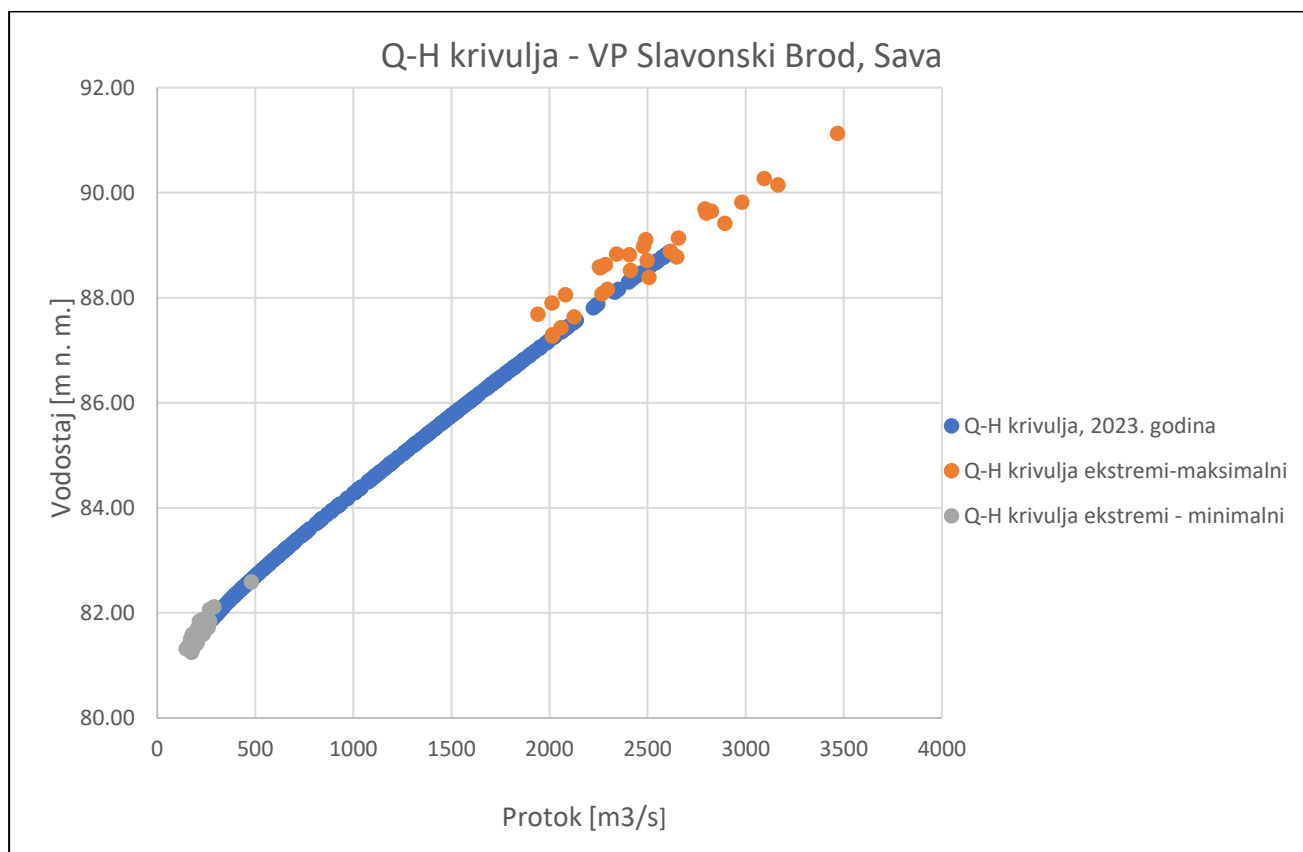


Slika 14. Krivulje učestalosti i trajanja vodostaja (kišna godina) – vodomjerna postaja Županja Stepenica

- Krivulja protoka ili konsumcijska krivulja jest empirijski odnos između protoka vode i pripadajućeg vodostaja kojeg definiramo na osnovi mjerenja protoka na terenu za svaki pojedini profil otvorenog vodotoka.

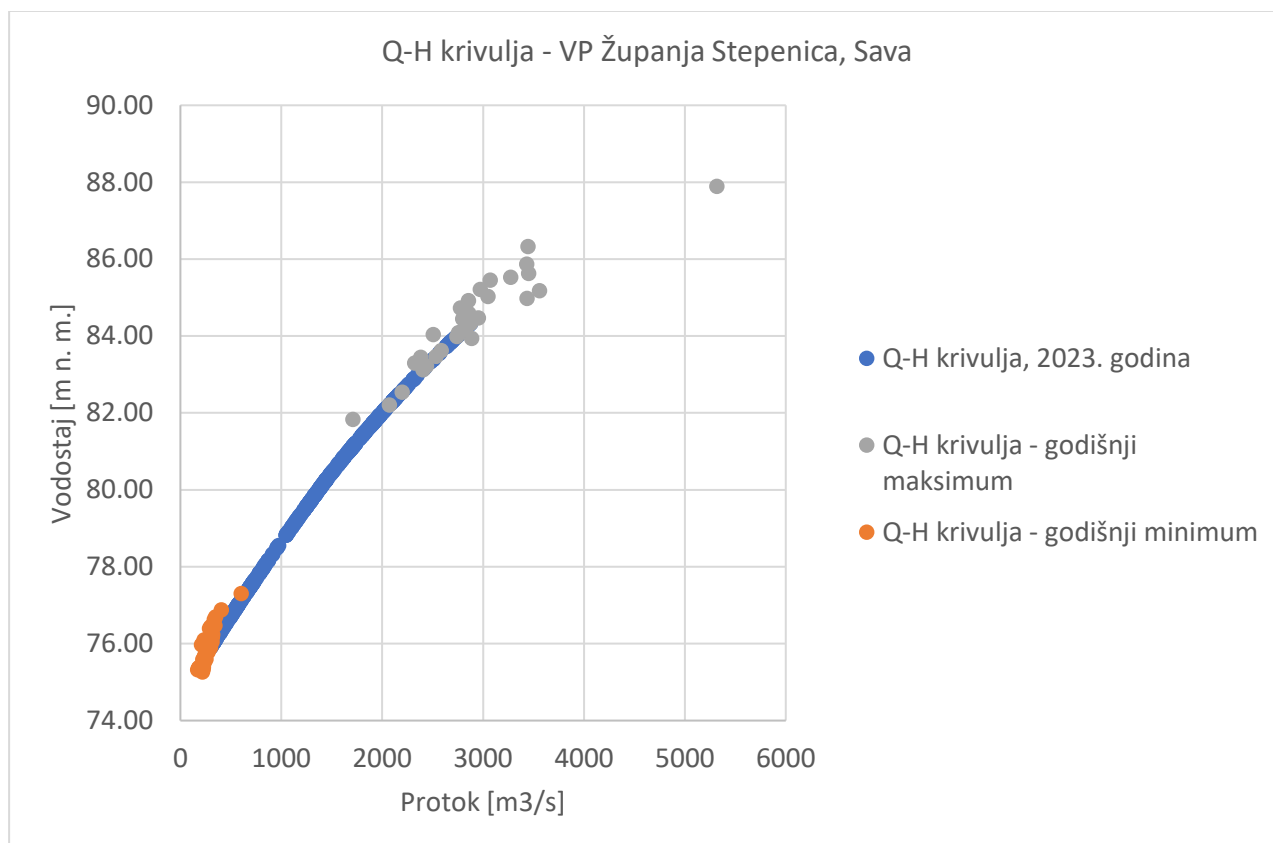
Za potrebe projekta konstruirana je karakteristična konsumcijska krivulja prema podacima dnevnih vodostaja i protoka u 2023. godini to za obje spomenute vodomjerne postaje. Karakteristične konsumcijske krivulje dovoljne su za analizu malih i srednjih voda, a za potrebe analize velikih voda konsumcijske krivulje su nadopunjene ekstremnim vrijednostima.

Slika 15. u nastavku prikazuje konsumcijsku izrađenu na temelju podataka dnevnih vodostaja i protoka mjerenih na vodostajnoj postaji Slavonski Brod za 2023. godinu. Krivulja je nadopunjena podacima godišnjih maksimalnih i minimalnih vrijednosti vodostaja i protoka za svaku pojedinu analiziranu godinu.



Slika 15. Konsumcijska krivulja – vodomjerna postaja Slavonski Brod

Slika 16. u nastavku prikazuje konsumpcijsku izrađenu na temelju podataka dnevnih vodostaja i protoka mjenjenih na vodostajnoj postaji Županja Stepenica za 2023. godinu. Krivulja je nadopunjena podacima godišnjih maksimalnih i minimalnih vrijednosti vodostaja i protoka za svaku pojedinu analiziranu godinu.



Slika 16. Konsumpcijska krivulja – vodomjerna postaja Županja Stepenica

2.1.3. Proračun vjerojatnosti pojave velikih voda

Za proračun vjerojatnosti pojave velikih voda korištena je metoda godišnjih ekstrema. Hidrološka analiza napravljena je prema dostupnim podacima dnevnih protoka i vodostaja sa stranica Državnog hidrometeorološkog zavoda na vodomjernim postajama Slavonski Brod i Županja Stepenica. Definiran je mjerodavan vremenski niz od 30 godina kojem je dodijeljen pripadajući niz vrijednosti maksimalnih godišnjih protoka i vodostaja za obje vodomjerne postaje prema kojem je izvršen proračun vjerojatnosti pojave velikih voda. Za izračun empirijske vjerojatnosti pojave koristila se raspodjela po Hazenu, a za definiranje teorijske funkcije raspodjele korištene su: Normalna ili Gaussova raspodjela, Gumbelova

raspodjela te Log normalna raspodjela. Smirnov-Kolmogorov test homogenosti korišten je kao test prikladnosti dobivenih podataka. Rezultati analize nalaze se u nastavku.

Tablice 1 i 2 u nastavku prikazuju dobivene rezultate vjerojatnosti pojave protoka i vodostaja na temelju korištenih podataka dnevnih protoka i vodostaja izmjerenih na vodomjernoj postaji Slavonski brod te rezultat odabranog testa prikladnosti – Smirnov Kolmorovog testa homogenosti. Prema rezultatima vidljivo je da Log normalna funkcija raspodjele pokazuje najmanja odstupanja pa će se i podaci stogodišnjih vodostaja i protoka dobiveni istom smatrati mjerodavni za daljnje proračune.

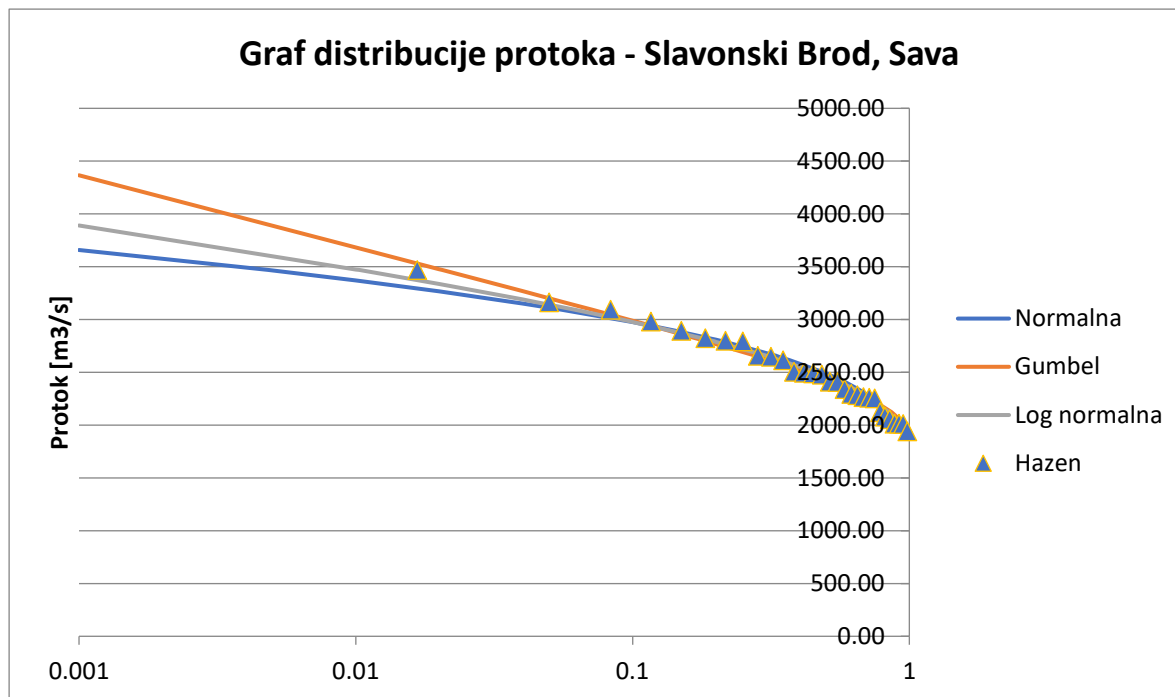
Tablica 1. Rezultati teorijske vjerojatnosti pojave protoka, vodomjerna postaja Slavonski Brod

| | | KOLMOGOROV - SMIRNOF TEST PRIKLADNOSTI TEORIJSKE FUNKCIJE RASPODJELE | | | | | | |
|----|---------|--|------------------------|------------------------|------------------------|--|--|--|
| | | Hazen | Normalna | Gumbel | Log norm | Razlika | Razlika | Razlika |
| m | Qmax | $F_{\text{empirijska}} = 1 - p$ | $F_{\text{teorijski}}$ | $F_{\text{teorijski}}$ | $F_{\text{teorijski}}$ | $F_{\text{teorijski}} - F_{\text{empirijski}}$ | $F_{\text{teorijski}} - F_{\text{empirijski}}$ | $F_{\text{teorijski}} - F_{\text{empirijski}}$ |
| 1 | 3469,00 | 0,9833 | 0,995 | 0,980 | 0,990 | 0,0119 | 0,0038 | 0,0064 |
| 2 | 3165,00 | 0,9500 | 0,963 | 0,944 | 0,955 | 0,0129 | 0,0064 | 0,0051 |
| 3 | 3094,00 | 0,9167 | 0,945 | 0,929 | 0,939 | 0,0283 | 0,0122 | 0,0219 |
| 4 | 2981,00 | 0,8833 | 0,903 | 0,897 | 0,902 | 0,0197 | 0,0140 | 0,0184 |
| 5 | 2894,00 | 0,8500 | 0,857 | 0,865 | 0,862 | 0,0074 | 0,0146 | 0,0125 |
| 6 | 2825,00 | 0,8167 | 0,812 | 0,832 | 0,823 | 0,0044 | 0,0154 | 0,0067 |
| 7 | 2799,00 | 0,7833 | 0,793 | 0,818 | 0,807 | 0,0099 | 0,0348 | 0,0234 |
| 8 | 2793,00 | 0,7500 | 0,789 | 0,815 | 0,803 | 0,0386 | 0,0648 | 0,0527 |
| 9 | 2657,00 | 0,7167 | 0,671 | 0,723 | 0,696 | 0,0459 | 0,0059 | 0,0202 |
| 10 | 2650,00 | 0,6833 | 0,664 | 0,717 | 0,690 | 0,0193 | 0,0336 | 0,0069 |
| 11 | 2616,00 | 0,6500 | 0,631 | 0,688 | 0,659 | 0,0193 | 0,0384 | 0,0088 |
| 12 | 2507,00 | 0,6167 | 0,518 | 0,583 | 0,548 | 0,0985 | 0,0341 | 0,0682 |
| 13 | 2498,00 | 0,5833 | 0,509 | 0,573 | 0,539 | 0,0747 | 0,0105 | 0,0446 |
| 14 | 2491,00 | 0,5500 | 0,501 | 0,565 | 0,531 | 0,0487 | 0,0153 | 0,0188 |
| 15 | 2479,00 | 0,5167 | 0,489 | 0,552 | 0,518 | 0,0281 | 0,0353 | 0,0016 |
| 16 | 2412,00 | 0,4833 | 0,419 | 0,474 | 0,445 | 0,0648 | 0,0090 | 0,0387 |
| 17 | 2408,00 | 0,4500 | 0,414 | 0,470 | 0,440 | 0,0356 | 0,0196 | 0,0098 |
| 18 | 2343,00 | 0,4167 | 0,349 | 0,390 | 0,369 | 0,0677 | 0,0270 | 0,0480 |
| 19 | 2296,00 | 0,3833 | 0,304 | 0,331 | 0,318 | 0,0792 | 0,0522 | 0,0650 |
| 20 | 2285,00 | 0,3500 | 0,294 | 0,318 | 0,307 | 0,0559 | 0,0325 | 0,0431 |
| 21 | 2268,00 | 0,3167 | 0,279 | 0,297 | 0,289 | 0,0379 | 0,0201 | 0,0273 |
| 22 | 2260,00 | 0,2833 | 0,272 | 0,287 | 0,281 | 0,0116 | 0,0035 | 0,0021 |
| 23 | 2255,00 | 0,2500 | 0,267 | 0,281 | 0,276 | 0,0173 | 0,0308 | 0,0263 |
| 24 | 2125,00 | 0,2167 | 0,167 | 0,139 | 0,160 | 0,0493 | 0,0777 | 0,0568 |
| 25 | 2082,00 | 0,1833 | 0,140 | 0,102 | 0,129 | 0,0429 | 0,0814 | 0,0548 |
| 26 | 2058,00 | 0,1500 | 0,127 | 0,084 | 0,113 | 0,0232 | 0,0660 | 0,0372 |
| 27 | 2016,00 | 0,1167 | 0,105 | 0,057 | 0,088 | 0,0115 | 0,0592 | 0,0283 |
| 28 | 2014,00 | 0,0833 | 0,104 | 0,056 | 0,087 | 0,0208 | 0,0270 | 0,0040 |
| 29 | 2013,00 | 0,0500 | 0,104 | 0,056 | 0,087 | 0,0537 | 0,0058 | 0,0368 |
| 30 | 1941,00 | 0,0167 | 0,073 | 0,025 | 0,054 | 0,0567 | 0,0085 | 0,0374 |
| | | | | | | $D_{n,max}$ | $D_{n,max}$ | $D_{n,max}$ |
| | | | | | | 0,0985 | 0,0814 | 0,0682 |
| | | | | | | $D_0 = 1.36/\sqrt{n}$ | | |
| | | | | | | 0,2483 | | |
| | | | | | | Uvjet : $D_0 > D_{n,max}$ | | |
| | | | | | | 0.2483 > 0.0985 | 0.2483 > 0.0814 | 0.2483 > 0.0682 |
| | | | | | | ZADOVOLJAVA | ZADOVOLJAVA | ZADOVOLJAVA |

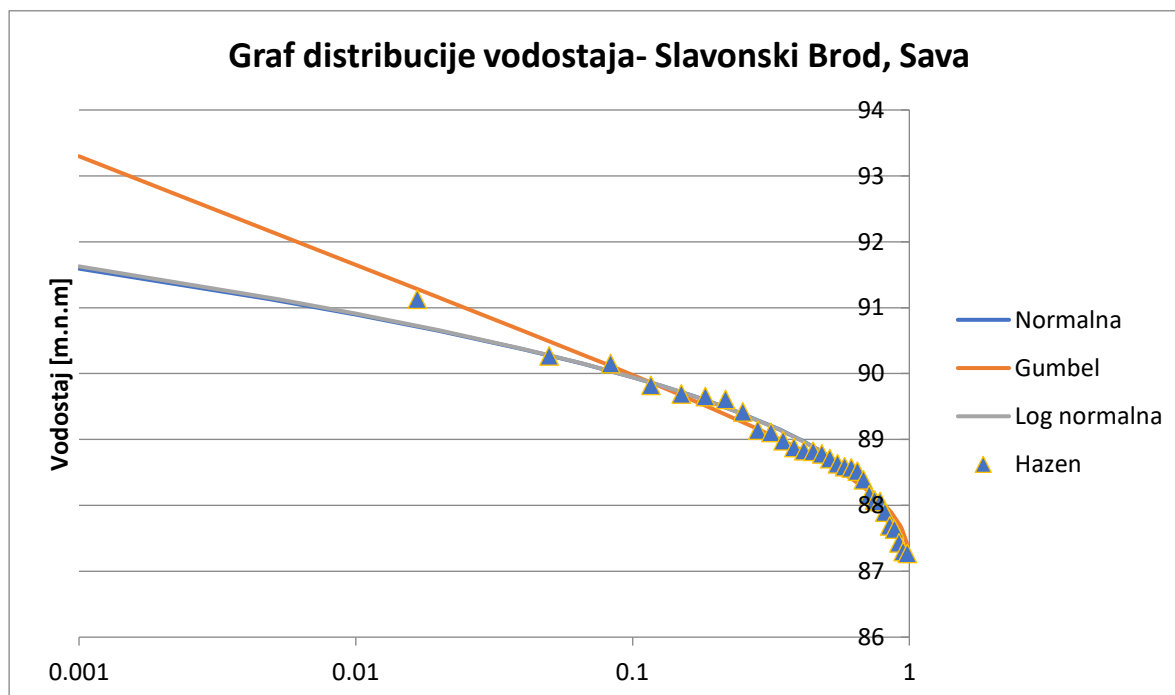
Tablica 2. Rezultati teorijske vjerojatnosti pojave vodostaja, vodomjerna postaja Slavonski Brod

| | | KOLMOGOROV - SMIRNOF TEST PRIKLADNOSTI TEORIJSKE FUNKCIJE RASPODJELE | | | | | | |
|----|--------------|--|------------------------|------------------------|------------------------|--|--|--|
| | | Hazen | Normalna | Gumbel | Log norm | Razlika | Razlika | Razlika |
| m | Hmax (m.n.m) | $F_{\text{empirijska}} = 1 - p$ | $F_{\text{teorijski}}$ | $F_{\text{teorijski}}$ | $F_{\text{teorijski}}$ | $F_{\text{teorijski}} - F_{\text{empirijski}}$ | $F_{\text{teorijski}} - F_{\text{empirijski}}$ | $F_{\text{teorijski}} - F_{\text{empirijski}}$ |
| 1 | 91,13 | 0,983 | 0,995 | 0,979 | 0,995 | 0,0118 | 0,0040 | 0,0114 |
| 2 | 90,27 | 0,950 | 0,950 | 0,933 | 0,949 | 0,0005 | 0,0175 | 0,0010 |
| 3 | 90,15 | 0,917 | 0,934 | 0,921 | 0,934 | 0,0177 | 0,0039 | 0,0172 |
| 4 | 89,82 | 0,883 | 0,874 | 0,877 | 0,874 | 0,0090 | 0,0066 | 0,0089 |
| 5 | 89,69 | 0,850 | 0,842 | 0,854 | 0,843 | 0,0076 | 0,0039 | 0,0071 |
| 6 | 89,65 | 0,817 | 0,832 | 0,846 | 0,832 | 0,0149 | 0,0294 | 0,0155 |
| 7 | 89,61 | 0,783 | 0,820 | 0,838 | 0,821 | 0,0370 | 0,0546 | 0,0377 |
| 8 | 89,42 | 0,750 | 0,761 | 0,794 | 0,762 | 0,0106 | 0,0438 | 0,0119 |
| 9 | 89,14 | 0,717 | 0,656 | 0,710 | 0,658 | 0,0608 | 0,0066 | 0,0589 |
| 10 | 89,11 | 0,683 | 0,644 | 0,700 | 0,646 | 0,0396 | 0,0164 | 0,0377 |
| 11 | 88,98 | 0,650 | 0,589 | 0,651 | 0,591 | 0,0606 | 0,0013 | 0,0586 |
| 12 | 88,88 | 0,617 | 0,546 | 0,610 | 0,548 | 0,0704 | 0,0062 | 0,0683 |
| 13 | 88,83 | 0,583 | 0,524 | 0,589 | 0,527 | 0,0589 | 0,0056 | 0,0568 |
| 14 | 88,82 | 0,550 | 0,520 | 0,585 | 0,522 | 0,0299 | 0,0345 | 0,0278 |
| 15 | 88,78 | 0,517 | 0,503 | 0,567 | 0,505 | 0,0140 | 0,0500 | 0,0120 |
| 16 | 88,71 | 0,483 | 0,472 | 0,534 | 0,474 | 0,0113 | 0,0510 | 0,0093 |
| 17 | 88,63 | 0,450 | 0,437 | 0,496 | 0,439 | 0,0127 | 0,0459 | 0,0109 |
| 18 | 88,59 | 0,417 | 0,420 | 0,476 | 0,422 | 0,0034 | 0,0595 | 0,0052 |
| 19 | 88,57 | 0,383 | 0,411 | 0,466 | 0,413 | 0,0282 | 0,0829 | 0,0299 |
| 20 | 88,52 | 0,350 | 0,390 | 0,441 | 0,392 | 0,0403 | 0,0910 | 0,0419 |
| 21 | 88,39 | 0,317 | 0,337 | 0,374 | 0,338 | 0,0202 | 0,0575 | 0,0214 |
| 22 | 88,16 | 0,283 | 0,250 | 0,257 | 0,251 | 0,0329 | 0,0263 | 0,0325 |
| 23 | 88,08 | 0,250 | 0,223 | 0,219 | 0,224 | 0,0267 | 0,0313 | 0,0265 |
| 24 | 88,06 | 0,217 | 0,217 | 0,209 | 0,217 | 0,0002 | 0,0073 | 0,0003 |
| 25 | 87,9 | 0,183 | 0,169 | 0,141 | 0,169 | 0,0144 | 0,0422 | 0,0148 |
| 26 | 87,69 | 0,150 | 0,117 | 0,072 | 0,116 | 0,0327 | 0,0780 | 0,0336 |
| 27 | 87,64 | 0,117 | 0,107 | 0,059 | 0,106 | 0,0098 | 0,0572 | 0,0108 |
| 28 | 87,43 | 0,083 | 0,070 | 0,023 | 0,069 | 0,0131 | 0,0608 | 0,0143 |
| 29 | 87,3 | 0,050 | 0,053 | 0,011 | 0,052 | 0,0030 | 0,0395 | 0,0018 |
| 30 | 87,27 | 0,017 | 0,050 | 0,009 | 0,048 | 0,0329 | 0,0080 | 0,0317 |
| | | | | | | $D_{n,\max}$ | $D_{n,\max}$ | $D_{n,\max}$ |
| | | | | | | 0,0704 | 0,0910 | 0,0683 |
| | | | | | | $D_0 = 1.36/\sqrt{n}$ | | |
| | | | | | | 0,2483 | | |
| | | | | | | Uvjet : $D_0 > D_{n,\max}$ | | |
| | | 0,2483 > 0,0704 | 0,2483 > 0,0910 | | | 0,2483 > 0,0683 | | |
| | | ZADOVOLJAVA | ZADOVOLJAVA | | | ZADOVOLJAVA | | |

Slike 17. i 18. u nastavku grafički prikazuju dobivene rezultate vjerojatnosti pojave protoka i vodostaja prema korištenim podacima dnevnih protoka izmjenjenih na vodomjernoj postaji Slavonski Brod.



Slika 17. Rezultati teorijske vjerojatnosti pojave protoka, vodomjerna postaja Slavonski Brod



Slika 18. Rezultati teorijske vjerojatnosti pojave vodostaja, vodomjerna postaja Slavonski Brod

Tablice 3. i 4. u nastavku prikazuju dobivene rezultate vjerojatnosti pojave protoka i vodostaja na temelju korištenih podataka dnevnih protoka i vodostaja izmjerenih na vodomjernoj postaji Županja Stepenica te rezultat odabranog testa prikladnosti – Smirnov Kolmorovog testa homogenosti. Prema rezultatima vidljivo je da log normalna funkcija raspodjele pokazuje najmanja odstupanje kod proračuna vjerojatnosti stogodišnjeg protoka pa će se i podaci dobiveni istom smatrati mjerodavni za daljnje proračune, dok kod proračuna vjerojatnosti pojave stogodišnjeg vodostaja usvojit će se rezultat dobiven analizom normalne ili Gaussove funkcije raspodjele.

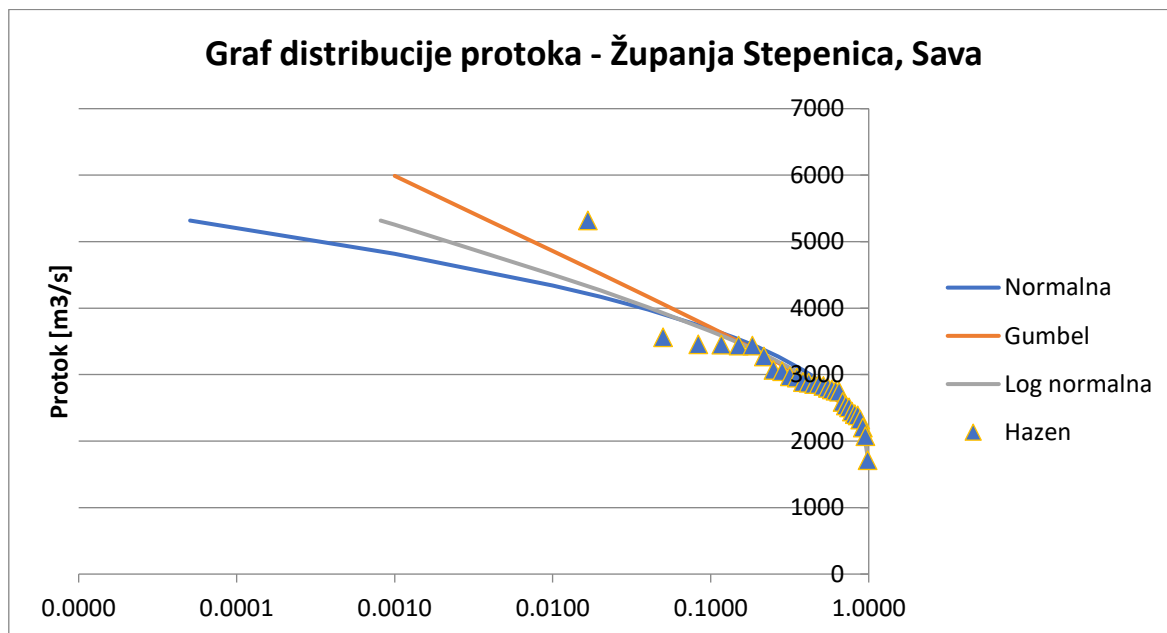
Tablica 3. Rezultati teorijske vjerojatnosti pojave protoka, vodomjerna postaja Županja Stepenica

| | | KOLMOGOROV - SMIRNOF TEST PRIKLADNOSTI TEORIJSKE FUNKCIJE RASPODJELE | | | | | | |
|----|---------|--|------------------------|------------------------|------------------------|--|--|--|
| | | Hazen | Normalna | Gumbel | Log norm | Razlika | Razlika | Razlika |
| m | Qmax | $F_{\text{empirijska}} = 1 - p$ | $F_{\text{teorijski}}$ | $F_{\text{teorijski}}$ | $F_{\text{teorijski}}$ | $F_{\text{teorijski}} - F_{\text{empirijski}}$ | $F_{\text{teorijski}} - F_{\text{empirijski}}$ | $F_{\text{teorijski}} - F_{\text{empirijski}}$ |
| 1 | 5317,00 | 0,9833 | 0,9999 | 0,9961 | 0,9992 | 0,0166 | 0,0128 | 0,0159 |
| 2 | 3560,00 | 0,9500 | 0,8601 | 0,8665 | 0,8756 | 0,0899 | 0,0835 | 0,0744 |
| 3 | 3453,00 | 0,9167 | 0,8185 | 0,8366 | 0,8417 | 0,0982 | 0,0800 | 0,0750 |
| 4 | 3447,00 | 0,8833 | 0,8160 | 0,8348 | 0,8396 | 0,0674 | 0,0485 | 0,0437 |
| 5 | 3435,00 | 0,8500 | 0,8108 | 0,8311 | 0,8353 | 0,0392 | 0,0189 | 0,0147 |
| 6 | 3433,00 | 0,8167 | 0,8100 | 0,8304 | 0,8346 | 0,0067 | 0,0138 | 0,0179 |
| 7 | 3273,00 | 0,7833 | 0,7331 | 0,7727 | 0,7688 | 0,0502 | 0,0107 | 0,0145 |
| 8 | 3071,00 | 0,7500 | 0,6177 | 0,6770 | 0,6619 | 0,1323 | 0,0730 | 0,0881 |
| 9 | 3050,00 | 0,7167 | 0,6049 | 0,6655 | 0,6494 | 0,1118 | 0,0512 | 0,0673 |
| 10 | 2972,00 | 0,6833 | 0,5562 | 0,6201 | 0,6005 | 0,1271 | 0,0632 | 0,0828 |
| 11 | 2953,00 | 0,6500 | 0,5442 | 0,6085 | 0,5881 | 0,1058 | 0,0415 | 0,0619 |
| 12 | 2887,00 | 0,6167 | 0,5022 | 0,5663 | 0,5439 | 0,1144 | 0,0504 | 0,0728 |
| 13 | 2877,00 | 0,5833 | 0,4959 | 0,5596 | 0,5370 | 0,0875 | 0,0237 | 0,0463 |
| 14 | 2858,00 | 0,5500 | 0,4838 | 0,5469 | 0,5239 | 0,0662 | 0,0031 | 0,0261 |
| 15 | 2855,00 | 0,5167 | 0,4818 | 0,5448 | 0,5218 | 0,0348 | 0,0282 | 0,0051 |
| 16 | 2830,00 | 0,4833 | 0,4659 | 0,5277 | 0,5043 | 0,0174 | 0,0444 | 0,0210 |
| 17 | 2798,00 | 0,4500 | 0,4457 | 0,5054 | 0,4818 | 0,0043 | 0,0554 | 0,0318 |
| 18 | 2776,00 | 0,4167 | 0,4318 | 0,4897 | 0,4661 | 0,0152 | 0,0730 | 0,0495 |
| 19 | 2756,00 | 0,3833 | 0,4193 | 0,4753 | 0,4518 | 0,0360 | 0,0920 | 0,0685 |
| 20 | 2740,00 | 0,3500 | 0,4093 | 0,4637 | 0,4404 | 0,0593 | 0,1137 | 0,0904 |
| 21 | 2586,00 | 0,3167 | 0,3173 | 0,3487 | 0,3307 | 0,0007 | 0,0320 | 0,0140 |
| 22 | 2536,00 | 0,2833 | 0,2894 | 0,3112 | 0,2963 | 0,0061 | 0,0279 | 0,0129 |
| 23 | 2507,00 | 0,2500 | 0,2738 | 0,2897 | 0,2768 | 0,0238 | 0,0397 | 0,0268 |
| 24 | 2441,00 | 0,2167 | 0,2398 | 0,2422 | 0,2341 | 0,0232 | 0,0255 | 0,0175 |
| 25 | 2405,00 | 0,1833 | 0,2223 | 0,2173 | 0,2121 | 0,0390 | 0,0339 | 0,0287 |
| 26 | 2384,00 | 0,1500 | 0,2125 | 0,2032 | 0,1996 | 0,0625 | 0,0532 | 0,0496 |
| 27 | 2324,00 | 0,1167 | 0,1857 | 0,1649 | 0,1661 | 0,0691 | 0,0483 | 0,0494 |
| 28 | 2200,00 | 0,0833 | 0,1375 | 0,0979 | 0,1070 | 0,0541 | 0,0146 | 0,0236 |
| 29 | 2071,00 | 0,0500 | 0,0972 | 0,0485 | 0,0613 | 0,0472 | 0,0015 | 0,0113 |
| 30 | 1710,00 | 0,0167 | 0,0304 | 0,0018 | 0,0063 | 0,0138 | 0,0149 | 0,0104 |
| | | | | | | $D_{n,\max}$ | $D_{n,\max}$ | $D_{n,\max}$ |
| | | | | | | 0,1323 | 0,1137 | 0,0904 |
| | | | | | | $D_0 = 1.36/\sqrt{n}$ | | |
| | | | | | | 0,2483 | | |
| | | | | | | Uvjet : $D_0 > D_{n,\max}$ | | |
| | | | | | | 0.2483 > 0.1323 | 0.2483 > 0.1137 | 0.2483 > 0.0904 |
| | | | | | | ZADOVOLJAVA | ZADOVOLJAVA | ZADOVOLJAVA |

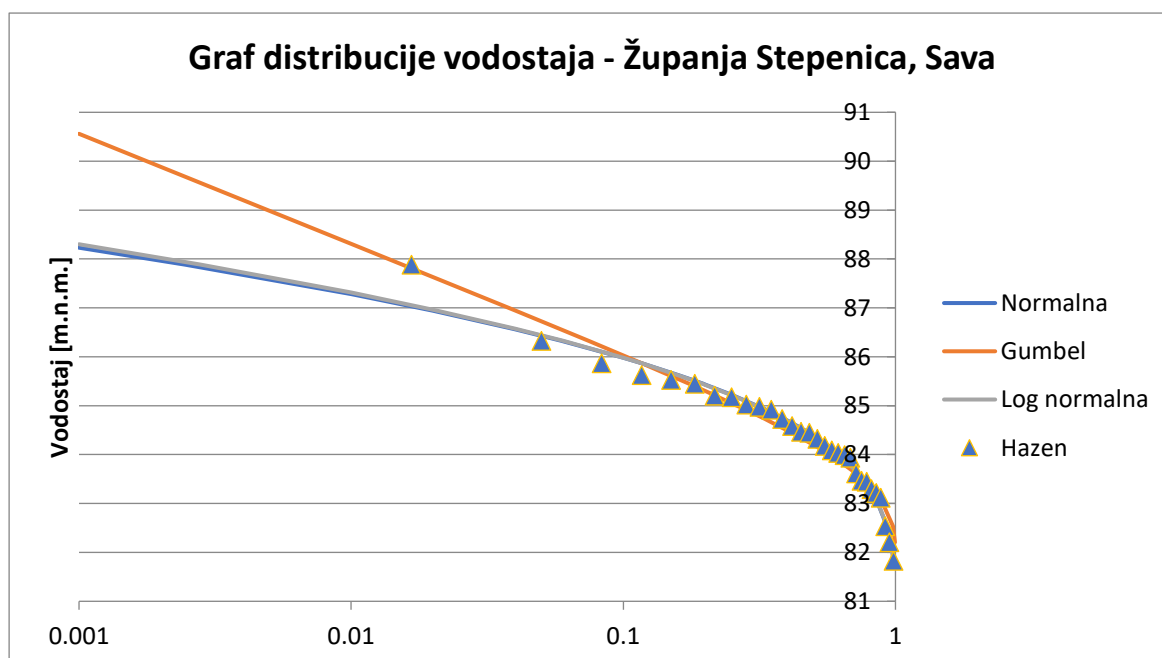
Tablica 4. Rezultati teorijske vjerojatnosti pojave vodostaja, vodomjerna postaja Županja Stepenica

| | | KOLMOGOROV - SMIRNOF TEST PRIKLADNOSTI TEORIJSKE FUNKCIJE RASPODJELE | | | | | | |
|----|--------------|--|------------------------|------------------------|------------------------|--|--|--|
| | | Hazen | Normalna | Gumbel | Log norm | Razlika | Razlika | Razlika |
| m | Hmax (m.n.m) | $F_{\text{empirijska}} = 1 - p$ | $F_{\text{teorijski}}$ | $F_{\text{teorijski}}$ | $F_{\text{teorijski}}$ | $F_{\text{teorijski}} - F_{\text{empirijski}}$ | $F_{\text{teorijski}} - F_{\text{empirijski}}$ | $F_{\text{teorijski}} - F_{\text{empirijski}}$ |
| 1 | 87,89 | 0,983 | 0,998 | 0,9846 | 0,9972 | 0,0142 | 0,0013 | 0,0139 |
| 2 | 86,33 | 0,950 | 0,941 | 0,9256 | 0,9399 | 0,0093 | 0,0244 | 0,0101 |
| 3 | 85,87 | 0,917 | 0,883 | 0,8832 | 0,8832 | 0,0334 | 0,0335 | 0,0335 |
| 4 | 85,63 | 0,883 | 0,841 | 0,8529 | 0,8416 | 0,0423 | 0,0304 | 0,0417 |
| 5 | 85,53 | 0,850 | 0,821 | 0,8383 | 0,8217 | 0,0292 | 0,0117 | 0,0283 |
| 6 | 85,45 | 0,817 | 0,804 | 0,8257 | 0,8046 | 0,0131 | 0,0091 | 0,0121 |
| 7 | 85,21 | 0,783 | 0,746 | 0,7825 | 0,7476 | 0,0375 | 0,0008 | 0,0357 |
| 8 | 85,18 | 0,750 | 0,738 | 0,7765 | 0,7400 | 0,0119 | 0,0265 | 0,0100 |
| 9 | 85,03 | 0,717 | 0,697 | 0,7444 | 0,6997 | 0,0193 | 0,0277 | 0,0170 |
| 10 | 84,98 | 0,683 | 0,683 | 0,7329 | 0,6856 | 0,0001 | 0,0496 | 0,0023 |
| 11 | 84,92 | 0,650 | 0,666 | 0,7185 | 0,6684 | 0,0159 | 0,0685 | 0,0184 |
| 12 | 84,73 | 0,617 | 0,609 | 0,6690 | 0,6116 | 0,0079 | 0,0523 | 0,0051 |
| 13 | 84,59 | 0,583 | 0,565 | 0,6285 | 0,5679 | 0,0184 | 0,0452 | 0,0154 |
| 14 | 84,47 | 0,550 | 0,527 | 0,5913 | 0,5298 | 0,0232 | 0,0413 | 0,0202 |
| 15 | 84,45 | 0,517 | 0,520 | 0,5848 | 0,5234 | 0,0037 | 0,0682 | 0,0067 |
| 16 | 84,33 | 0,483 | 0,482 | 0,5450 | 0,4848 | 0,0014 | 0,0616 | 0,0015 |
| 17 | 84,18 | 0,450 | 0,434 | 0,4924 | 0,4369 | 0,0158 | 0,0424 | 0,0131 |
| 18 | 84,09 | 0,417 | 0,406 | 0,4597 | 0,4084 | 0,0107 | 0,0430 | 0,0082 |
| 19 | 84,04 | 0,383 | 0,390 | 0,4412 | 0,3928 | 0,0071 | 0,0578 | 0,0095 |
| 20 | 83,99 | 0,350 | 0,375 | 0,4225 | 0,3774 | 0,0251 | 0,0725 | 0,0274 |
| 21 | 83,94 | 0,317 | 0,360 | 0,4037 | 0,3621 | 0,0433 | 0,0870 | 0,0454 |
| 22 | 83,62 | 0,283 | 0,269 | 0,2833 | 0,2702 | 0,0142 | 0,0001 | 0,0131 |
| 23 | 83,47 | 0,250 | 0,231 | 0,2294 | 0,2314 | 0,0191 | 0,0206 | 0,0186 |
| 24 | 83,45 | 0,217 | 0,226 | 0,2225 | 0,2265 | 0,0094 | 0,0059 | 0,0098 |
| 25 | 83,30 | 0,183 | 0,191 | 0,1731 | 0,1914 | 0,0081 | 0,0102 | 0,0081 |
| 26 | 83,22 | 0,150 | 0,174 | 0,1489 | 0,1741 | 0,0244 | 0,0011 | 0,0241 |
| 27 | 83,12 | 0,117 | 0,155 | 0,1211 | 0,1540 | 0,0379 | 0,0044 | 0,0373 |
| 28 | 82,54 | 0,083 | 0,069 | 0,0216 | 0,0674 | 0,0143 | 0,0618 | 0,0159 |
| 29 | 82,21 | 0,050 | 0,040 | 0,0046 | 0,0386 | 0,0098 | 0,0454 | 0,0114 |
| 30 | 81,83 | 0,017 | 0,020 | 0,0003 | 0,0187 | 0,0034 | 0,0163 | 0,0020 |
| | | $D_{n,max}$ | $D_{n,max}$ | $D_{n,max}$ | | | | |
| | | 0,0433 | 0,0870 | 0,0454 | | | | |
| | | $D_0 = 1.36/\sqrt{n}$ | | | | | | |
| | | 0,2483 | | | | | | |
| | | Uvjet : $D_0 > D_{n,max}$ | | | | | | |
| | | 0.2483 > 0.0433 | 0.2483 > 0.0870 | 0.2483 > 0.0454 | | | | |
| | | ZADOVOLJAVA | ZADOVOLJAVA | ZADOVOLJAVA | | | | |

Slike 19. i 20. u nastavku grafički prikazuju dobivene rezultate vjerojatnosti pojave protoka i vodostaja prema korištenim podacima dnevnih protoka izmjenjenih na vodomjernoj postaji Županja Stepenica.



Slika 19. Rezultati teorijske vjerojatnosti pojave protoka, vodomjerna postaja Županja Stepenica



Slika 20. Rezultati teorijske vjerojatnosti pojave vodostaja, vodomjerna postaja Županja Stepenica

Tablice 5. i 6. u nastavku prikazuju rezultate hidrološke analize prema dostupnim podacima dnevnih vodostaja i protoka na vodomjernim postajama Slavonski Brod i Županja Stepenica. U tablici su prikazana usvojene vrijednosti za male, srednje i velike vode s dodatkom usvojene stogodišnje velike vode koja će biti mjerodavna u daljnjim proračunima.

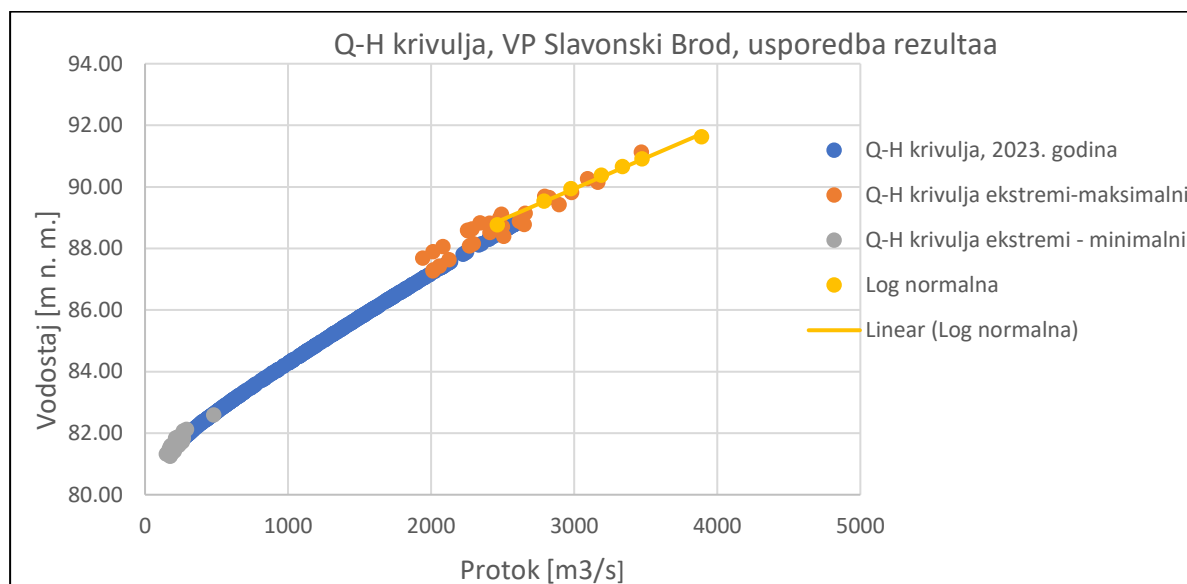
Tablica 5. Usvojene vrijednosti – vodomjerna postaja Slavonski Brod

| VP Slavonski brod | Vodostaj [m.n.m] | Protok [m ³ /s] |
|-------------------|------------------|----------------------------|
| MV | 81,65 | 220,45 |
| SV | 84,06 | 913,51 |
| VV | 88,77 | 2489,80 |
| VV100 | 90,91 | 3474,46 |

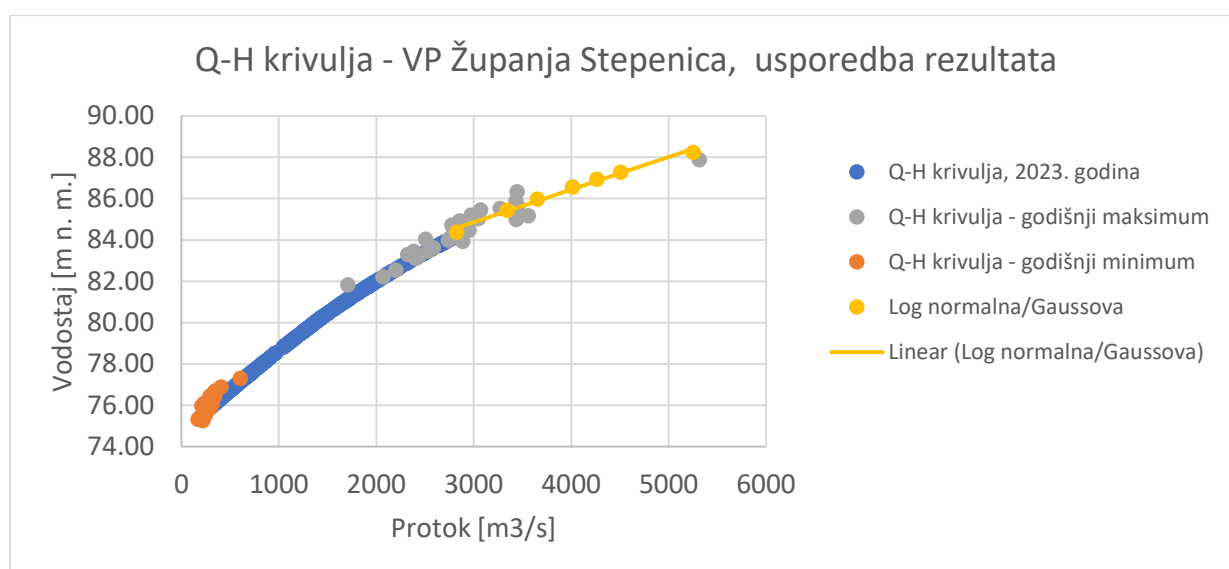
Tablica 6. Usvojene vrijednosti – vodomjerna postaja Županja Stepenica

| VP Županja Stepenica | Vodostaj [m.n.m] | Protok [m ³ /s] |
|----------------------|------------------|----------------------------|
| MV | 75,95 | 278,67 |
| SV | 79,07 | 1076,76 |
| VV | 84,38 | 2883,50 |
| VV100 | 87,28 | 4505,82 |

Na već prikazanim Q-H krivuljama (slika 15. i slika 16.) uvršteni su rezultati hidrološke analize vjerojatnosti pojava velikih voda u svrhu dodatne provjere vjerodostojnosti podataka. Slike 21. i 22. u nastavku prikazuju da trend krivulje konačnih rezultata analize prati trend već definirane Q-H krivulje za vodomjerne postaje Slavonski Brod i Županja stepenica.



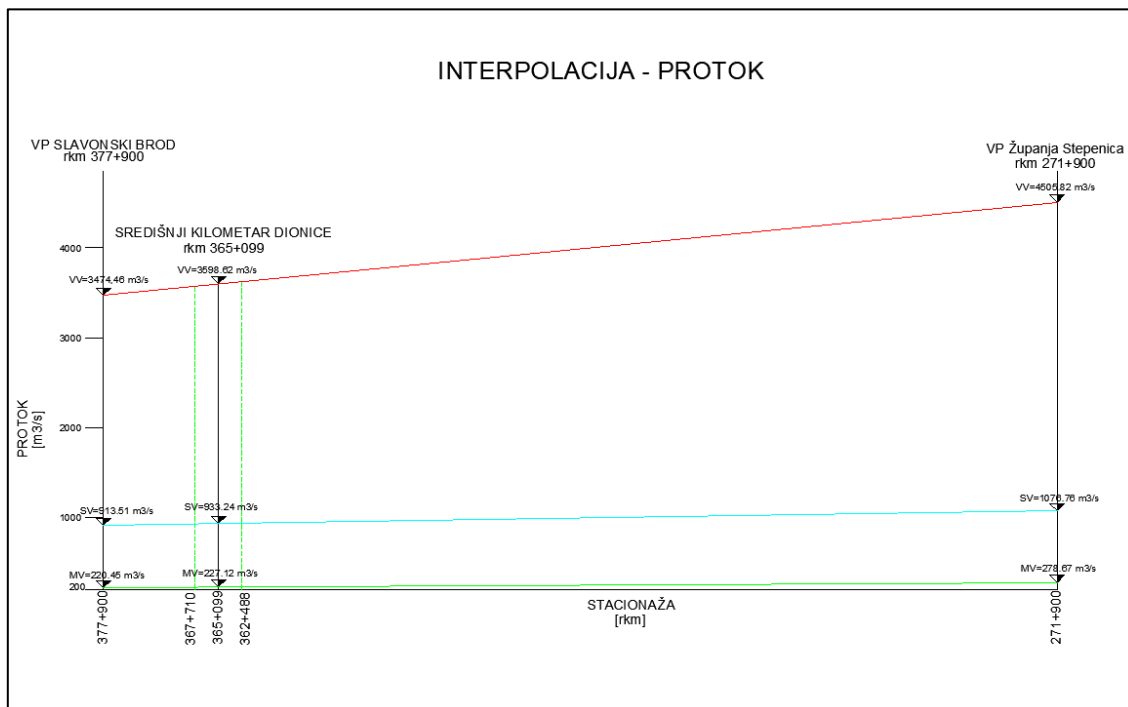
Slika 21. Q-H krivulja – VP Slavonski brod



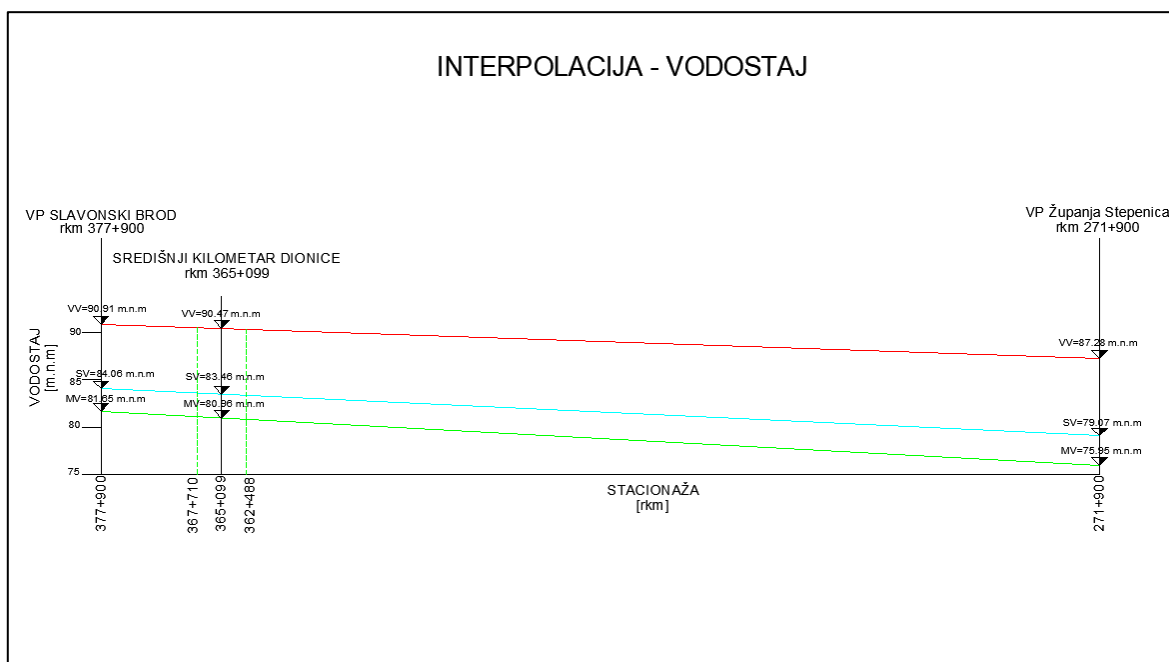
Slika 22. Q-H krivulja – VP Županja Stepenica

Kako je već napisano u uvodu ovog projekta predmetna dionica proteže se od rkm 362+488 do rkm 367+710, a nalazi se između dvije vodomjerne postaje: Slavonski Brod u rkm 377+900 i Županja Stepenica u rkm 271+900. Projektna dionica udaljena je od VP

Slavonski brod 10.2 km, a od VP Županja Stepenica 90.6 km. Kako bismo preciznije odredili vodne događaje na projektnoj dionici odrađena je interpolacija podataka dobivenih hidrološkom analizom. Slike 23. i 24. prikazuju rezultate vodnih događaja na projektnoj dionici.



Slika 23. Rezultat interpolacije protoka za rkm 365+099, Sava



Slika 24. Rezultat interpolacije vodostaja za rkm 365+099, Sava

Tablica 7. u nastavku je sažeti prikaz podataka dobivenih interpolacijom vrijednosti poznatih hidroloških parametara na vodomjernim postajama Slavonski Brod i Županja Stepenica. Dobiveni rezultati relevantni za projektnu dionicu dobiveni ovim proračunom smatraju se mjerodavnim i koristit će se u daljnjem proračunu.

Tablica 7. Rezultat interpolacije hidroloških parametara

| | | VP SLAVONSKI BROD (rkm 377+900) | PROJEKTNJA DIONICA (rkm 365+099) | VP ŽUPANJA STEPENICA (RKM 271+900) |
|----|----------------------------|--|---|---|
| MV | Protok [m ³ /s] | 220,45 | 227,12 | 278,67 |
| | Vodostaj [m.n.m] | 81,65 | 80,96 | 75,95 |
| SV | Protok [m ³ /s] | 913,51 | 933,24 | 1076,76 |
| | Vodostaj [m.n.m] | 84,06 | 83,46 | 79,07 |
| VV | Protok [m ³ /s] | 3474,46 | 3598,62 | 4505,82 |
| | Vodostaj [m.n.m] | 90,91 | 90,47 | 87,28 |

2.2. Geodetske podloge

Neizostavan dio ovog projekta su geodetske podloge. Geodetske podloge pružaju osnovne informacije o prostoru na kojem se planira izgradnja i ključne su za osiguravanje preciznosti u građevinskom projektiranju a kasnije i izvođenju. Kao ulazni podatak za daljnju obradu dostavljen je isječak hrvatske osnovne karte koji prikazuje predmetnu dionicu rijeke Save i okolno područje dionice. Hrvatske osnovne karte su standardizirane karte koje izrađuje Državna geodetska uprava (DGU) Republike Hrvatske, a predstavljaju službene i najdetaljnije kartografske prikaze teritorija Hrvatske. Karta sadrži topografske podatke o (reljef, visina, depresije) terenu i predmetnom vodotoku. Za ovaj projekt bitan je podatak o batimetriji samog vodotoka kako bismo mogli projektirati i smjestiti buduće regulacijske građevine u prostor i izvršiti sve potrebne proračune za predmetno. Kako bismo dobili kvalitetniji doživljaj stvarne batimetrije korita odrađena je interpolacija susjednih izobata koje su predefinirane hrvatskom osnovnom kartom. Slika 25. u nastavku prikazuje rezultat obrade batimetrije na dionici save od rkm 362+488 do rkm 367+710.



Slika 25. Detaljna batimetrija korita rijeke Save od rkm 362+488 do rkm 367+710

3. METODOLOGIJA

Za izradu idejnog projekta korišteni su računalni programi AutoCAD, HEC-RAS i QGIS. Na temelju geodetskih podloga kao što su hrvatska osnovna karta koja je preuzeta sa službenih web stranica Državne geodetske uprave i dostavljenih geodetskih snimaka samog korita u 10 poprečnih presjeka na dionici rijeke Save od rkm 362+488 do rkm 367+710 započeta je analiza postojećeg stanja dionice. Na temelju dostavljenih podloga definirao se položaj postojeće obale i postojeće osi korita dionice. Nastavno je izrađen položajni nacrt projektnog rješenja korita vodotoka u mjerilu 1:5000. Ukupna duljina regulacije iznosi 5.222,00 m. Određena je regulirana širina korita $B_{REG} = 173,82$ m koja je 30% umanjena od usrednjene postojeće širine korita $B_{POST} = 225,97$ m. Projektni potez se sastoji od tri protusmjerne krivine. Polazeći od pretpostavke da je postojeća os stabilna s obzirom na 100 godišnji povratni period, regulirana os projektirana je tako da položajno ne odstupa od postojeće, a sastoji se od tri kružna luka ($R_1 = 1200$ m, $R_2 = 430$ m, $R_3 = 750$ m) i dva međupravca duljina $L_1 = L_2 = 347$ m. Kako bismo iskoristili mogućnost rijeke da sama izgradi svoje korito predviđene su razne vodne građevine. Na konkavnim krivinama gdje je projektirano značajno proširenje postojećeg korita predviđene su deponije, a ukoliko je projektirano suženje, tj. ako se predviđena regulirana obala izmješta u postojeće korito imamo slučaj pravih paralelnih građevina. Regulacijska pera su predviđena na konveksnim dijelovima reguliranih obala gdje reguliranu obalu izmještamo u postojeće korito. Na mjestima na kojima je udaljenost postojeće obale zadovoljavajuća cca 5m širine predviđene su obaloutvrde.

Na temelju geodetskih podloga i obrade istih u smislu prognošavanja izobata i detaljnijeg definiranja batimetrije korita u softveru AutoCAD dobiven je ulazni podatak za korištenje računalnog alata QGIS. U programu vektorski podaci izobata pretvoreni su u oblak točaka kojima je definiran položaj u projekcijskom referentnom sustavu HTRS96/TM i pripadajuća visinska kota. Ugrađenom softverskom opcijom „trijangulacije“ (interpolacija oblaka točaka) dobiven je rasterski prikaz korita za postojeće i za regulirano stanje. Besplatnim alatom softvera QGIS „Volume calculation tool“ izvršena je kalkulacija potrebnih količina materijala za izradu pojedinih regulacijskih građevina na principu visinskih presjeka građevine i postojećeg korita, a alatom „Easy Raster Splitter“ izrađen je uklop regulacijskih građevina u Raster postojećeg stanja.

Za potrebe izrade hidrauličkog proračuna korišten je računalni program HEC-RAS. Softver je besplatan proizvod američke vojske (Hydrologic Engineering Center) dostupan na web stranicama „US Army Corps of Engineers“ za preuzimanje i korištenje. Sam program nudi

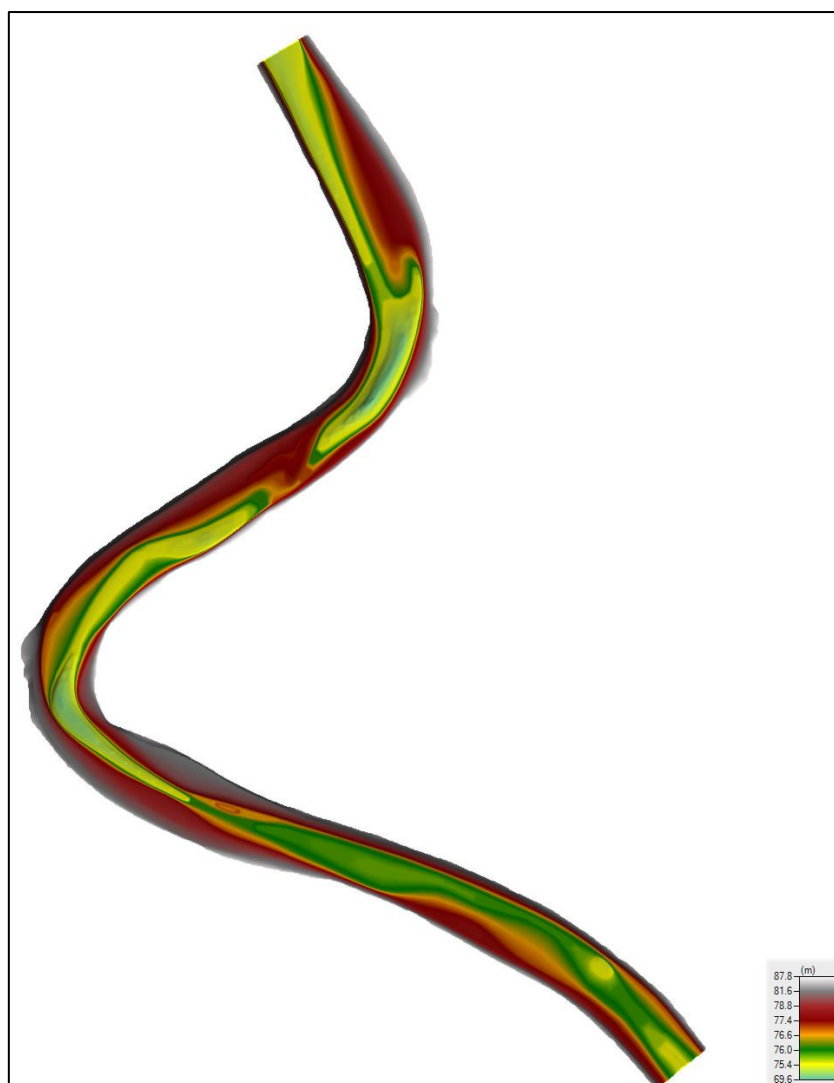
razne mogućnosti od proračuna jednodimenzionalnog ravnomjernog protoka površinskog profila vode, simulacija nestacionarnog strujanja (1D i 2D), proračun transporta sedimenta, jednodimenzionalnu analize kvalitete vode i druge korisne mogućnosti i alate. Za potrebe ovog idejnog projekta u alatu zvanom „RAS mapper“ koji je sastavni dio softvera učitani su topografski podaci predmetne dionice prethodno obrađeni u softverima AutoCAD i QGIS. Topografija koju smo zadali u softveru odnosi se na topografiju postojećeg, a zatim reguliranog stanja. Analizirani su vodni događaji male vode, srednje vode i velike vode. U softveru se za oba slučaja definira obuhvat proračuna u gabaritima obala te se zadaju rubni uvjeti za nestacionarno tečenje u koritu. Rubni uvjeti na uzvodnim dijelovima obuhvata za proračun definirani su vodostajima, a nizvodni rubni uvjeti protocima relevantnim za vodni događaj koji analiziramo. Proračuni su napravljeni za slučaj postojećeg i reguliranog stanja korita. Kao početni uvjet koristio se vodostaj relevantan za vodni događaj koji analiziramo. Rezultati dobiveni proračunom su razine vodnih lica, protočne površine zadanih presjeka u koritu, raspored brzina po koritu, omočeni obodi itd. Kako bismo detaljnije prikazali rezultate napravljena je dodatna obrada dobivenih rezultata u računalnom alatu Microsoft Excel, a sve u svrhu preglednije usporedbe.

U računalnom programu AutoCAD izrađeni su nacrti reguliranog stanja korita. Nacrti se sastoje od situacijskog prikaza reguliranog korita rijeke Save od rkm362+488 do rkm 367+710 u mjerilu 1:5000 poprečnih i uzdužnih presjeka projektiranih građevina na predmetnoj dionici.

Izrađen je troškovnik radova za realizaciju ovog projekta.

4. IDEJNO RJEŠENJE

Dionica rijeke Save koja se regulira ovim projektom počinje u RKM 362+488 a završava u RKM 367+710. U nastavku će se prikazati konfiguracija korita postojećeg i reguliranog stanja koja predstavlja ulaz u proračunski računalni program HEC-RAS kako je to navedeno u prethodnom tekstu. Na temelju geodetskih podloga definirane su visinske kote korištene za izradu modela. Prema geodetskim podlogama visinska kota desne obale rijeke Save na predmetnoj dionici iznosi 87.5 m.n.m., a lijeve obale 87.8 m.n.m. Predmetna dionica se sastoji od 3 protusmjerne krivine i 2 međupravca. Na slici 26. prikazano je postojeće stanje korita.



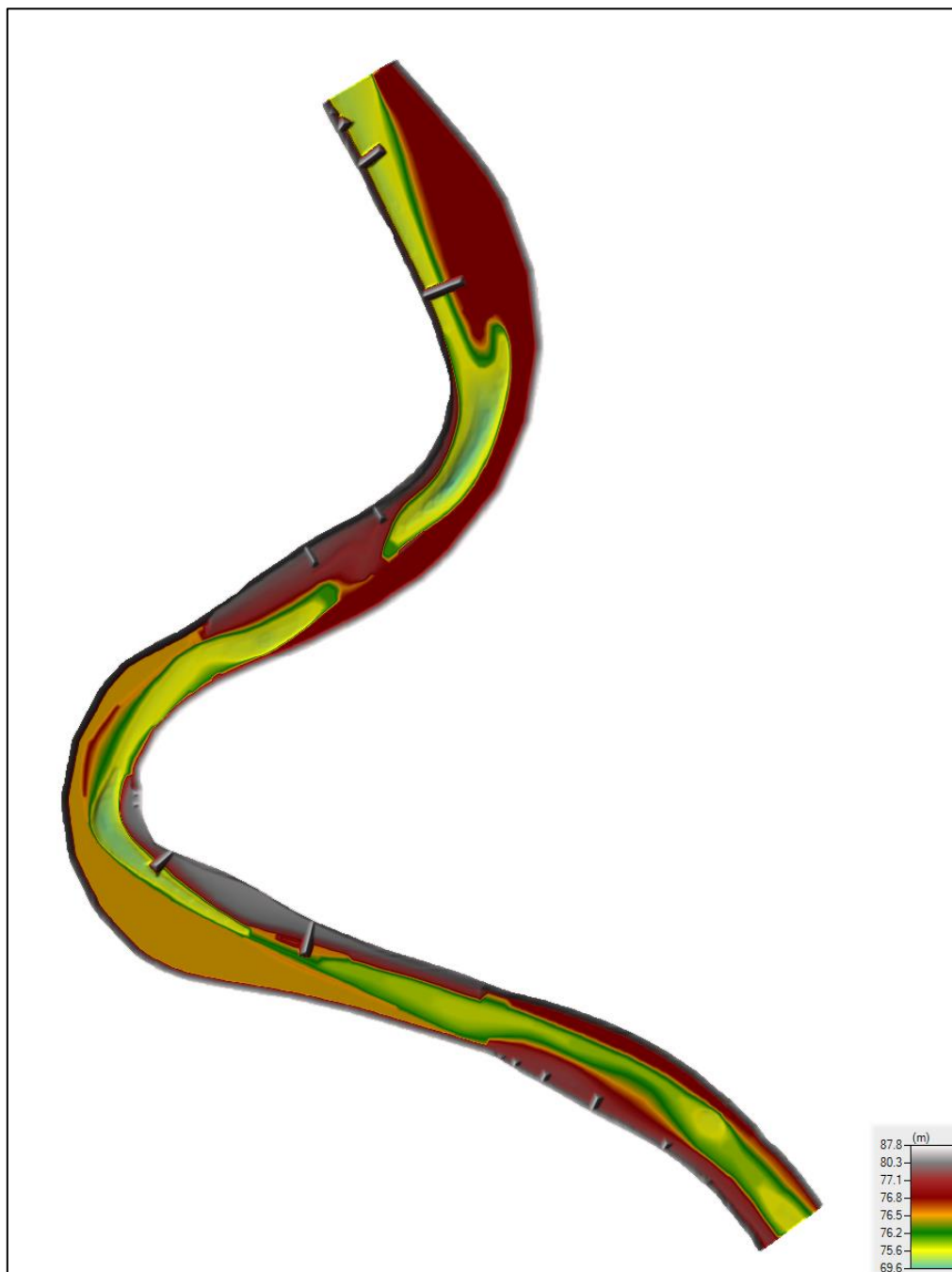
Slika 26. Batimetrija postojećeg stanja – ulazni podataka za softver HEC-RAS

Na projektnoj dionici predviđene su tri vrste regulacijskih građevina. U zonama gdje očekujemo veće brzine u konkavnim krivinama predviđene su deponije. Zbog većih brzina vodotoka pretpostavka je da će vodotok sam s vremenom erodirati postojeću obalu i proširiti se do mjesta kamenog nabačaja deponije. U konveksnim krivinama gdje postojeće obale želimo izmjestiti „u postojeće korito“ prema osi korita predviđena su regulacijska pera. Nanos koji vodotok vuče s vremenom će zapuniti prostor između regulacijskih pera te će se ostvariti projektirani položaj regulirane obale. Na mjestima na kojima želimo postojeću obalu zadržati u trenutnom položaju predviđene su obaloutvrde kao položajno osiguranje postojeće obale. Tablica 8. u nastavku prikazuje raspored regulacijskih građevina na predmetnoj dionici.

Tablica 8. Shema regulacijskih građevina od rkm 362+488 do rkm 367+710, Sava

| RASPORED REGULACIJSKIH GRAĐEVINA | | | |
|----------------------------------|------------------------|------------------|------------------------|
| LIJEVA OBALA | | DESNA OBALA | |
| Stacionaža [rkm] | Regulacijska građevina | Stacionaža [rkm] | Regulacijska građevina |
| 367+710 | Deponija | 367+710 | |
| 367+113 | | 367+670 | Reg. pero |
| 366+638 | | 367+630 | Reg. pero |
| 366+038 | | 367+500 | Reg. pero |
| 365+527 | | 367+113 | |
| 365+527 | Obaloutvrda | 367+030 | Reg. pero |
| 365+036 | | 366+638 | |
| 365+021 | Reg. pero | 366+181 | Reg. pero |
| 364+969 | Reg. pero | 366+038 | |
| 364+894 | | 365+938 | Reg. pero |
| 364+687 | Reg. pero | 365+578 | Obaloutvrda |
| 364+226 | | 365+493 | |
| 364+168 | Reg. Pero | 365+493 | Deponija |
| 363+629 | Obaloutvrda | 364+894 | |
| 363+541 | | 364+226 | |
| 363+541 | Deponija | 363+667 | |
| 363+269 | | Obaloutvrda | 363+667 |
| 362+867 | | | 363+629 |
| 362+767 | Obaloutvrda | 363+544 | |
| 362+767 | | 363+524 | Reg. pero |
| 362+488 | | 363+474 | Reg. pero |
| | | 363+366 | Reg. pero |
| | | 363+269 | |
| | | 363+171 | Reg. pero |
| | | 362+931 | Reg. pero |
| | | 362+867 | |
| | | 362+735 | Obaloutvrda |
| | | 362+488 | |

Slika 27. u nastavku prikazuje batimetriju reguliranog stanja.



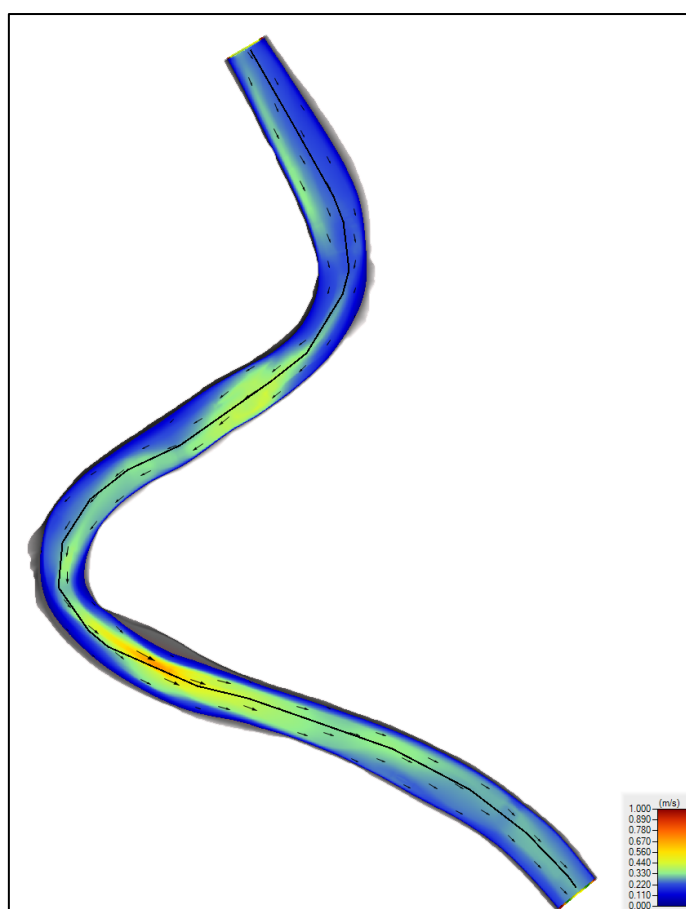
Slika 27. Batimetrija reguliranog stanja – ulazni podataka za softver HEC-RAS

4.1. Rezultati hidrauličkog proračuna

U ovom poglavlju prikazat će se i usporediti rezultati proračuna dobiveni za postojeće i regulirano stanje korita. Proračun je napravljen za vodne događaje male vode (MV), srednje vode (SV) i velike stogodišnje vode (VV). Usporedit će se izlazne vrijednosti brzina postojećeg i reguliranog stanja u uzdužnom presjeku po sredini korita.

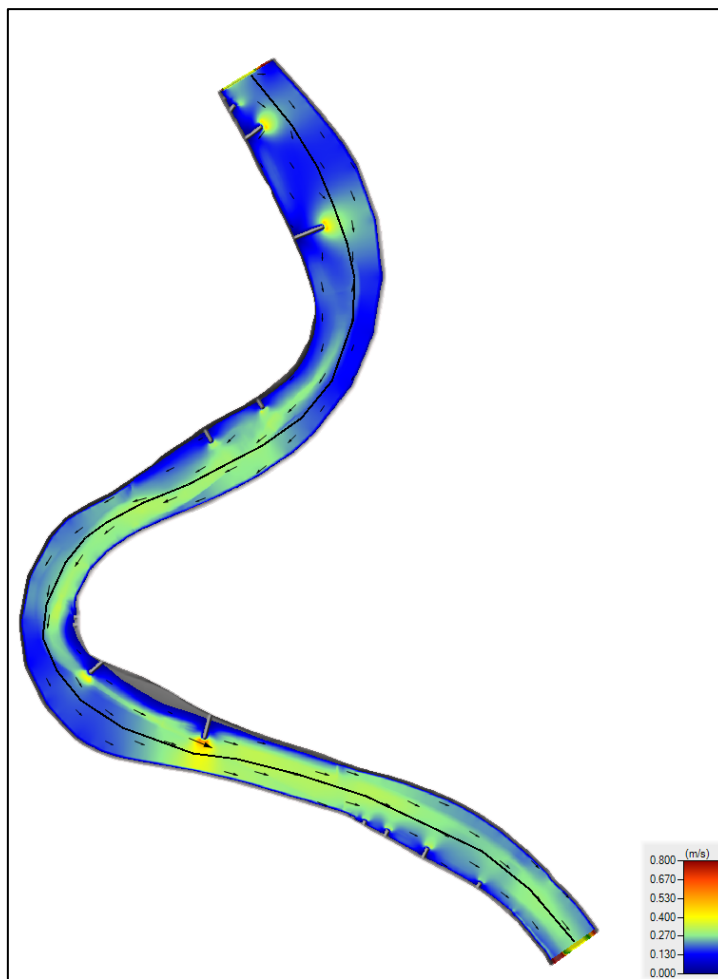
4.1.1. Rezultati hidrauličkog proračuna male vode (MV)

Slika 28. u nastavku prikazuje raspored brzina u uzdužnom presjeku postojećeg korita. Najveća zabilježena vrijednost brzine iznosi 0,656 m/s, a najmanja 0,216 m/s.

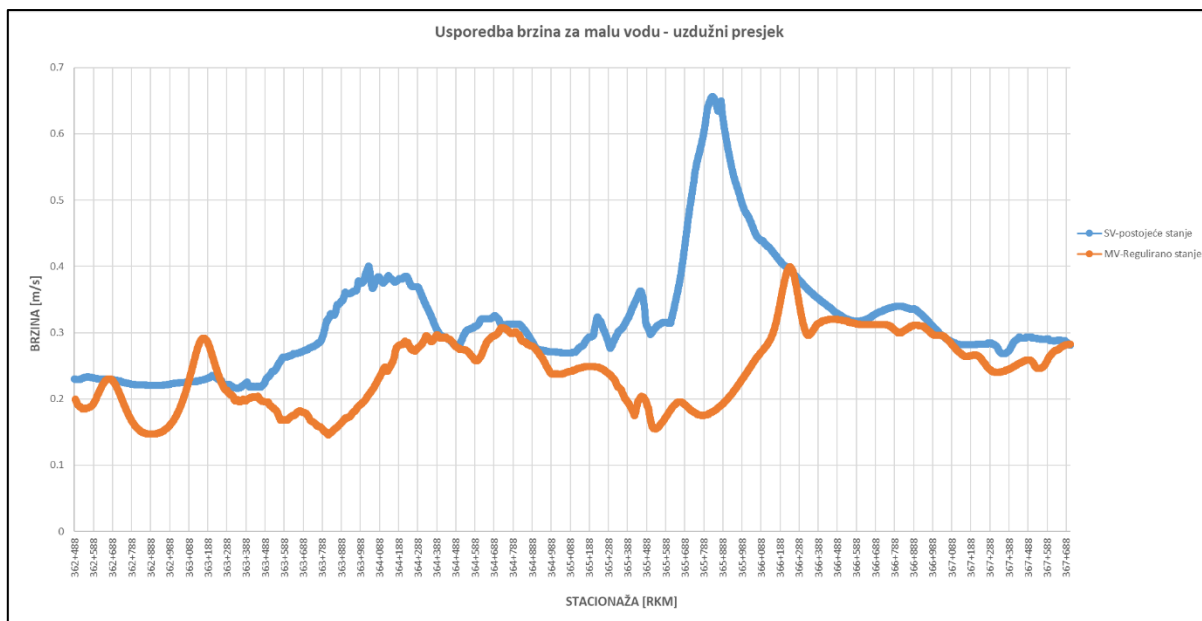


Slika 28. raspored brzina po koritu – postojeće stanje (MV)

Slika 29. u nastavku prikazuje raspored brzina u uzdužnom presjeku reguliranog korita. Najveća zabilježena vrijednost brzine iznosi 0,399 m/s, a najmanja 0,145 m/s.



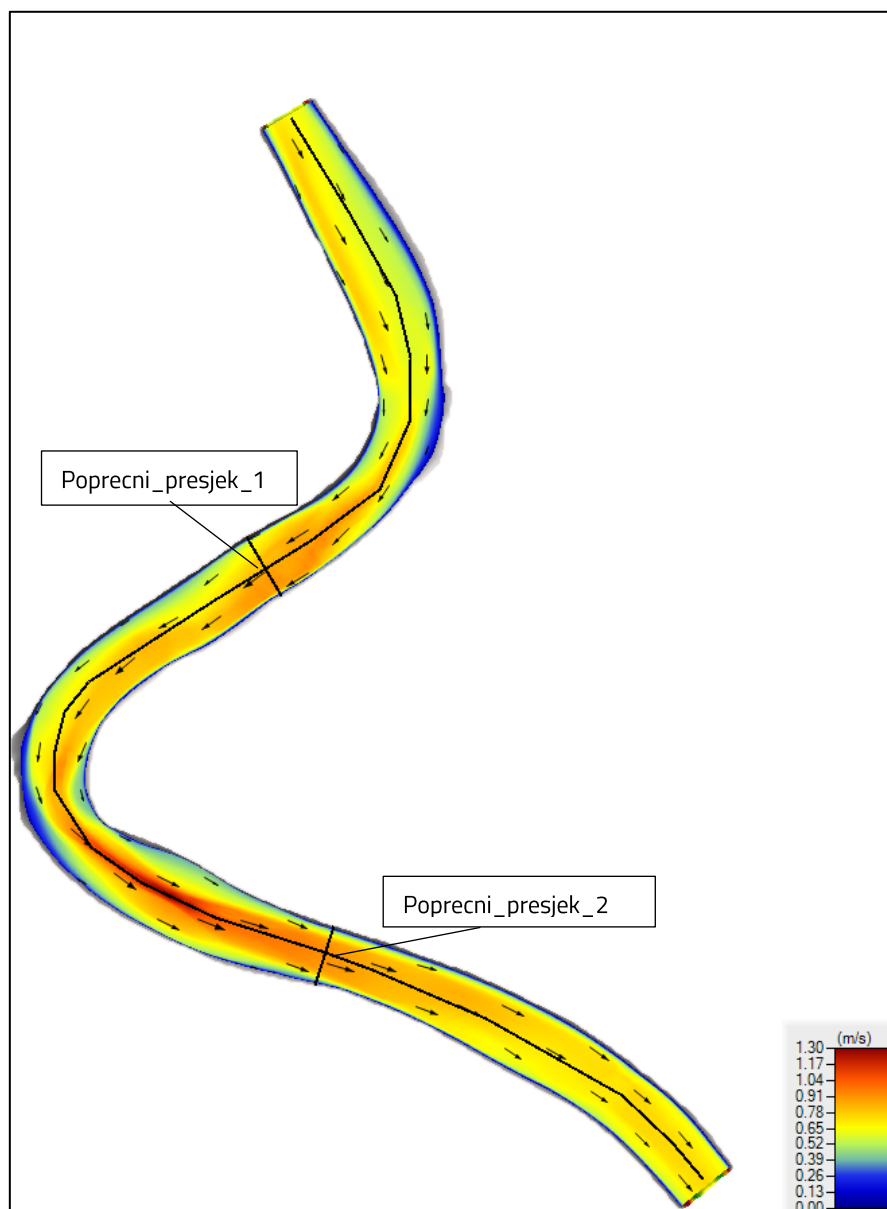
Slika 29. raspored brzina po koritu – regulirano stanje (MV)



Slika 30. usporedba brzina postojećeg i reguliranog stanja za malu vodu

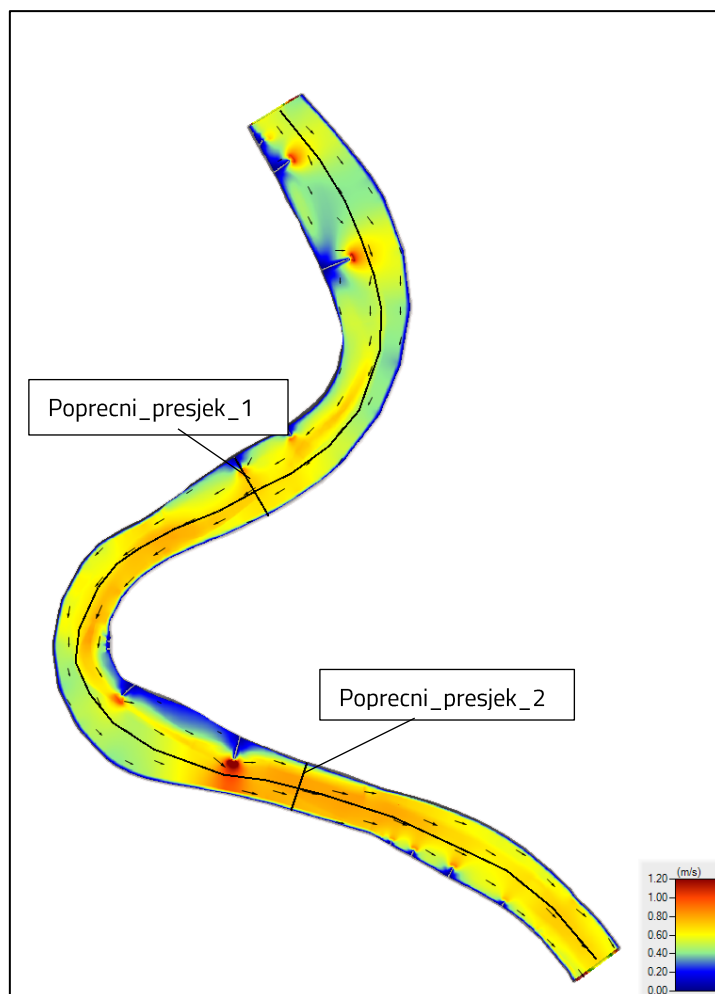
4.1.2. Rezultati hidrauličkog proračuna za srednje vode (SV)

Slika 31. u nastavku prikazuje raspored brzina u uzdužnom presjeku postojećeg korita. Najveća zabilježena vrijednost brzine iznosi 1,139 m/s, a najmanja 0,589 m/s.

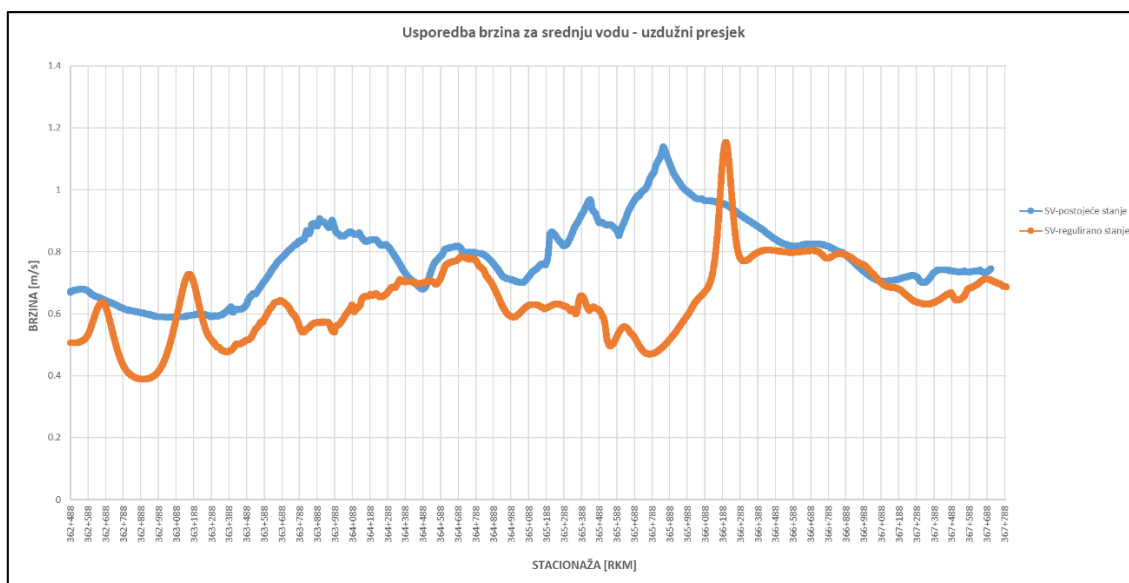


Slika 31. raspored brzina po koritu – postojeće stanje (SV)

Slika 32. u nastavku prikazuje raspored brzina u uzdužnom presjeku postojećeg korita. Najveća zabilježena vrijednost brzine iznosi 1,154 m/s, a najmanja 0,389 m/s.



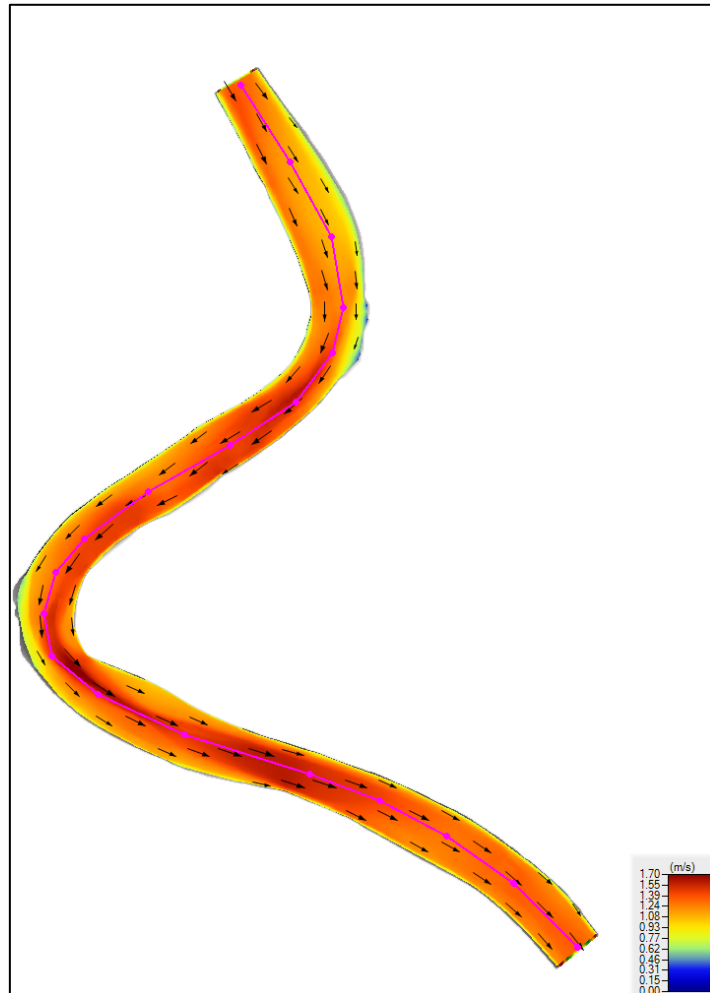
Slika 32. raspored brzina po koritu – regulirano stanje (SV)



Slika 33. Usporedba brzina postojećeg i reguliranog stanja za srednju vodu

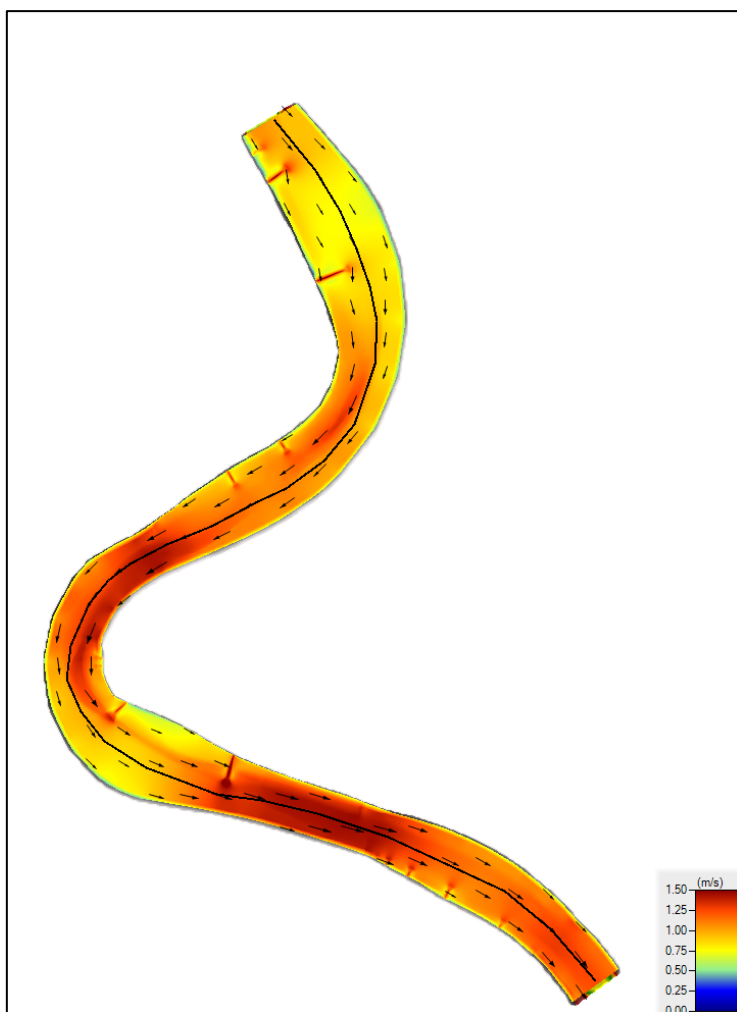
4.1.3. Rezultati hidrauličkog proračuna za stogodišnje velike vode (VV)

Slika 34. u nastavku prikazuje raspored brzina u uzdužnom presjeku postojećeg korita. Najveća zabilježena vrijednost brzine iznosi 1,66 m/s, a najmanja 0,071 m/s.

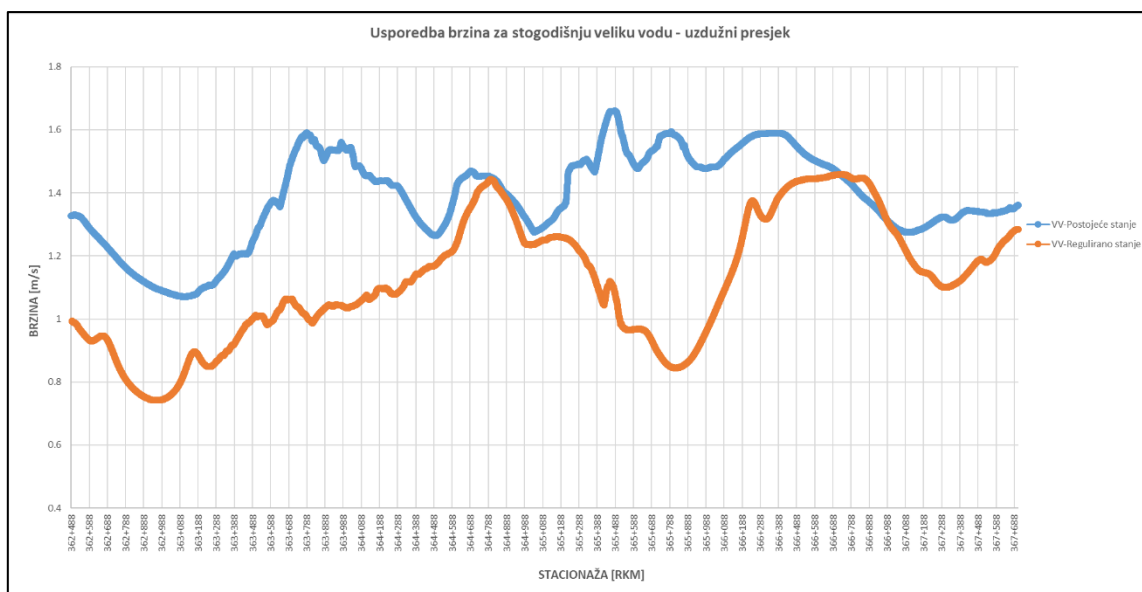


Slika 34. Raspored brzina po koritu – postojeće stanje (VV)

Slika 35. u nastavku prikazuje raspored brzina u uzdužnom presjeku reguliranog korita. Najveća zabilježena vrijednost brzine iznosi 1,46 m/s, a najmanja 0,74 m/s.

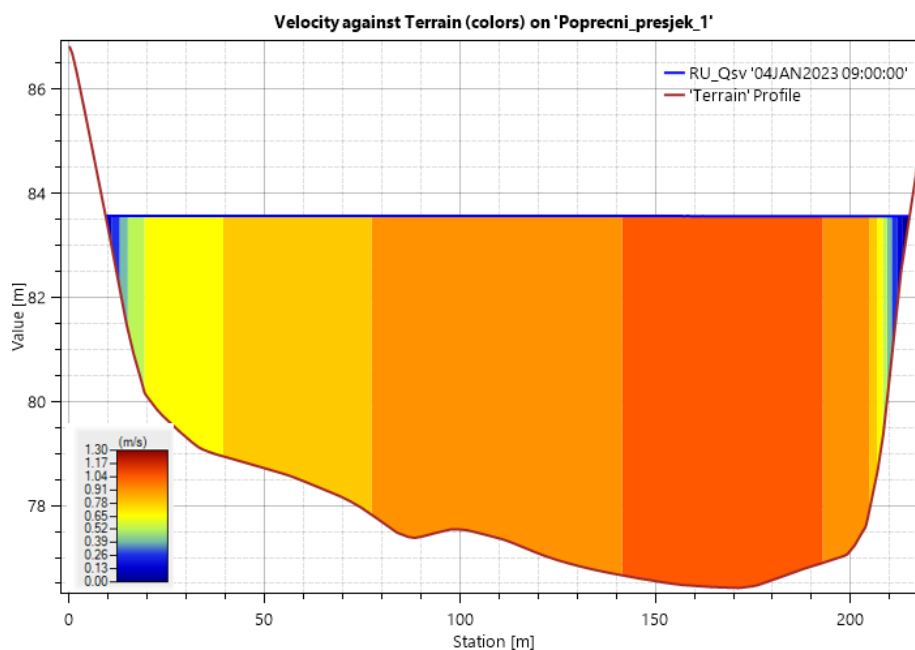


Slika 35. Raspored brzina po koritu – regulirano stanje (VV)

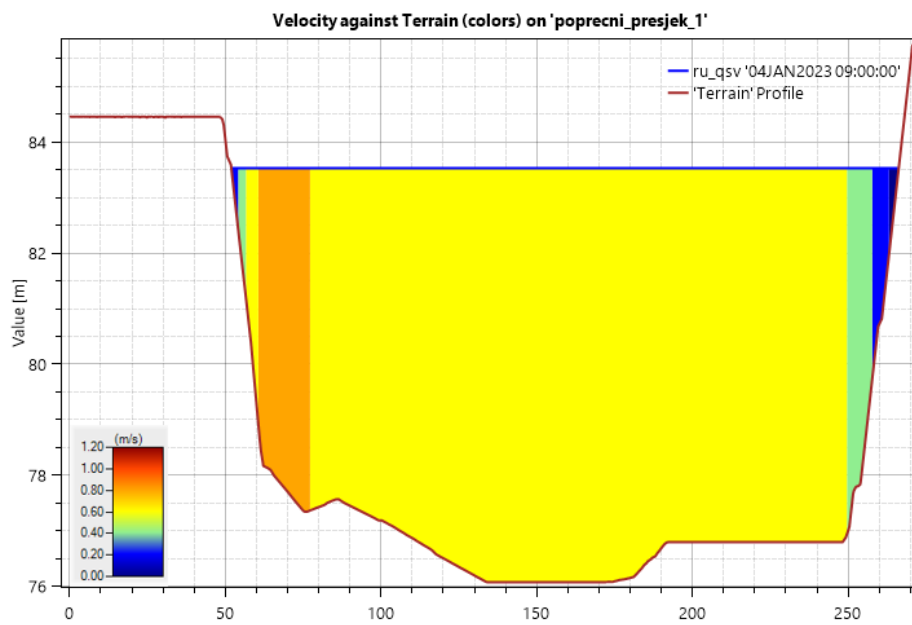


Slika 36. usporedba brzina postojećeg i reguliranog stanja za stogodišnju veliku vodu

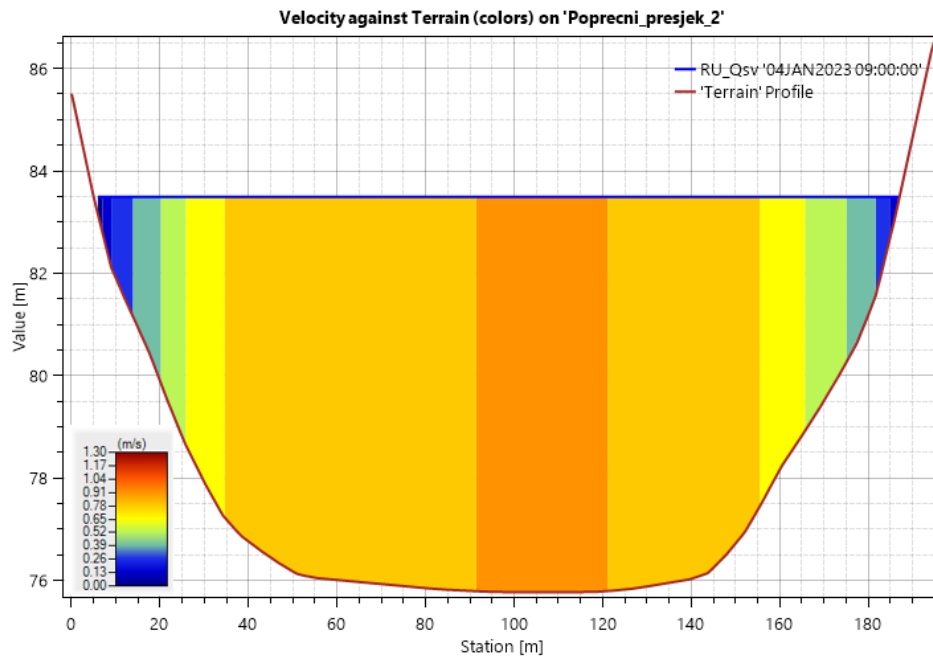
Slike u nastavku prikazuju raspored brzina za srednju vodu kroz definirane poprečne presjeke za postojeće i regulirano stanje korita.



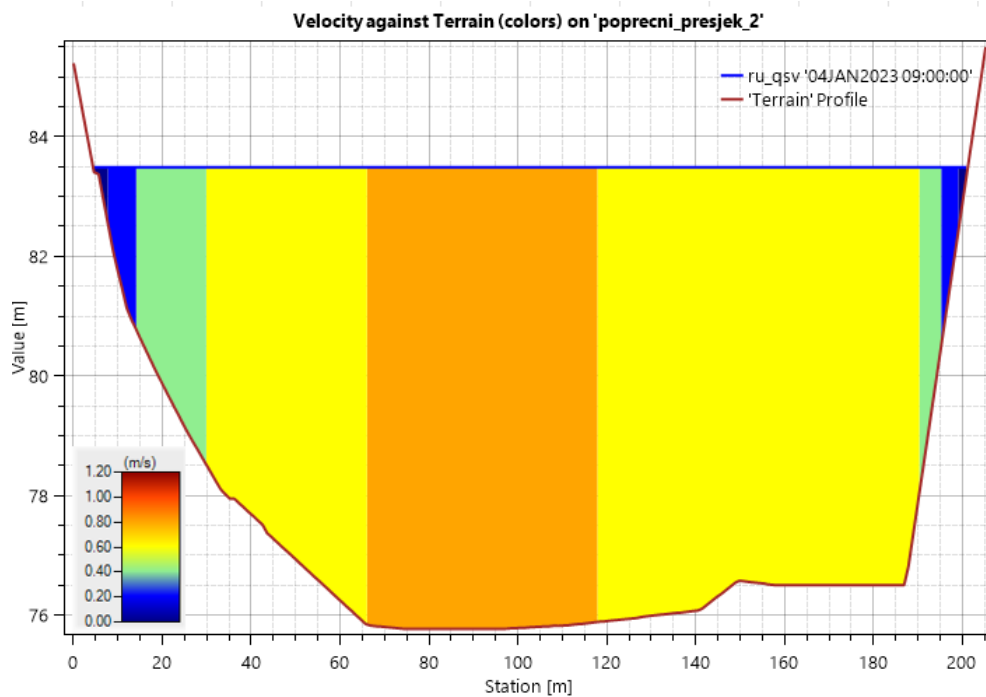
Slika 37. Raspored brzina kroz poprečni presjek 1, postojeće stanje



Slika 38. Raspored brzina kroz poprečni presjek 1, regulirano stanje



Slika 39. Raspored brzina kroz poprečni presjek 2, postojeće stanje



Slika 40. Raspored brzina kroz poprečni presjek 2, regulirano stanje

5. PRORAČUN KONSTRUKCIJA

5.1. Hidraulička opterećenja na građevine

Hidraulički parametri poput vodostaja, protoka, širine vodnog lica, hidrauličkog radijusa, omočenog oboda itd. jedni su od ključnih ulaznih podataka kod projektiranja sigurnih i efikasnih regulacijskih građevina. Ovi parametri zajedno definiraju ponašanje vode u promatranom dijelu riječnog korita. Poznavanje vrijednosti hidrauličkih parametara omogućuje nam izračun sila koje djeluju na građevine te da se iste projektiraju na način da se osigura pouzdana i dugoročna eksploatacija istih. Tablica 8 u nastavku prikazuje podatke koji će se koristiti u daljnjim proračunima.

Tablica 9. Ulazni podaci za proračun, hidraulički parametri

| | Vodostaj (H) [m.n.m.] | Protok (Q) [m ³ /s] | Širina vodnog lica (bw) [m] | Površina presjeka (Ac) [m ²] |
|----|--------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---|
| MV | 80.96 | 227.12 | 177.87 | 635.99 |
| SV | 83.46 | 933.24 | 187.71 | 1092,16 |
| VV | 90.47 | 3598.62 | 208.36 | 2121.62 |

5.1.1. Valno opterećenje uslijed vjetrovnih valova

Vjetrovni valovi formiraju se kao posljedica utjecaja vjetra po površini vode te prenose energiju kroz valno kretanje. Formirana energija vala posljedično utječe na konstrukcije kao što su obaloutvrde, regulacijska pera i druge građevine izložene valovima. Zbog najizraženijeg utjecaja valova za proračun su kao mjerodavni korišteni podaci stogodišnje velike vode.

Ulazni parametri:

$F = 624$ m

duljina privjetrišta

$F_b = b_w = 208.36$ m

širina privjetrišta

$\mu_t = 20 \text{ m/s}$

maksimalna sekundna brzina

 $t = \infty$

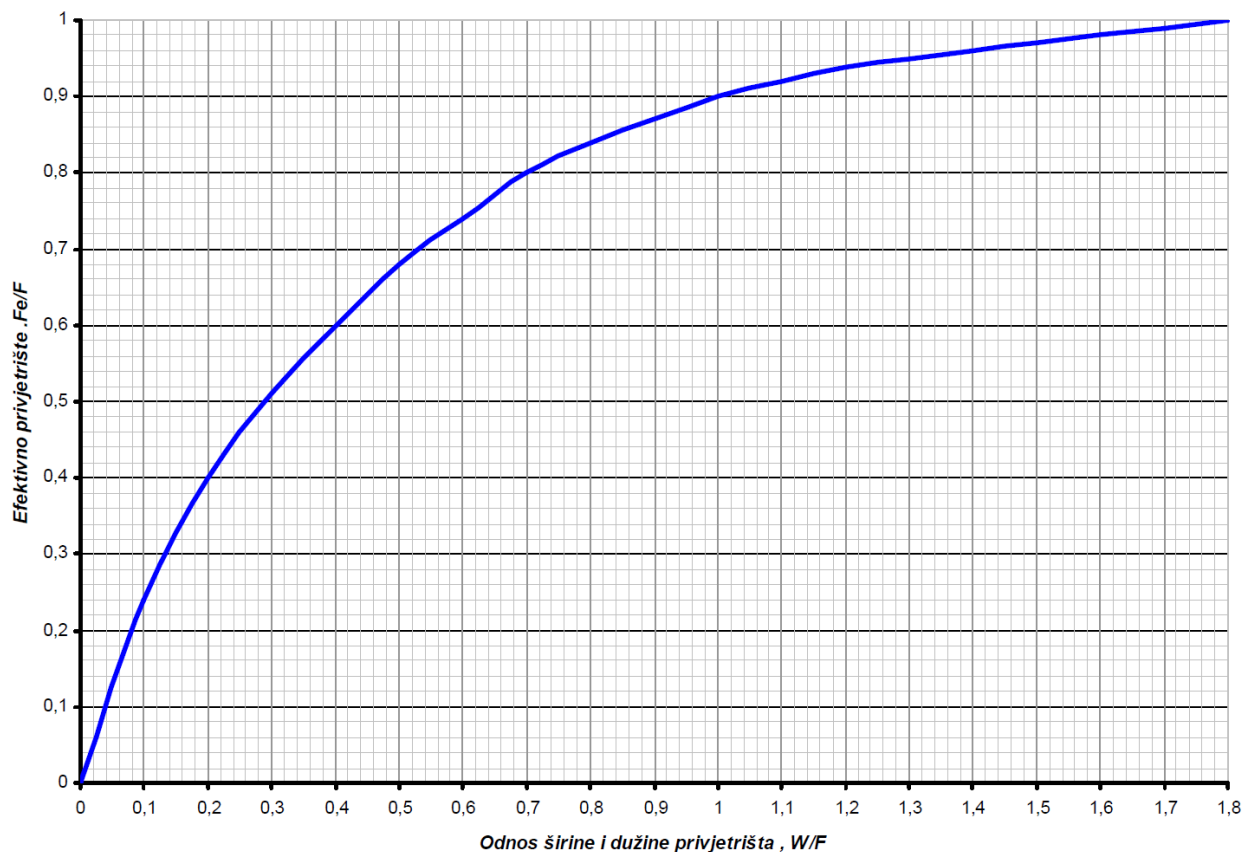
trajanje vjetra

Efektivna duljina privjetrišta (F_E):

$$\frac{F_b}{F} = \frac{b_W}{F} = 208.36/624 = 0.33$$

Slika 41. u nastavku je prikazan graf za određivanje efektivnog privjetrišta iz kojeg je očitano odnos $\frac{F_E}{F} = 0.53$. Nastavno efektivna duljina privjetrišta iznosi:

$$F_E = 0.53 \cdot 624 = 330.72 \text{ m}$$



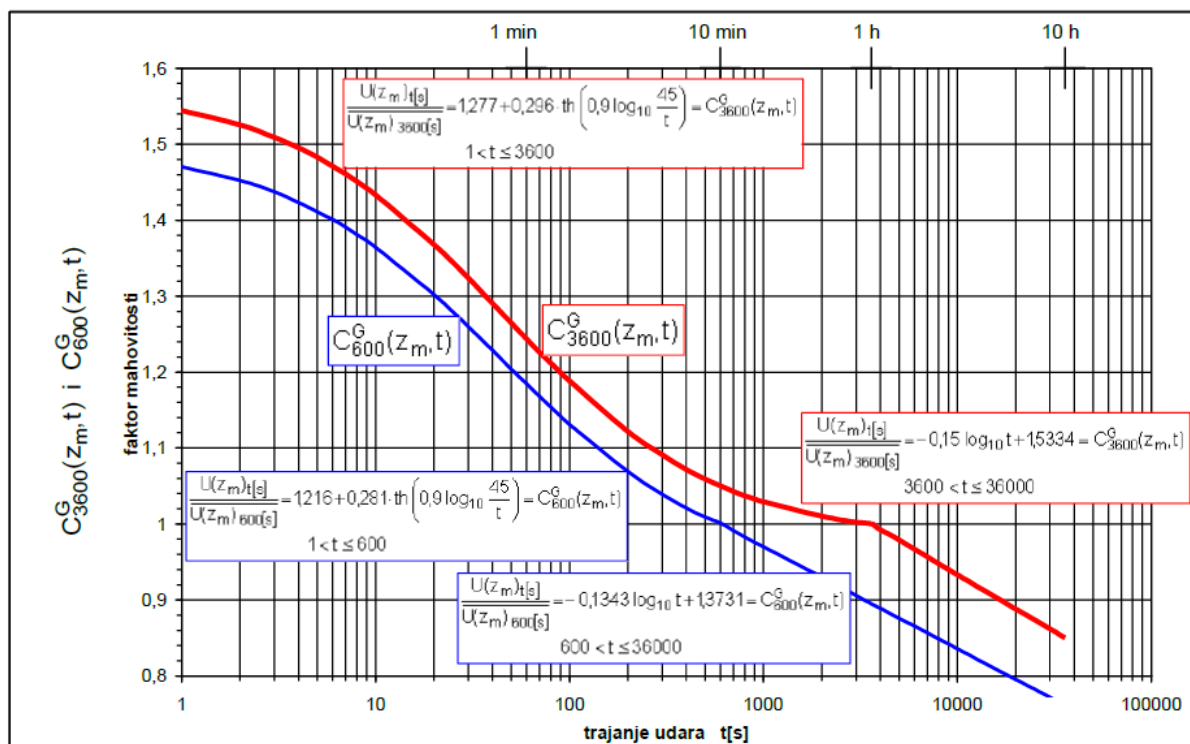
Slika 41. Graf za određivanje efektivnog privjetrišta [5]

Srednja satna brzina vjetra

S obzirom na to da je vjetar promjenjiva pojava koja se mijenja u kratkim vremenskim intervalima, maksimalnu brzinu koja se odnosi na najvišu brzinu u kratkom vremenskom intervalu reduciramo na srednju satnu brzinu vjetra – u_{3600} . Za razliku od kratkotrajnih pojava maksimalne brzine, srednja satna brzina vjetra bolje opisuje prosječnu energiju koju vjetar prenosi valovima tijekom vremena. Pretpostavka je maksimalna brzina vjetra odgovara 1 sekundnom srednjaku vjetra. Slika 41 u nastavku prikazuje graf za određivanje mahovitosti i srednje satne brzine vjetra.

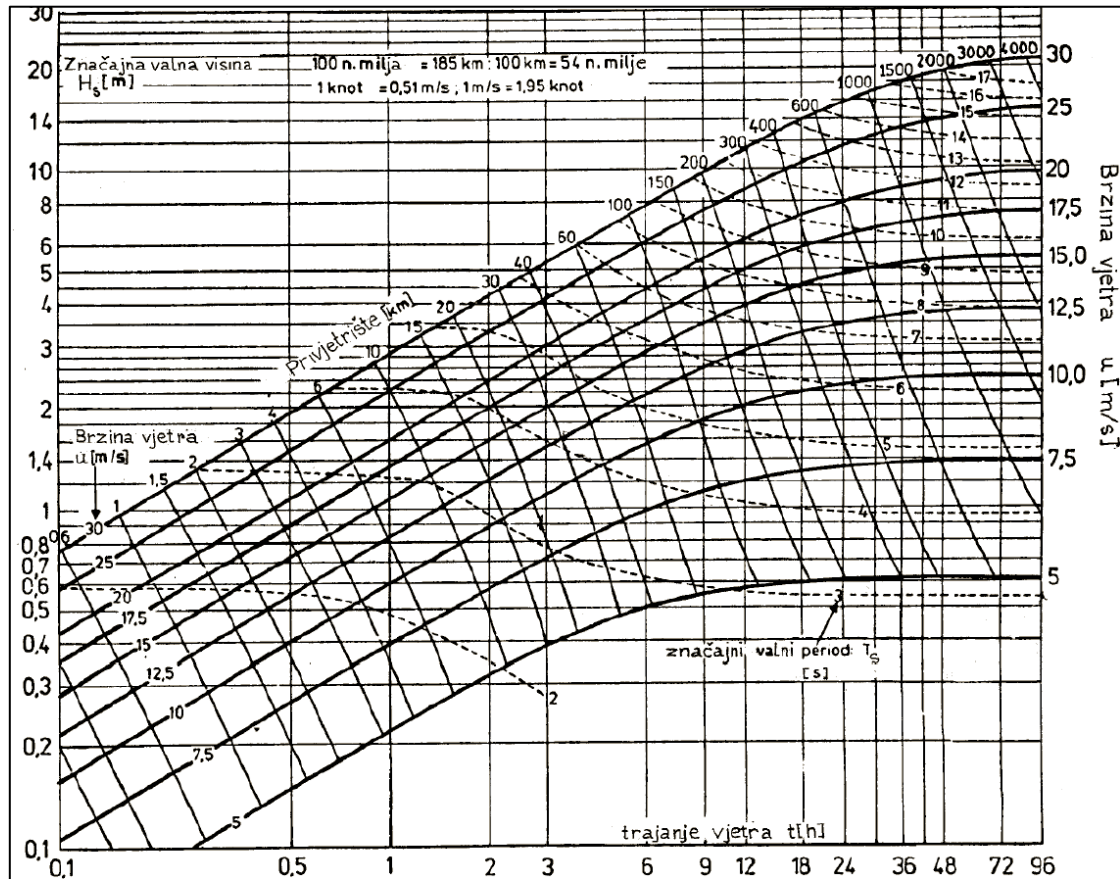
Očitanjem spomenutog dijagrama dobije se:

$$\frac{u_t}{u_{3600}} = 1.55 \rightarrow u_{3600} = \frac{u_t}{1.55} = 20/1.55 = 12.9 \text{ m/s}$$



Slika 42. Dijagram za određivanje faktora mahovitosti i srednje satne brzine vjetra [6]

Slika 42 u nastavku prikazuje Groen – Dorrensteinov dijagram iz kojeg se pomoću vrijednosti izračunate srednje satne brzine vjetra i vrijednosti duljine privjetrišta očitaju vrijednosti značajne valne visine i valnog perioda.



Slika 43. Groen – Dorrenstein dijagram za prognozu dubokovodnog značajnog vala [6]

Očitano:

$$H_s = 0.32 \text{ m}$$

prognozirana značajna valna visina

$$T_s = 1,5 \text{ s}$$

prognozirani značajni valni period

Valna duljina:

$$L_0 = \frac{g \cdot T^2}{2\pi} = \frac{9.81 \cdot 1.5^2}{2\pi} = 3.51 \text{ m}$$

Projektirani val:

$$H_{1/10}^{proj} = 1.275 \cdot H_s$$

$$H_{1/10}^{proj} = 1.275 * 0.32 = 0.408 \text{ m}$$

5.1.2. Valna opterećenja uzrokovana plovilima

Plovni put

Maksimalni ekscentritet plovidbe y određuje se za plovni gabarit na vodotoku i mjerodavno plovilo u rasponu:

$$0 < y < \frac{b_w}{3}$$

Nastavno vrijedi:

$$\text{za MV; } y = 59.29 \text{ m}$$

$$\text{za SV; } y = 62.57 \text{ m}$$

$$\text{za VV}_{100} = 69.45 \text{ m}$$

Kod slučaja ekscentrične plovidbe kao primjenjujemo imaginarnu površinu protočnog presjeka oznake A_{ci} pomoću izraza u nastavku:

$$\frac{A_{ci}}{A_c} = 1 - c_2 \frac{y}{b_w - h \cot \alpha}$$

gdje je:

h – srednja dubina vode [m]

α – kut nagiba pokosa [°]

c_2 – koeficijent određen s obzirom na vrstu plovila

Nastavno vrijedi:

| | MV | SV | VV100 |
|--|--------|---------|---------|
| Y [m] | 59.29 | 62.57 | 69.45 |
| A _c [m ²] | 635.99 | 1092.16 | 2121.62 |
| b _w [m] | 177.87 | 187.71 | 208.36 |
| α [°] | 33 | 33 | 33 |
| h [m] | 3.96 | 6.46 | 10.5 |
| c ₂ | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| A _{ci} [m ²] | 526.23 | 899.95 | 1738.28 |
| h' = A _{ci} /b _w [m] | 2.96 | 4.79 | 8.30 |

Proračun srednje brzine plovidbe, srednjeg sniženja razine i srednje brzine povratne struje

Za potrebe proračuna koristio se energetski Schifov postupak:

$$\bar{h} = \frac{v_s^2}{2g} (\alpha_1 \cdot \left(\frac{A_c}{A_w}\right) - 1)$$

$$\alpha_1 = (1.4 - 0.4) \frac{v_s}{v_L}$$

$$A_c \cdot v_s = A_w (v_s + \bar{u}_r)$$

$$A_w = b_b (h - \Delta \bar{h}) + m (h - \bar{h}^2) - A_m$$

gdje su:

α₁ – koeficijent sigurnosti u Schifovu dijagramu

v_s – realna brzina plovidbe [m/s]

v_L – maksimalna brzina plovidbe [m/s]

u_r – prosječna brzina morske struje [m/s]

Δh – prosječno sniženje razine vode [m]

Brzina plovila uzima se prema izrazu:

$$v_s = 0.9 \cdot v_L \text{ (m/s)}$$

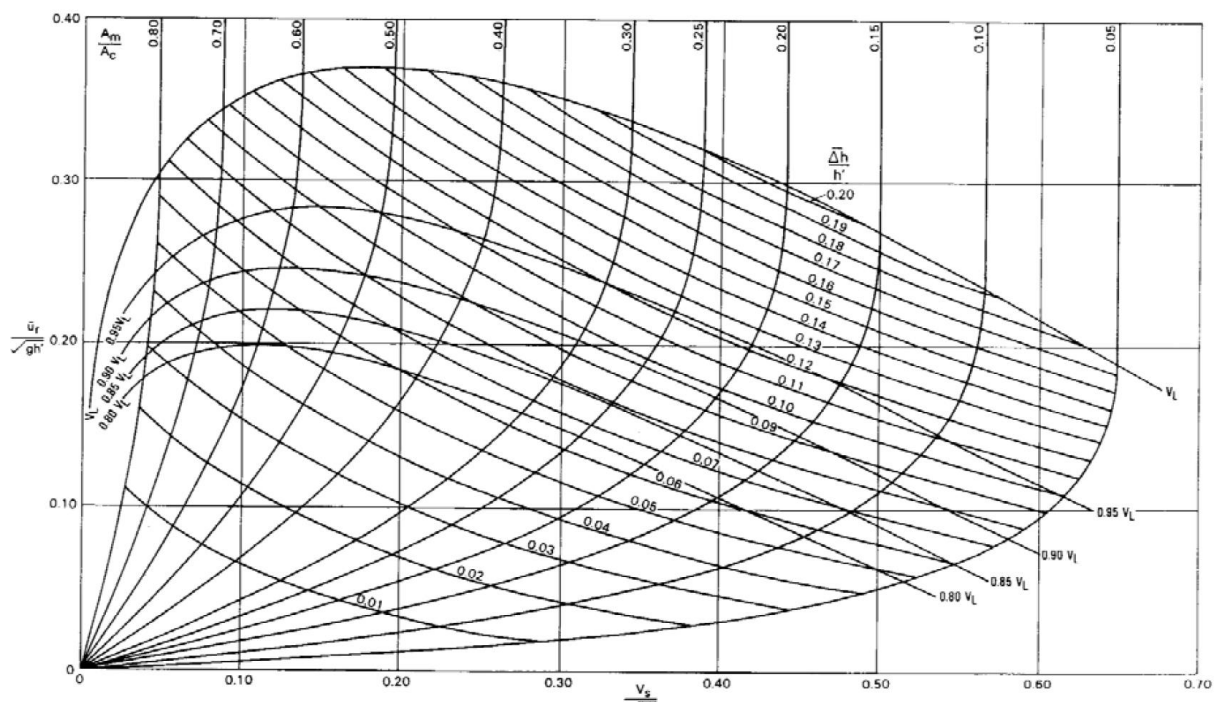
Za kruti potisni sustav niže su navedene mjerodavne dimenzije plovila:

| | |
|-----------------------|----------------|
| $L_s = 85 \text{ m}$ | dužina plovila |
| $B_s = 9.5 \text{ m}$ | širina plovila |
| $T_s = 2.5 \text{ m}$ | gaz plovila |

Nastavno, površina poprečnog omočenog presjeka plovila iznosi:

$$A_m = B_s \cdot T_s = 23.75 \text{ m}^2$$

Slika 40 u nastavku prikazuje Schifov dijagram iz kojega se prema odnosu A_m/A_{ci} i $v_s = 0.9 \cdot v_L$ (m/s) očitaju vrijednosti koeficijenta struje, razine i brzine.



Slika 44. Schifov dijagram [5]

vrijedi:

| | | MV | SV | VV |
|-------------------------|---------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | $\frac{A_m}{A_{Ci}}$ | 0.05 | 0.03 | 0.01 |
| koeficijent struje | $\frac{u_r}{\sqrt{g \cdot h'}}$ | 0.08 | 0.07 | 0.055 |
| koeficijent razine | $\frac{\Delta h}{h'}$ | 0.075 | 0.07 | 0.065 |
| koeficijent brzine | $\frac{v_s}{\sqrt{g \cdot h'}}$ | 0.58 | 0.62 | 0.65 |
| srednja povratna struja | | $u_r = 0.43 \text{ m/s}$ | $u_r = 0.48 \text{ m/s}$ | $u_r = 0.50 \text{ m/s}$ |
| srednje sniženje razine | | $h_{sr} = 0.21 \text{ m}$ | $h_{sr} = 0.34 \text{ m}$ | $h_{sr} = 0.54 \text{ m}$ |
| brzina plovidbe | | $v_s = 3.13 \text{ m/s}$ | $v_s = 4.25 \text{ m/s}$ | $v_s = 5.87 \text{ m/s}$ |

Proračun maksimalne brzine povratne struje i maksimalnog sniženja razine vode

Za mjerodavno plovilo maksimalne vrijednosti sniženja razine vode i brzine povratne struje određeni su prema izrazima:

$$\Delta \bar{u}_r = c_3 \cdot \bar{u}_r$$

$$\Delta \hat{h} = c_3 \cdot \Delta \bar{h}$$

gdje su:

$\Delta \bar{u}_r$ maksimalna brzina povratne struje [m/s]

$\Delta \hat{h}$ maksimalno sniženje razine vode [m]

Koeficijent c_3 definiran je izrazom niže:

$$c_3 = 1.2 + 5 \cdot 10^{-4} \cdot F_h^2 * \frac{b_w}{y_t} \frac{L_s^2}{h \sqrt{A_m}}$$

F_h Froudeov broj

Horizontalni razmak između osi plovila i obale y_t definiran je izrazom:

$$y_t = 0.5b_w - y - 0.5h \cdot \cot \alpha$$

nastavno vrijedi:

| | MV | SV | VV |
|----------------------------|---|---|---|
| F_h | 0.5 | 0.53 | 0.58 |
| y_t | 26.6 | 26.44 | 26.65 |
| c_3 | 1.51 | 1.43 | 1.39 |
| maksimalna povratna struja | $\Delta u_{\hat{r}} = 0.64 \text{ m/s}$ | $\Delta u_{\hat{r}} = 0.67 \text{ m/s}$ | $\Delta u_{\hat{r}} = 0.70 \text{ m/s}$ |
| maksimalno sniženje razine | $\Delta \hat{h} = 0.32 \text{ m}$ | $\Delta \hat{h} = 0.49 \text{ m}$ | $\Delta \hat{h} = 0.75 \text{ m}$ |

Proračun visine poprečnog krmenog vala

Visina poprečnog krmenog vala definirana je izrazom:

$$z_{\max} = \Delta \hat{h}$$

Nastavno vrijedi:

$$\text{za MV; } z_{\max} = 0.32 \text{ m}$$

$$\text{za SV; } z_{\max} = 0.49 \text{ m}$$

$$\text{za VV; } z_{\max} = 0.79 \text{ m}$$

Proračun visine pramčanog vala

Visina pramčanog vala definirana je izrazom:

$$\Delta h_f = 0.1 \cdot \Delta \bar{h} + \Delta \hat{h}$$

Nastavno vrijedi:

$$\text{za MV; } \Delta h_f = 0.34 \text{ m}$$

$$\text{za SV; } \Delta h_f = 0.52 \text{ m}$$

$$\text{za VV; } \Delta h_f = 0.84 \text{ m}$$

Proračun visine sekundarnog vala

Valna visina pikova definirana je izrazom:

$$H_i = h \cdot \left(\frac{s}{h}\right)^{-0.33} \cdot F_h^4$$

gdje su:

$s = \gamma_t - \frac{B_s}{2}$ (m) udaljenost od bočne strane plovila do obale/regulacijske građevine

$L_{wi} = 0.67 \cdot 2\pi \cdot \frac{v_s^2}{g}$ valna duljina sekundarnog vala

Nastavno vrijedi:

| | MV | SV | VV |
|---|---------|---------|---------|
| Valna duljina sekundarnog vala (L_{wi}) | 4.2 m | 7.75 m | 14.79 m |
| Udaljenost od boka plovila do reg. Pera (s) | 21.85 m | 21.69 m | 21.9 m |
| Sekundarni val (H_i) | 0.14 m | 0.34 m | 0.93 m |

5.1.3. Brzina struje na dnu uzrokovana brodskim vijkom

Brzina struje broskog vijka odnosi se na tok vode koji stvara propeler prilikom okretanja. Brodski vijak stvara potisak koji rezultira kretanjem plovila. Sama brzina struje na dnu korita ovisi o brzini plovila. Tablica 10. prikazuje procjenu brzina struja na dnu.

Tablica 10. Procjena brzina struja na dnu

| v_s (m/s) | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
|-------------|-----|---|-----|---|-----|
| u_b (m/s) | 2.5 | 2 | 1.5 | 1 | 0.5 |

Prema ranije izračunatoj brzini plovidbe $v_s = 4.25$ m/s, izvršena je interpolacija vrijednosti iz tablice 9. Procjena brzine struje na dnu uzrokovane brodskim vijkom iznosi $u_b = 0.13$ m/s

5.2. Stabilnost kamenog nabačaja

Proračun stabilnosti kamenog nabačaja je postupak kojim se određuje stabilnost kamenitih elemenata na obalama, regulacijskim građevinama i slično. S obzirom na to da se regulacijske građevine tijekom eksploatacije nalaze pod konstantnim utjecajem sila uzrokovanih valovima, građu istih valja predvidjeti adekvatnim materijalom kako bi mogle ispuniti svoj uporabni rok. U ovom slučaju radi se o dimenzioniranju nazivnog promjera (D_{n50}) kamenog materijala s kojim će se u konačnici izgraditi predmetne građevine.

5.2.1. Stabilnost kamenog nabačaja na djelovanje toka vode

5.2.1.1. Stabilnost kamenog nabačaja po Meyer-Peter-Mülleru

$$\tau_{cr} = \Psi_{cr} \cdot (\rho_s - \rho_w) \cdot g \cdot D_{n50} > \tau_0$$

τ_0 pokretna snaga vode [N/m^2]

τ_{cr} granično posmično naprezanje za specifični materijal [N/m^2]

Ψ_{cr} Shields-ov koeficijent za specifični materijal

Do pokretanja zrna doći će u slučaju:

$$S_{\max} = K_m \cdot \rho \cdot g \cdot h \cdot l > S_{od}; \text{ na dnu}$$

$$S_{\max} = K_m^l \cdot \rho \cdot g \cdot h \cdot l > S_{od}; \text{ na pokosu}$$

$$\tau_{cr} = S_{od} \quad \text{granično naprezanje otpora materijala [N/m^2]}$$

$$k_m = 0.99, k_m^l = 0.77 \quad \text{koeficijenti za odgovarajuću geometriju materijala pokosa}$$

Tablica 11. u nastavku prikazuje vrijednosti koeficijenata korekcije vučne sile za dno i pokose

Tablica 11. Koeficijenti korekcije vučne sile za dno i pokose [1]

| m | 2/1 | | | 3/2 | | | 0 (pravokutnik) | | |
|---|-------|--------|-------|-------|--------|-------|-----------------|--------|-------|
| | k_m | k'_m | k_d | k_m | k'_m | k_d | k_m | k'_m | k_d |
| 0 | 0,00 | 0,65 | 0,3 | 0,00 | 0,565 | 0,3 | 0,000 | 0,000 | 1,0 |
| 1 | 0,78 | 0,73 | | 0,78 | 0,965 | | 0,372 | 0,468 | 1,0 |
| 2 | 0,89 | 0,76 | 0,2 | 0,89 | 0,735 | 0,2 | 0,686 | 0,686 | 1,0 |
| 3 | 0,94 | 0,76 | | 0,94 | 0,743 | | 0,870 | 0,740 | 1,0 |
| 4 | 0,97 | 0,77 | 0,2 | 0,97 | 0,750 | 0,2 | 0,936 | 0,744 | 1,0 |
| 6 | 0,98 | 0,77 | | 0,98 | 0,755 | | | | |
| 8 | 0,99 | 0,77 | 0,2 | 0,99 | 0,760 | 0,2 | | | |

$$m = 2$$

$$b/h > 8$$

$$l = 0.000016 \quad \text{pad vodnog lica}$$

$$H = 10.5 \text{ m} \quad \text{dubina vode, slučaj VV}$$

$$\rho_s = 2650 \text{ kg/m}^3 \quad \text{gustoća mase kamena}$$

$$\rho_w = 1000 \text{ kg/m}^3 \quad \text{gustoća vode}$$

Tražena veličina zrna kamena na dnu:

$$D_{n50} > \frac{K_m * \rho_w * g * h * l}{0.047 * (\rho_s - \rho_w) * g} = \frac{0.99 * 1000 * 9.81 * 10.5 * 0.000016}{0.047 * (2650 - 1000) * 9.81}$$

$$D_{n50} > 0.00214 \text{ m}$$

Promjer zrna kamena za dno uz faktor sigurnosti $F_s = 1.5$ iznosi:

$$D_{n50} > 0.32 \text{ cm}$$

Veličina zrna na pokosu:

$$S_{od}^l = \eta * S_{od}$$

$$\eta = \cos \alpha \sqrt{1 - \frac{\tan^2 \alpha}{\tan^2 \varphi}} = 0.766 \quad \text{koeficijent smanjenja dopuštenog naprezanja}$$

$$\alpha = 27 \quad \text{kut nagiba pokosa (1:2) [°]}$$

$$\varphi = 45 \quad \text{kut unutarnjeg trenja materijala [°]}$$

Tražena veličina zrna kamena na pokosu:

$$D_{n50}^l > \frac{K'' * m * \rho_w * g * h * l}{\eta * 0.047 * (\rho_s - \rho_w) * g} = \frac{0.76 * 1000 * 9.81 * 10.5 * 0.000016}{0.766 * 0.047 * (2650 - 1000) * 9.81}$$

$$D_{n50}^l > 0.002 \text{ m}$$

Promjer zrna kamena na pokosu uz faktor sigurnosti $F_s = 1.5$ iznosi:

$$D_{n50}^l > 0.32 \text{ cm}$$

5.2.1.2. Stabilnost kamenog nabačaja po Pilarczykku

$$\frac{D_{n50}}{h} = \left(\frac{u_{cr}}{B_1 \cdot \sqrt{k' \cdot \psi_{cr} \cdot g \cdot \Delta m \cdot h}} \right)^{2.5}$$

$$d_s = 1 \text{ cm} = 0.01 \text{ m}$$

$$h = 10.5 \text{ m}$$

U nastavku je određena granična brzina toka za slučaj velike vode:

$$\text{Garbrecht : } v_{gr} = 0.57 \cdot d_s^{1/3} \cdot h^{1/2} = 0.38 \text{ m/s}$$

$$\text{Shamov : } v_{gr} = 4.4 \cdot d_s^{1/3} \cdot h^{1/6} = 1.4 \text{ m/s}$$

$$\text{Debsky : } v_{gr} = 0.693 \cdot d_s^{0.267} \cdot h^{0.2} = 0.32 \text{ m/s}$$

$$\text{Laursen : } v_{gr} = 6.19 \cdot d_s^{1/3} \cdot h^{1/6} = 1.97 \text{ m/s}$$

$$u_{cr} = 1.97 \text{ m/s}$$

projektna brzina toka, slučaj VV

$$B_1 = 8$$

koeficijent turbulencije

$$k' = 0.766$$

faktor redukcije nagiba

$$\Psi_{cr} = 0.03$$

Shieldsov koeficijent

$$\Delta m = 1.65$$

relativna uronjena gustoća mase kamena

Tražena veličina zrna kamena:

$$D_{n50} > 10.5 \cdot \left(\frac{1.97}{8 \cdot \sqrt{0.766 \cdot 0.03 \cdot 9.81 \cdot 1.65 \cdot 10.5}} \right)^{2.5}$$

$$D_{n50} > 0.058 \text{ cm}$$

5.2.2. Stabilnost kamenog nabačaja za valna opterećenja

5.2.2.1. Stabilnost kamenog nabačaja za valno opterećenje valova uzrokovanih vjetrom

$$D_{n50} > \frac{H_{proj} \cdot \sqrt{\xi}}{2.25 \cdot \Delta m}$$

$H_{proj} = 0.41$ m visina projektnog vala

$\xi = \frac{\tan \alpha}{\left(\frac{H_{proj}}{L_0}\right)^{0.5}}$ parametar loma vala

$$D_{n50} > \frac{0.41 \cdot \sqrt{1.49}}{2.25 \cdot 1.65}$$

$$D_{n50} > 0.1348 \text{ m} = 13 \text{ cm}$$

5.2.2.2. Stabilnost kamenog nabačaja za valno opterećenje valova uzrokovanih plovilima

Prema Laboyrieu – poprečni krmeni val:

$$D_{n50} > \frac{z_{max}}{1.5 \cdot (\cot \alpha)^{1/3} \cdot \Delta m}$$

$z_{max} = 0.79$ (m) visina poprečnog krmenog vala

$\cot \alpha = 1.5$ nagib pokosa

$\Delta m = \frac{\rho_s - \rho_w}{\rho_w} = 1.65$ relativna uronjena gustoća mase kamena

Tražena veličina zrna kamena:

$$D_{n50} > \frac{0.79}{1.5 \cdot (\cot 27)^{1/3} \cdot 1.65}$$

$$D_{n50} > 0.278 \text{ m} = 27.8 \text{ cm}$$

Prema Verheyu i Pilarczykku – sekundarni brodski valovi:

$$D_{n50} > \frac{H_t \cdot (\cos \beta)^{0.5}}{1.8 \cdot \Delta m}$$

$\beta = 55^\circ$ kut propagacije vala u odnosu na obalu

$H_i = 0.93$ m visina sekundarnog vala

Tražena veličina zrna kamena:

$$D_{n50} > \frac{0.93 * (\cos 55^\circ)^{0.5}}{1.8 * 1.65} > 0.237 \text{ m} = 23.7 \text{ cm}$$

5.2.3. Stabilnost kamenog nabačaja za opterećenja od struje vode uzrokovanim plovilima

5.2.3.1. Djelovanje povratne struje

Prema Isbash-ovom izrazu definiramo promjer zrna

$$D_{n50} > \frac{0.7 * \widehat{u_r^2}}{g * \Delta m * k}$$

$$v_{gr} = 1.97 \text{ m/s} > 0.70 \text{ m/s}$$

$$k = \cos \alpha \left(1 - \frac{\tan^2 \alpha}{\tan^2 \varepsilon_s} \right)^{0.5} = 0.766$$

$$\alpha = 27^\circ \quad \text{kut nagiba pokosa (1:2)}$$

$$\varepsilon_s = 45^\circ \quad \text{prirodni kut kamenog nabačaja}$$

Tražena veličina zrna kamena:

$$D_{n50} > \frac{0.7 * 1.97^2}{9.81 * 1.65 * 0.766} > 0.219 \text{ m} = 21.9 \text{ cm}$$

5.2.3.2. Djelovanje struje broskog vijka

Nazivni promjer zrna kamena dobije se prema izrazu:

$$D_{n50} > \frac{1.3 * u_b^2}{g * \Delta m * k}$$

$$u_b = 0.13 \text{ m/s} \quad \text{brzina struje na dnu inducirana broskim vijkom}$$

Tražena veličina zrna kamena:

$$D_{n50} > \frac{1.3 * 0.13^2}{9.81 * 1.65 * 0.766} > 0.0018 \text{ m} = 0.18 \text{ cm}$$

5.2.4. Rekapitulacija proračuna stabilnosti kamenog nabačaja

Tablica 12. u nastavku prikazuju rekapitulaciju proračuna i odabranu dimenziju promjera zrna kamenog materijala koji će se koristiti u izgradnji projektiranih regulacijskih građevina.

Tablica 12. Rezultati proračuna stabilnosti kamenog nabačaja

| OPTEREĆENJE | PRORAČUN | PROMJER ZRNA | ODABRANI PROMJER ZRNA |
|-------------------|------------------------|--------------|-----------------------|
| | | Dn50 (cm) | Dn50 (cm) |
| Erozija | Meyer -Peter Müller | >0.32 | 30 |
| | Pilarczyk | >0.058 | |
| Valno opterećenje | Poprečni krmeni val | >27.8 | |
| | Sekundarni brodski val | >23.7 | |
| | Vjetrovni valovi | >13 | |
| Struje | Povratna struja | >21.9 | |
| | Struja broskog vijka | > 0.18 | |

5.3. Dimenzioniranje temeljne nožice obaloutvrde

$$G_n > (F/f) \cdot (\eta \cdot \operatorname{tg} \Theta) \text{ (kN)}$$

vrijedi:

$$F = [G_v \cdot (\sin \Theta - f_v \cdot \cos \Theta) + G_s \cdot (\sin \Theta - f_s \cdot \cos \Theta)] \cdot \cos \Theta \text{ (kN)}$$

gdje je:

| | |
|------------------------|--|
| G_n (kN) | potrebna težina nožice |
| $f = 0,65$ | koef. trenja nožice i podloge (0,65 ako je podloga šljunak) |
| $\eta = 1,5$ | koef. sigurnosti konstrukcije obaloutvrde |
| $\Theta = 33,69^\circ$ | kut nagiba kosine (1:1,5) |
| G_v (kN) | težina dijela obaloutvrde pod vodom |
| G_s (kN) | težina dijela obaloutvrde iznad vode |
| $f_v = 0,30$ | koef. trenja između dijela obaloutvrde iznad razine vode i podloge |
| $f_s = 0,65$ | koef. trenja između dijela obaloutvrde ispod razine vode i podloge |

Specifične težine materijala:

| | |
|--------------------|---------------------------|
| betonski elementi: | 2400 (kg/m ³) |
| kameni elementi: | 2500 (kg/m ³) |
| prirodni šljunak: | 1800 (kg/m ³) |

Desna obala

$$G_v = 25.14 \cdot (1800 - 1000) \cdot (9.81/1000) = 197.30 \text{ (kN)}$$

$$G_s = 45.62 \cdot (1800 \cdot (9.81/1000)) + 5 \cdot (2400 \cdot (9.81/1000)) + 6.47 \cdot (2500 \cdot (9.81/1000)) = 805.56 + 94.17 + 158.67 = 1061.41 \text{ (kN)}$$

$$F = (197.30 \cdot (\sin 33.69 - 0.3 \cdot \cos 33.69) + 1061.41 \cdot (\sin 33.69 - 0.65 \cdot \cos 33.69)) \cdot \cos 33.69 = (60.19 + 14.72) \cdot \cos 33.69 = 62.33 \text{ (kN)}$$

$$G_n > (62.33/0.65)(1.5 - \operatorname{tg}33.69)$$

$$G_n > 79.91 \text{ (kN)}$$

Lijeva obala

$$G_v = 30.09 \cdot (1800 - 1000) \cdot (9.81/1000) = 236.14 \text{ (kN)}$$

$$G_s = 57.73 \cdot (1800 \cdot (9.81/1000)) + 6.5 \cdot (2400 \cdot (9.81/1000)) + 6.8 \cdot (2500 \cdot (9.81/1000)) = \\ 1019.40 + 153.06 + 166.77 = 1339.23 \text{ (kN)}$$

$$F = (236.14 \cdot (\sin 33.69 - 0.3 \cdot \cos 33.69) + 1339.23 \cdot (\sin 33.69 - 0.65 \cdot \cos 33.69)) \cdot \cos 33.69 \\ = (68.07 + 18.57) \cdot \cos 33.69 = 72.09 \text{ (kN)}$$

$$G_n > (72.09/0.65)(1.5 - \operatorname{tg}33.69)$$

$$G_n > 92.42 \text{ (kN)}$$

6. TROŠKOVNIK

| 1 REGULACIJA KORITA RIJEKE SAVE OD RKM 362+488 DO RKM 367+710 | | | | | |
|---|---|----------------|----------|------------------------|---------------------|
| 1.1 PRIPREMNI RADOVI | | | | | |
| Redni broj | Opis stavke | Jedinica mjere | Količina | Jedinična cijena (Eur) | Ukupna cijena (Eur) |
| 1.1.1 | Geodetski radovi-iskolčenje trase vodotoka. Stavka obuhvaća sva geodetska mjerenja kojima se podaci iz projekta prenose na teren i obrnuto u razdoblju od početka radova do predaje svih radova investitoru. Obračun je po kilometru iskolčene trase u skladu s projektom. | km | 5.22 | 2,212.82 | 11,555.35 |
| 1.1.2 | Uklanjanje grmlja, šiblja i drveća do Ø 10 cm s odsijecanjem grana na dužine pogodne za prijevoz, čišćenje i uklanjanje sveg nepotrebnog materijala zaostalog nakon izvedenih radova, uključujući utovar i prijevoz na mjesto oporabe ili zbrinjavanja. Obračun je po m2 očišćene zarasle površine. | m2 | 4,760.00 | 0.29 | 1,402.51 |
| 1.1.3 | Uklanjanje drveća i panjeva Ø 10-30 cm s odsijecanjem grana na dužine pogodne za prijevoz, čišćenje i uklanjanje sveg nepotrebnog materijala zaostalog nakon izvedenih radova, uključujući utovar i prijevoz na mjesto oporabe ili zbrinjavanja. Obračun je po komadu uklonjenog stabla. | kom | 60.00 | 22.13 | 1,327.73 |

| | | | | | |
|--------------------------------|--|-----|-------|-------|------------------|
| 1.1.4 | Uklanjanje drveća i panjeva Ø većeg od 30 cm s odsijecanjem grana na dužine pogodne za prijevoz, čišćenje i uklanjanje sveg nepotrebnog materijala zaostalog nakon izvedenih radova, uključujući utovar i prijevoz na mjesto oporabe ili zbrinjavanja. Obračun je po komadu uklonjenog stabla. | kom | 25.00 | 44.26 | 1,106.41 |
| PRIPREMNI RADOVI UKUPNO | | | | | 15,392.00 |

| 1.2 ZEMLJANI RADOVI | | | | | |
|---------------------|---|----------------|------------|------------------------|---------------------|
| Redni broj | Opis stavke | Jedinica mjere | Količina | Jedinična cijena (Eur) | Ukupna cijena (Eur) |
| 1.2.1 | Strojni iskop rova paralelnog sa reguliranom obalom za polaganje kamenih naslaga deponije . Iskop je u materijalu kategorije "C", stavka obuhvaća iskop, utovar, prijevoz na privremeno ili stalno odlagalište, istovar, razastiranje i planiranje iskopanog materijala na odlagalištu, te svu opremu i rad potreban za potpuno dovršenje stavke. | m3 | 23,000.00 | 2.21 | 50,830.00 |
| 1.2.2 | Strojni iskop postojećih obala u zonama obaloutvrda. Iskop je u materijalu kategorije "C", stavka obuhvaća iskop, utovar, prijevoz na privremeno ili stalno odlagalište, istovar, razastiranje i planiranje iskopanog materijala na odlagalištu, te svu opremu i rad potreban za potpuno dovršenje stavke. | m3 | 202,276.00 | 2.21 | 447,533.47 |

| | | | | | |
|-------|---|----|------------|-------|--------------|
| 1.2.3 | Priprema i planiranje podloge, postavljanje fašinskog madraca na duljini nožice obaloutvrde, duljini pera. Fašinski madrac sastoji se od geotekstila kazetiranog fašinskim kobama Ø 20 i lomljenog kamena 15-30 mm u sloju debljine 30 cm. Obračun po m2 | m2 | 56,000.00 | 15.00 | 840,000.00 |
| 1.2.4 | Izrada kamenog nasipa na mjestima nastanka deponije. Stavka uključuje utovar, prijevoz i strojno nasipanje prema detalju iz projekta | m3 | 121,950.00 | 17.50 | 2,134,125.00 |
| 1.2.5 | Izrada nožice obaloutvrde od drobljenog kamenog materijala. Stavka uključuje utovaru prijevozno sredstvo, prijevoz na mjesto ugradnje te izradu nožice prema detalju iz projekta. Obračun po m3 stvarno ugrađenog materijala | m3 | 71,400.00 | 20.00 | 1,428,000.00 |
| 1.2.6 | Izrada tijela obaloutvrde od refuliranog materijala frakcije 16-63 mm. Stavka uključuje strojno zbijanje, planiranje i uređenje pokosa prema detalju iz projekta. Obračun po m3 stvarno ugrađenog materijala | m3 | 129,480.00 | 20.00 | 2,589,600.00 |
| 1.2.7 | Uređenje tijela pokosa polaganjem netkanog geotekstila. Geotekstil služi kao podloga za završnu oblogu građevine. Obračun po m2 stvarno ugrađenog materijala | m2 | 117,860.00 | 1.32 | 155,575.20 |
| 1.2.8 | Izrada završne obloge tijela obaloutvrde. U cijenu uključena nabava kamenog materijala i filtarskog sloja pijeska, strojni utovar i prijevoz materijala na predmetnu lokaciju i izradu završne obloge prema detalju iz projekta. Obračun po m3 stvarno ugrađenog materijala | m3 | 11,100.00 | 27.00 | 299,700.00 |

| | | | | | |
|-------------------------------|--|----|-----------|-------|---------------------|
| 1.2.9 | Izrada tijela regulacijskih pera od lomljenog kamenog materijala. Stavka uključuje nabavu, utovar u prijevozno sredstvo, prijevoz, razastiranje i zbijanje lomljenog kamena na lokaciji pera. Stavka uključuje uređenje pokosa pera prema detalju iz projekta. obračun po m3 stvarno ugrađenog materijala | m3 | 76,900.00 | 26.00 | 1,999,400.00 |
| 1.2.10 | Strojno uređenje i zbijanje krune pera do ujednačene nosivosti, s poravnanjem preostalih vrhova stijena nasipavanjem i razastiranjem izravnavajućeg sloja od čistog sitnijeg kamenog materijala, te planiranjem i zbijanjem do tražene zbijenosti. Izrada krune mora biti prema projektu, osobito obzirom na visinske kote. Obračun po m2 uređene krune pera | m2 | 1,200.00 | 0.50 | 600.00 |
| ZEMLJANI RADOVI UKUPNO | | | | | 9,894,533.67 |

| 1.3 BETONSKI RADOVI | | | | | |
|---------------------|--|----------------|-----------|------------------------|---------------------|
| Redni broj | Opis stavke | Jedinica mjere | Količina | Jedinična cijena (Eur) | Ukupna cijena (Eur) |
| 1.3.1 | Betoniranje i ugradnja betonskih blokova na mjestima nastanka deponija. Stavka uključuje izradu, sav potreban materijal, prijenos i konačnu ugradnju betonskih blokova. Obračun po m3. | m3 | 11,500.00 | 40.00 | 460,000.00 |

| | | | | | |
|-------------------------------|--|----|----------|--------|---------------------|
| 1.3.2 | Betoniranje i ugradnja betonskih ploča za oblaganje tijela obaloutvrde. Stavka uključuje izradu, sav potreban materijal, prijenos i konačnu ugradnju betonskih ploča. Obračun po m3. | m3 | 9,000.00 | 100.00 | 900,000.00 |
| BETONSKI RADOVI UKUPNO | | | | | 1,360,000.00 |

| | |
|--------------------------------|--------------|
| PRIPREMNI RADOVI UKUPNO | 15,392.00 |
| ZEMLJANI RADOVI UKUPNO | 9,894,533.67 |
| BETONSKI RADOVI UKUPNO | 1,360,000.00 |

| | |
|-----------------------|---------------|
| UKUPNO | 11,269,925.67 |
| PDV (25%) | 2,817,481.42 |
| UKUPNO (PDV UKLJUČEN) | 14,087,407.09 |

7. ZAKLJUČAK

Ovim idejnim projektom projektirano je poboljšanje stanja korita rijeke Save na dionici od rkm 362+488 do rkm 367+710. Regulacija obuhvaćena ovim projektom omogućava povećanje protočnog kapaciteta korita čime se smanjuje rizik od poplava i omogućava kontrola velikih voda. Vrijednosti brzina vodotoka unutar korita u reguliranom stanju u odnosu na postojeće stanje su manje a sami raspored brzina je pravilniji. Ovakva regulacija osigurava stabilan tok vode i smanjuje mogućnost erozije korita i obala, a čime se ujedno i smanjuje potreba za stalnim održavanjem i sanacijama. Sve navedeno povećava dugoročnu stabilnost vodotoka. S ekonomskog aspekta, troškovi održavanja korita su smanjeni zbog smanjenog rizika od erozije ili neželjenog taloženja sedimenta. Također, regulacija donosi uštedu kroz smanjene potrebe za opravkama i redovitim intervencijama.

POPIS LITERATURE

- [1] Kuspilić, N.: *Regulacije vodotoka*, Zagreb, 2009.
- [2] Leksikografski zavod Miroslav Krleža. *Hrvatska enciklopedija*. Pristupljeno 10. rujna 2024. <https://www.enciklopedija.hr/>.
- [3] Državna geodetska uprava. (n.d.). *Geoportal*. Preuzeto 10. rujna 2024. s <https://geoportal.dgu.hr/>
- [4] Državni hidrometeorološki zavod. "Sektor za hidrologiju." Pristupljeno 10. rujna 2024. <https://hidro.dhz.hr/>
- [5] Kuspilić, N.: *Postupci zaštite od voda*, Zagreb, 2009.
- [6] Carević, D.; Pršić, M. : *Pomorske građevine*, Zagreb, 2018

POPIS SLIKA

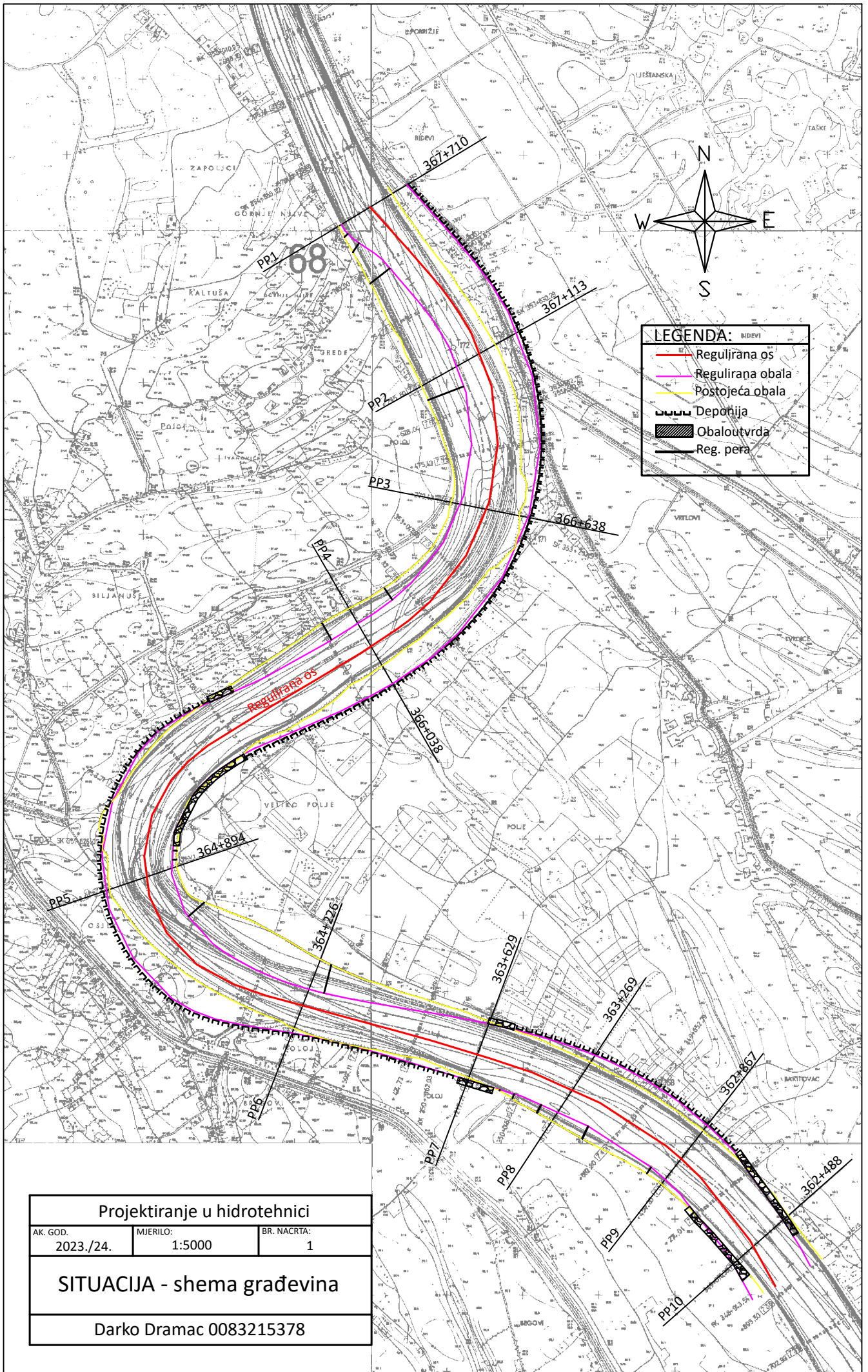
| | |
|---|----|
| Slika 1. Situacijski prikaz dionice rijeke Save od RKM 362+488 do RKM 367+710 [3]..... | 2 |
| Slika 2. Položajni prikaz predmetne dionice u odnosu na vodomjerne postaje: Slavonski Brod i Županja stepenica [4]..... | 5 |
| Slika 3. Krivulje učestalosti i trajanja protoka – vodomjerna postaja Slavonski Brod..... | 6 |
| Slika 4. Krivulje učestalosti i trajanja vodostaja – vodomjerna postaja Slavonski Brod | 7 |
| Slika 5. Krivulje učestalosti i trajanja protoka (sušna godina) – vodomjerna postaja Slavonski Brod..... | 8 |
| Slika 6. Krivulje učestalosti i trajanja protoka (kišna godina) – vodomjerna postaja Slavonski Brod..... | 8 |
| Slika 7. Krivulje učestalosti i trajanja vodostaja (sušna godina) – vodomjerna postaja Slavonski Brod | 9 |
| Slika 8. Krivulje učestalosti i trajanja protoka (kišna godina) – vodomjerna postaja Slavonski Brod..... | 9 |
| Slika 9. Krivulje učestalosti i trajanja protoka – vodomjerna postaja Županja Stepenica.... | 10 |
| Slika 10. Krivulje učestalosti i trajanja vodostaja – vodomjerna postaja Županja Stepenica | 10 |
| Slika 11. Krivulje učestalosti i trajanja protoka (sušna godina) – vodomjerna postaja Županja Stepenica..... | 11 |
| Slika 12. Krivulje učestalosti i trajanja protoka (kišna godina) – vodomjerna postaja Županja Stepenica..... | 11 |
| Slika 13. Krivulje učestalosti i trajanja vodostaja (sušna godina) – vodomjerna postaja Županja Stepenica..... | 12 |
| Slika 14. Krivulje učestalosti i trajanja vodostaja (kišna godina) – vodomjerna postaja Županja Stepenica..... | 12 |
| Slika 15. Konzupcijska krivulja – vodomjerna postaja Slavonski Brod | 13 |
| Slika 16. Konzupcijska krivulja – vodomjerna postaja Županja Stepenica..... | 14 |
| Slika 17. Rezultati teorijske vjerojatnosti pojave protoka, vodomjerna postaja Slavonski Brod..... | 17 |
| Slika 18. Rezultati teorijske vjerojatnosti pojave vodostaja, vodomjerna postaja Slavonski Brod..... | 17 |
| Slika 19. Rezultati teorijske vjerojatnosti pojave protoka, vodomjerna postaja Županja Stepenica..... | 20 |

| | |
|---|----|
| Slika 20. Rezultati teorijske vjerojatnosti pojave vodostaja, vodomjerna postaja Županja Stepenica..... | 20 |
| Slika 21. Q-H krivulja – VP Slavonski brod..... | 22 |
| Slika 22. Q-H krivulja – VP Županja Stepenica..... | 22 |
| Slika 23. Rezultat interpolacije protoka za rkm 365+099, Sava..... | 23 |
| Slika 24. Rezultat interpolacije vodostaja za rkm 365+099, Sava..... | 23 |
| Slika 25. Detaljna batimetrija korita rijeke Save od rkm 362+488 do rkm 367+710..... | 25 |
| Slika 26. Batimetrija postojećeg stanja – ulazni podataka za softver HEC-RAS..... | 28 |
| Slika 27. Batimetrija reguliranog stanja – ulazni podataka za softver HEC-RAS..... | 31 |
| Slika 28. raspored brzina po koritu – postojeće stanje (MV)..... | 32 |
| Slika 29. raspored brzina po koritu – regulirano stanje (MV)..... | 33 |
| Slika 30. usporedba brzina postojećeg i reguliranog stanja za malu vodu..... | 33 |
| Slika 31. raspored brzina po koritu – postojeće stanje (SV)..... | 34 |
| Slika 32. raspored brzina po koritu – regulirano stanje (SV)..... | 35 |
| Slika 33. Usporedba brzina postojećeg i reguliranog stanja za srednju vodu..... | 35 |
| Slika 34. Raspored brzina po koritu – postojeće stanje (VV)..... | 36 |
| Slika 35. Raspored brzina po koritu – regulirano stanje (VV)..... | 37 |
| Slika 36. usporedba brzina postojećeg i reguliranog stanja za stogodišnju veliku vodu..... | 37 |
| Slika 37. Raspored brzina kroz poprečni presjek 1, postojeće stanje..... | 38 |
| Slika 38. Raspored brzina kroz poprečni presjek 1, regulirano stanje..... | 38 |
| Slika 39. Raspored brzina kroz poprečni presjek 2, postojeće stanje..... | 39 |
| Slika 40. Raspored brzina kroz poprečni presjek 2, regulirano stanje..... | 39 |
| Slika 41. Graf za određivanje efektivnog privjetrišta [5]..... | 41 |
| Slika 42. Dijagram za određivanje faktora mahovitosti i srednje satne brzine vjetra [6] | 42 |
| Slika 43. Groen – Dorrenstein dijagram za prognozu dubokovodnog značajnog vala [6] ... | 43 |
| Slika 44. Schifov dijagram [5]..... | 46 |

POPIS TABLICA

| | |
|--|----|
| Tablica 1. Rezultati teorijske vjerojatnosti pojave protoka, vodomjerna postaja Slavonski Brod..... | 15 |
| Tablica 2. Rezultati teorijske vjerojatnosti pojave vodostaja, vodomjerna postaja Slavonski Brod..... | 16 |
| Tablica 3. Rezultati teorijske vjerojatnosti pojave protoka, vodomjerna postaja Županja Stepenica..... | 18 |
| Tablica 4. Rezultati teorijske vjerojatnosti pojave vodostaja, vodomjerna postaja Županja Stepenica..... | 19 |
| Tablica 5. Usvojene vrijednosti – vodomjerna postaja Slavonski Brod..... | 21 |
| Tablica 6. Usvojene vrijednosti – vodomjerna postaja Županja Stepenica..... | 21 |
| Tablica 7. Rezultat interpolacije hidroloških parametara..... | 24 |
| Tablica 8. Shema regulacijskih građevina od rkm 362+488 do rkm 367+710, Sava..... | 30 |
| Tablica 9. Ulazni podaci za proračun, hidraulički parametri..... | 40 |
| Tablica 10. Procjena brzina struja na dnu | 49 |
| Tablica 11. Koeficijenti korekcije vučne sile za dno i pokose [1] | 50 |
| Tablica 12. Rezultati proračuna stabilnosti kamenog nabačaja..... | 55 |

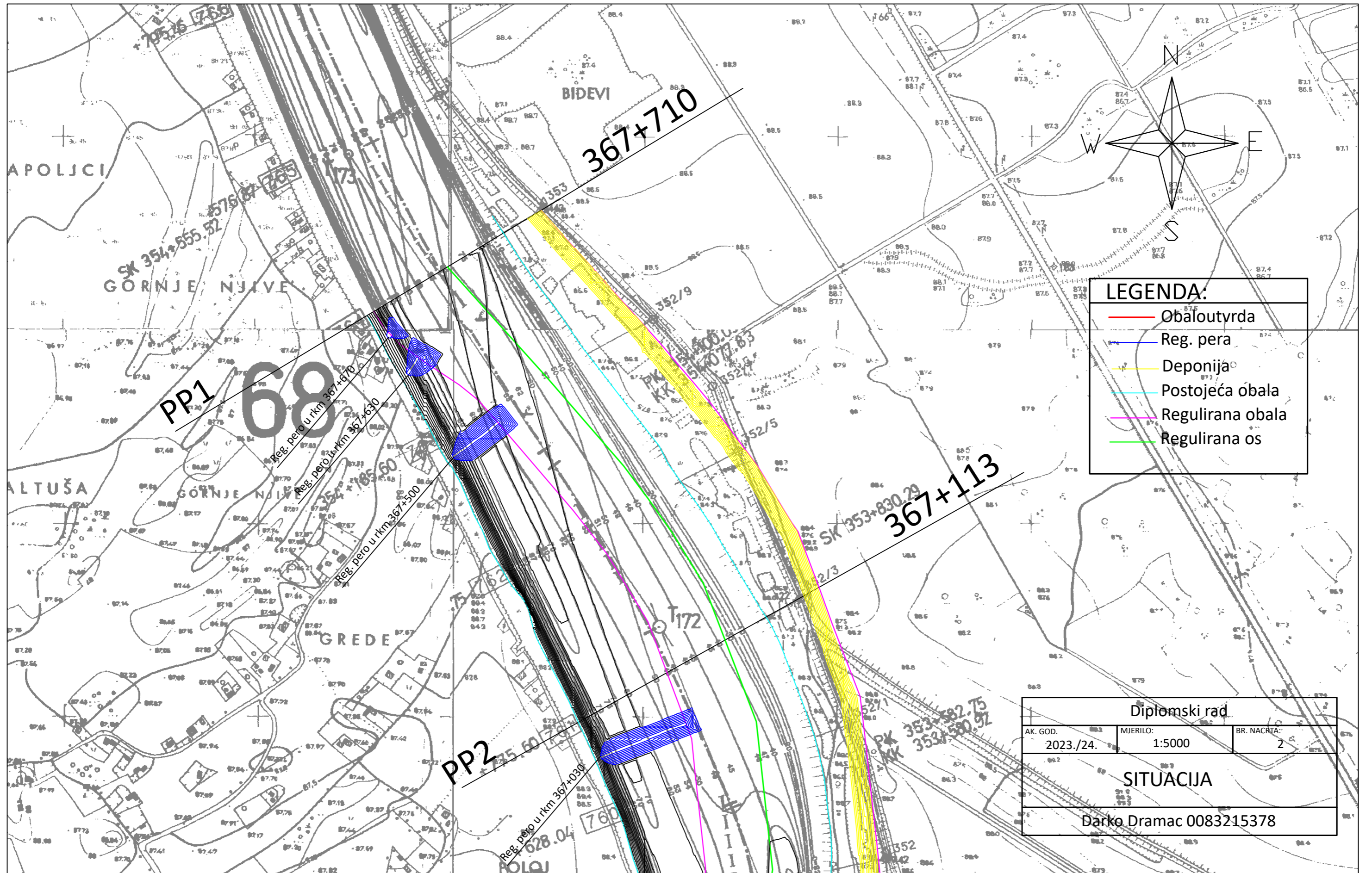
NACRTI



LEGENDA:

- Regulirana os
- Regulirana obala
- Postojeća obala
- ▒▒▒▒ Depoziija
- ▨▨▨▨ Obaloutvrda
- Reg. pera

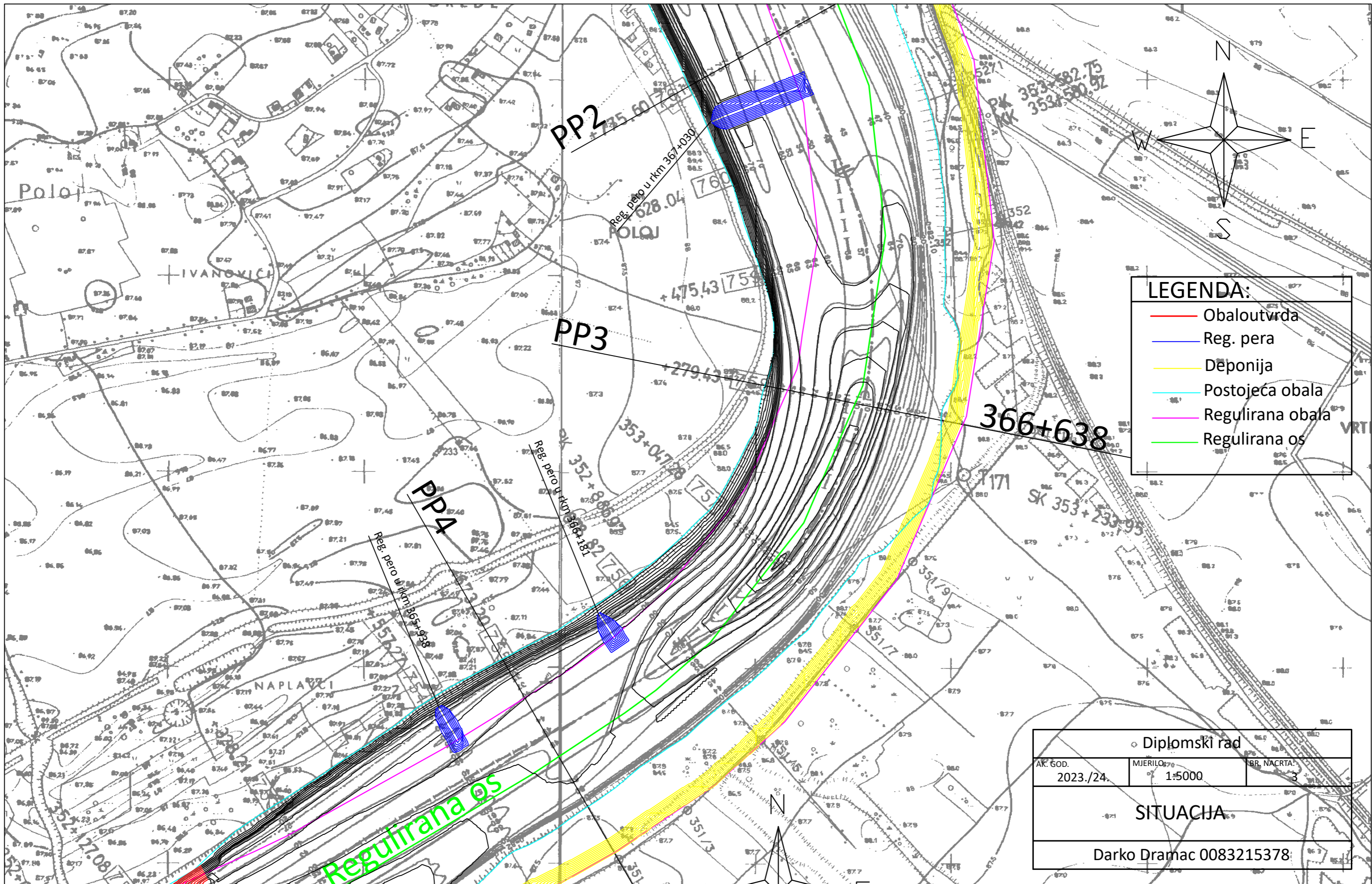
| | | |
|-------------------------------------|--------------------|------------------|
| Projektiranje u hidrotehnici | | |
| AK. GOD. 2023./24. | MJERILO: 1:5000 | BR. NACRTA: 1 |
| SITUACIJA - shema građevina | | |
| Darko Dramac 0083215378 | | |



LEGENDA:

- Obaloutvrda
- ▨ Reg. pera
- ▨ Deponija
- Postojeća obala
- Regulirana obala
- Regulirana os

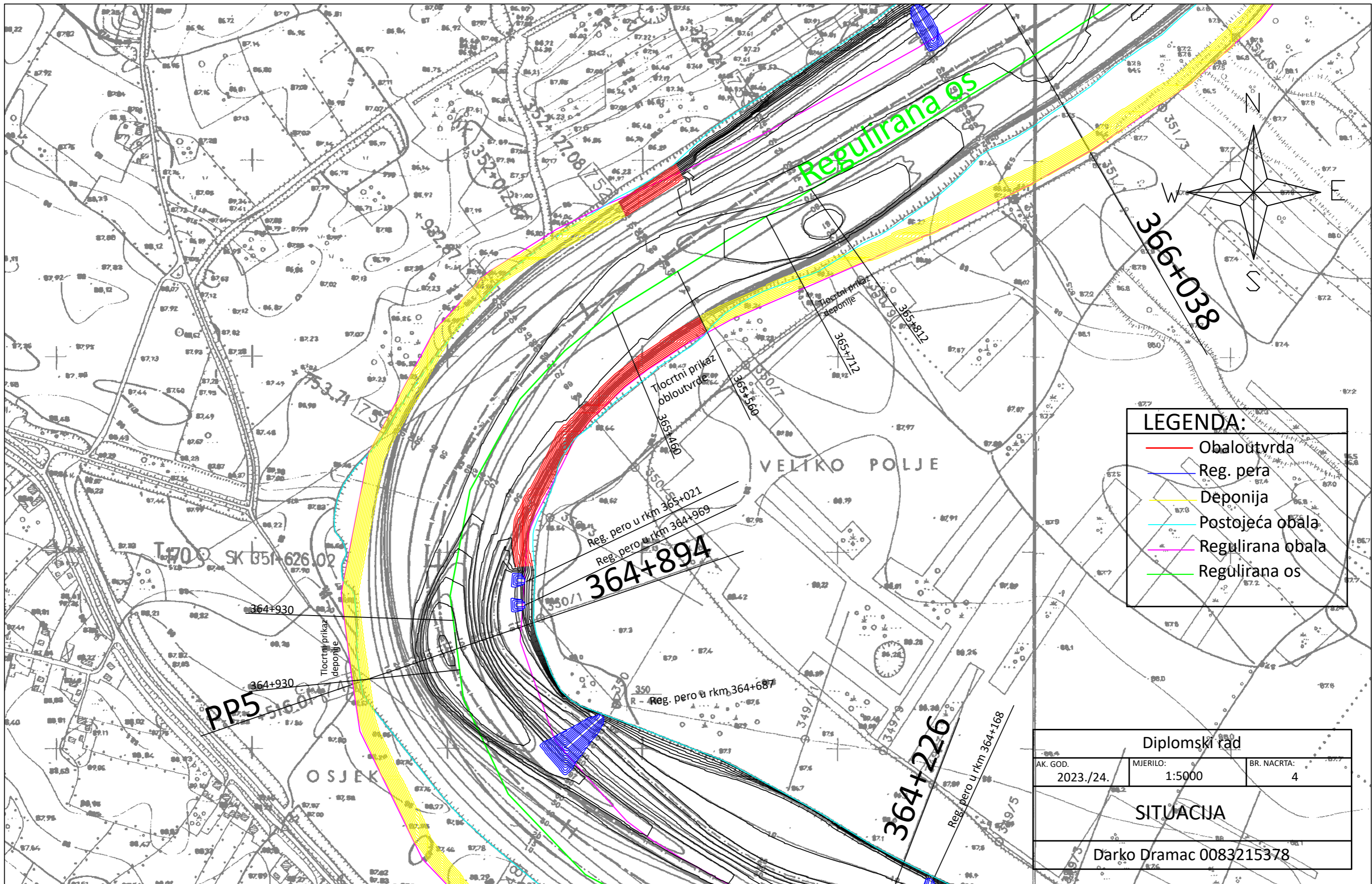
| | | |
|-------------------------|-------------------|------------------|
| Diplomski rad | | |
| AK. GOD. 2023./24. | MIJERO: 1:5000 | BR. NACRTA: 2 |
| SITUACIJA | | |
| Darko Dramac 0083215378 | | |



LEGENDA:

- Obaloutvrda
- Reg. pera
- Deponija
- Postojeća obala
- Regulirana obala
- Regulirana os

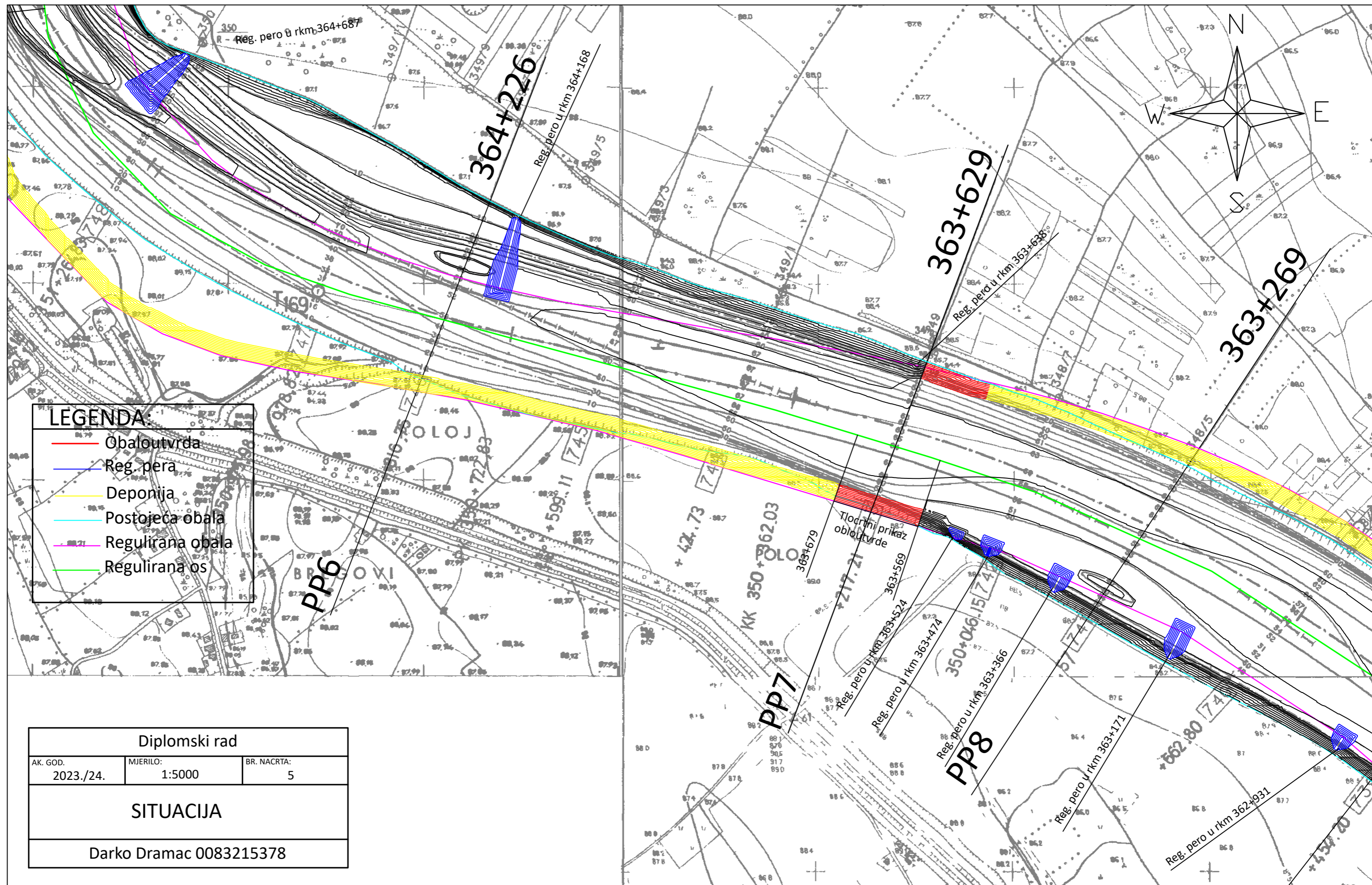
| | | |
|-------------------------|-------------------|-----------------|
| ◊ Diplomski rad | | |
| AK. GOD. 2023./24. | MJERILO 1:5000 | BR. NACRTA 3 |
| SITUACIJA | | |
| Darko Dramac 0083215378 | | |



LEGENDA:

- Obaloutvrda
- Reg. pera
- Deponija
- Postojeća obala
- Regulirana obala
- Regulirana os

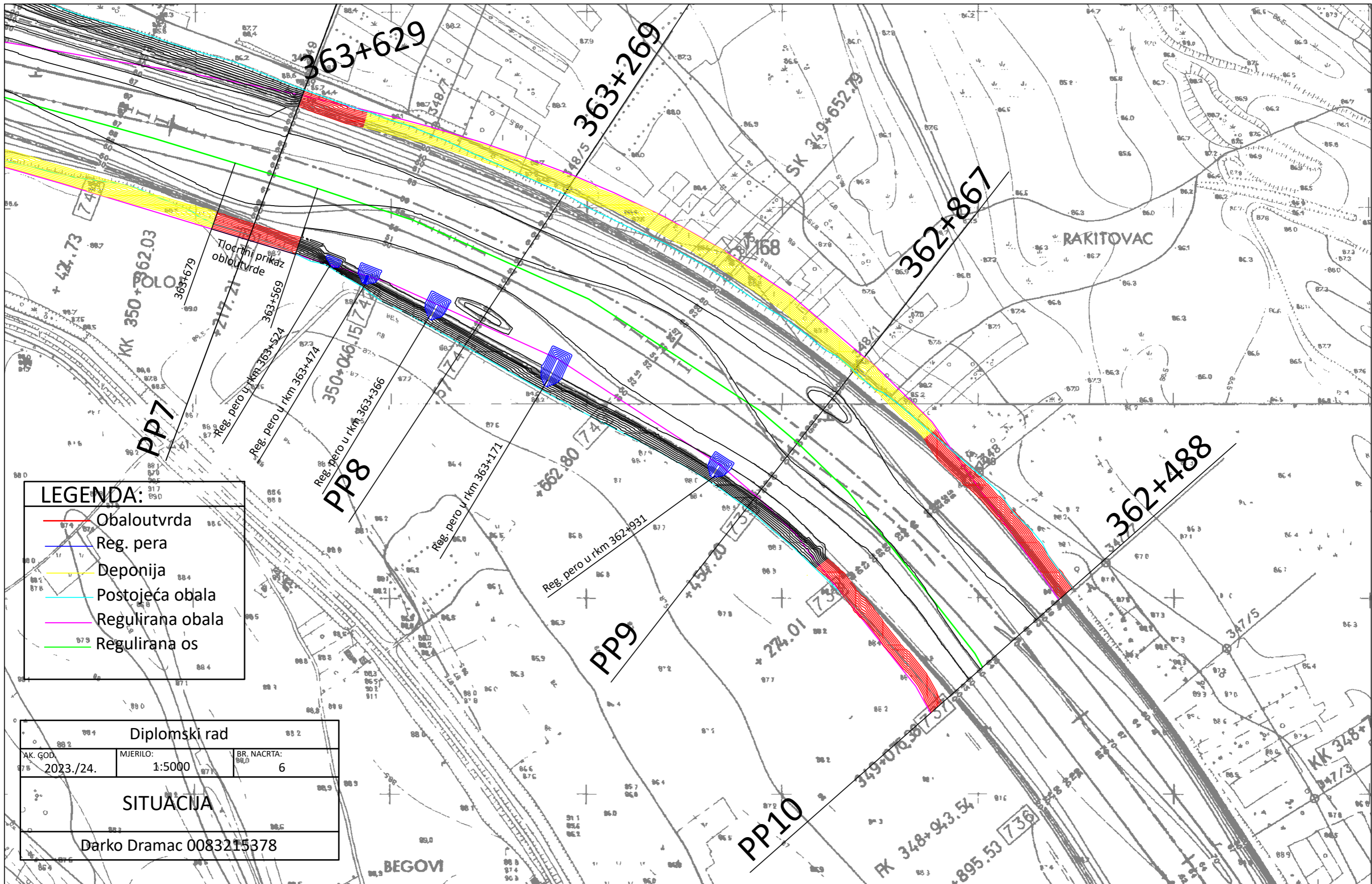
| | | |
|-------------------------|--------------------|------------------|
| Diplomski rad | | |
| AK. GOD. 2023./24. | MJERILO: 1:5000 | BR. NACRTA: 4 |
| SITUACIJA | | |
| Darko Dramac 0083215378 | | |



LEGENDA:

- Obaloutvrda
- Reg. pera
- Deponija
- Postojeća obala
- Regulirana obala
- Regulirana os

| | | |
|-------------------------|--------------------|------------------|
| Diplomski rad | | |
| AK. GOD. 2023./24. | MJERILO: 1:5000 | BR. NACRTA: 5 |
| SITUACIJA | | |
| Darko Dramac 0083215378 | | |



LEGENDA:

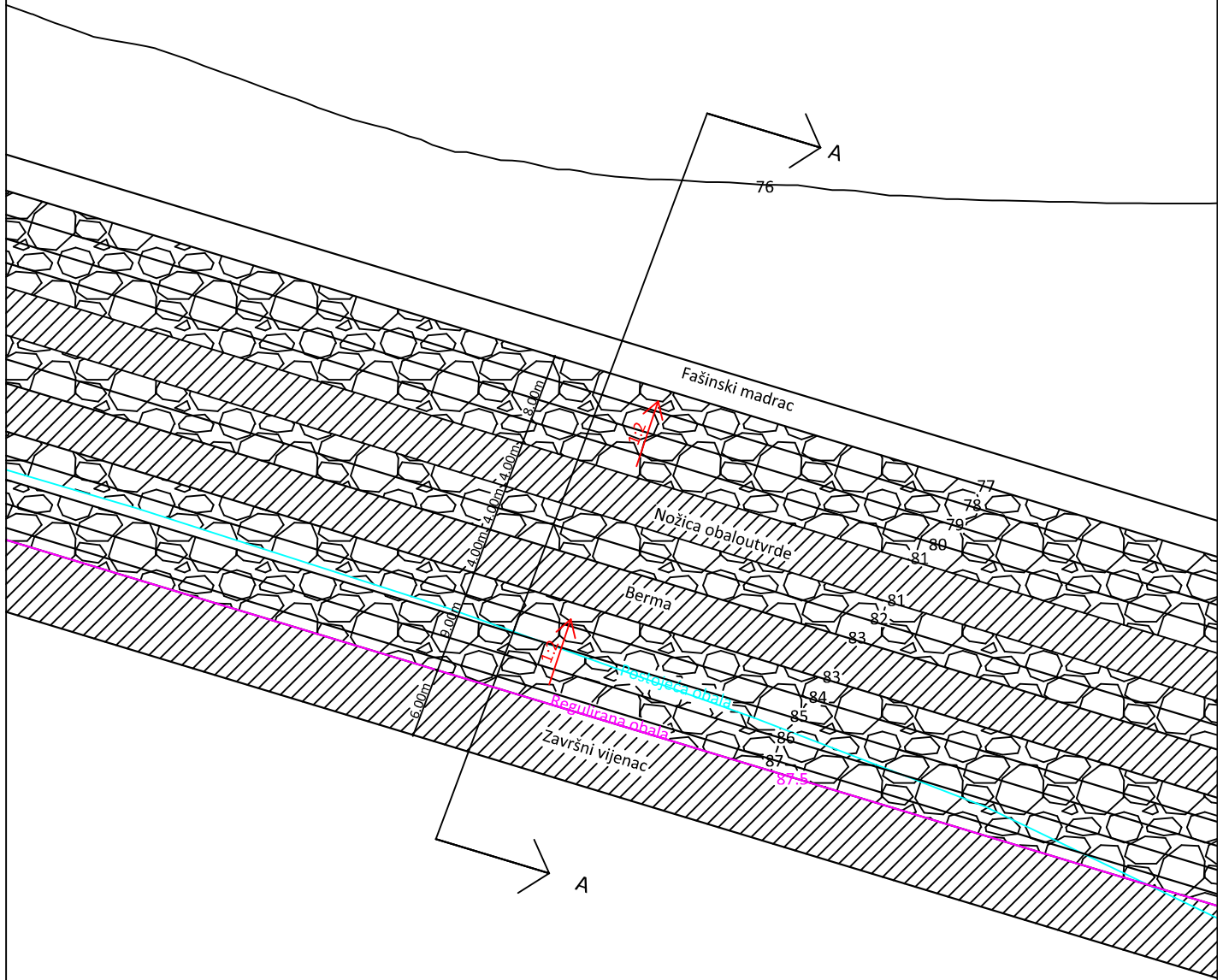
| | |
|--|------------------|
| | Obaloutvrda |
| | Reg. pera |
| | Deponija |
| | Postojeća obala |
| | Regulirana obala |
| | Regulirana os |

| | | |
|-------------------------|----------|-------------|
| Diplomski rad | | |
| AK. GOD. | MJERILO: | BR. NACRTA: |
| 2023./24. | 1:5000 | 6 |
| SITUACIJA | | |
| Darko Dramac 0083215378 | | |

rkm 363+679

Tlocrtni prikaz obaloutvrde na desnoj obali od rkm 363+679 do rkm 363+569

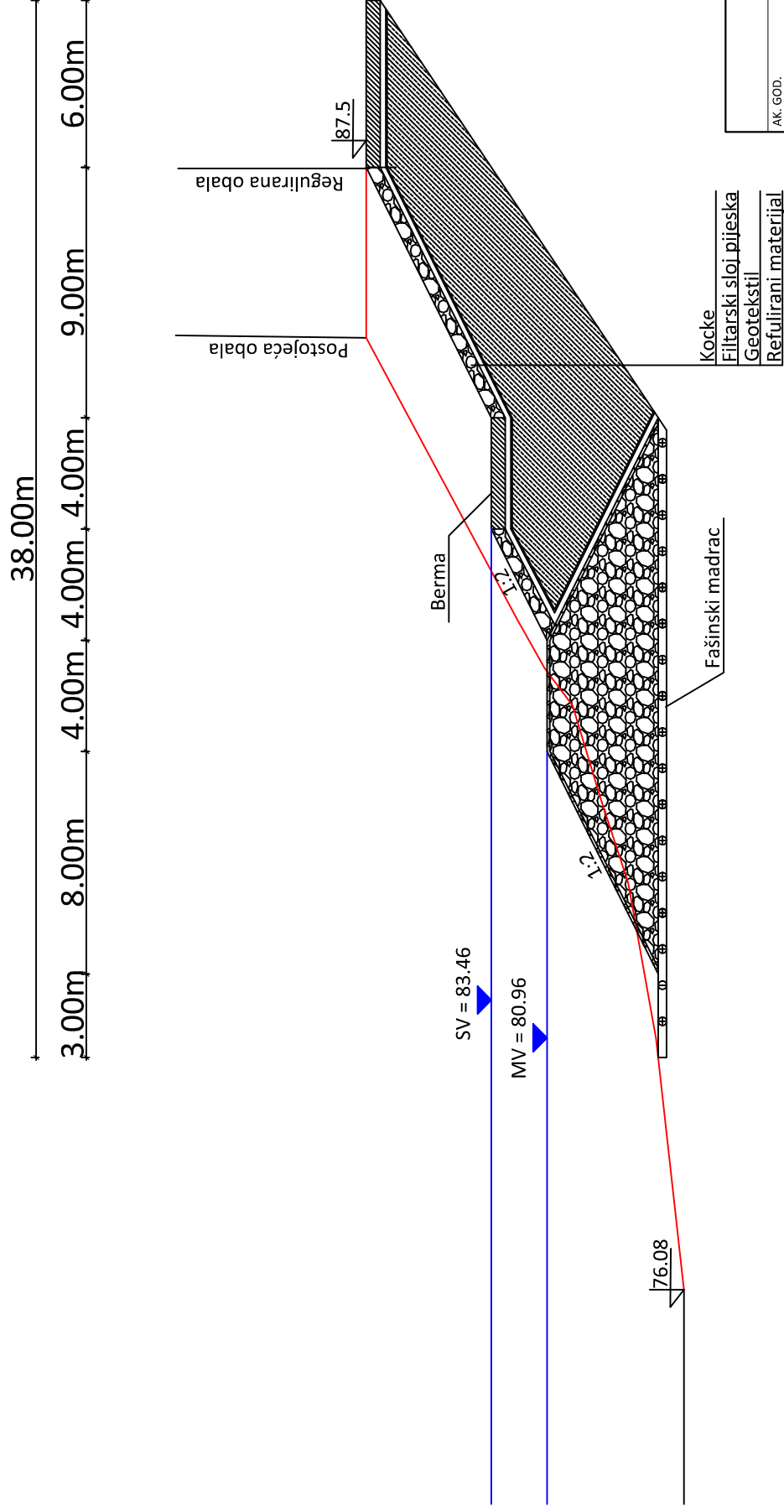
rkm 365+569



| | | |
|--|-------|-------------|
| Diplomski rad | | |
| AK. GOD. | MJ. | BR. PRILOGA |
| 2023./24. | 1:100 | 7 |
| Tlocrtni prikaz obaloutvrde od rkm 363+679 do rkm 363+569 | | |
| Darko Dramac 0083215378 | | |

Uzdužni presjek obaloutvrde u rkm 365+629

Presjek A-A

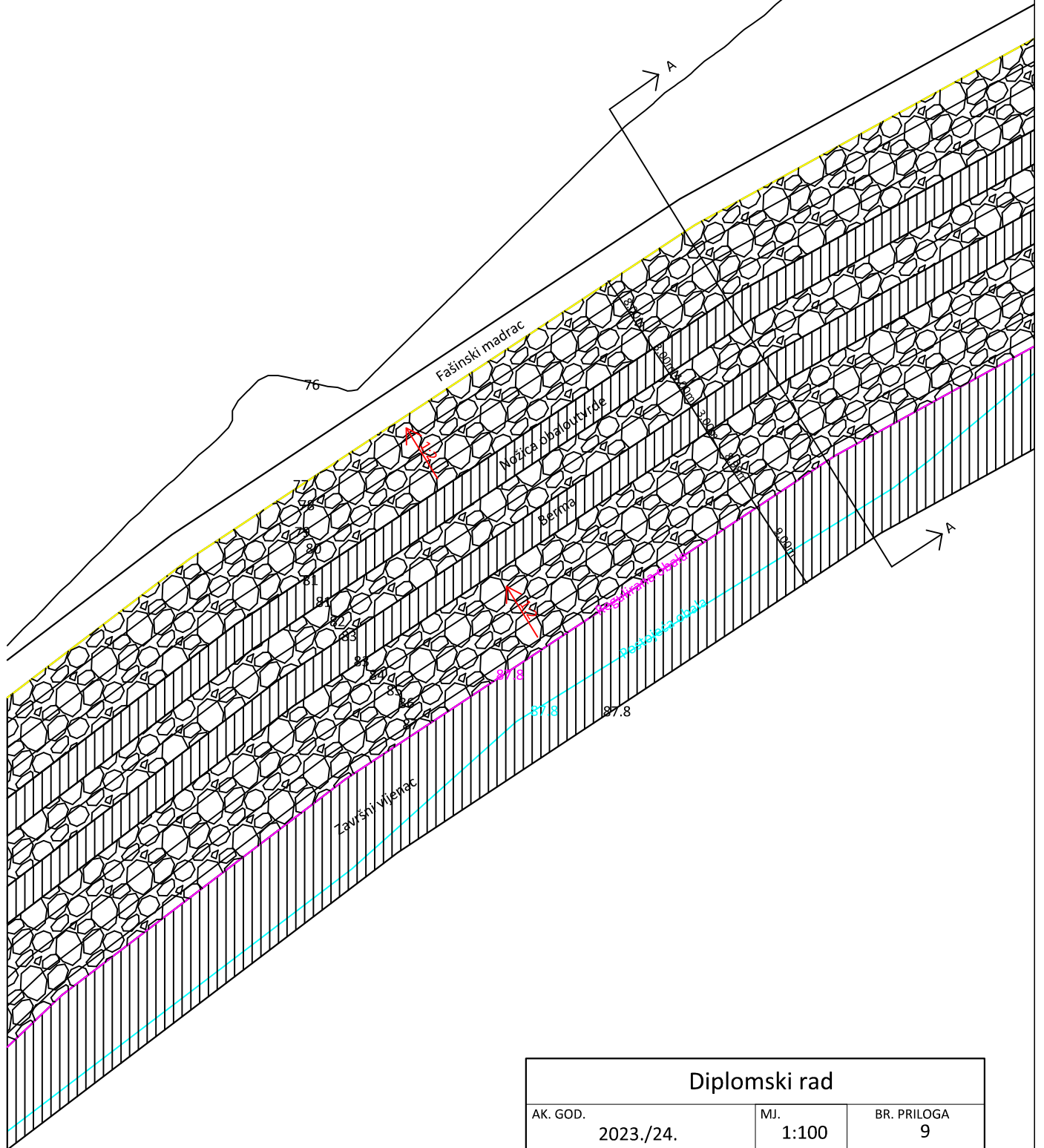


| | |
|---|-------------|
| Diplomski rad | |
| AK. GOD. | BR. PRILOGA |
| 2023./24. | 8 |
| MJ. | 1:100 |
| Uzdužni presjek obaloutvrde u rkm 365+629 | |
| Darko Dramac 0083215378 | |

Tlocrtni prikaz obaloutvrde na lijevoj obali
od rkm 365+560 do rkm 365+460

rkm 365+460

rkm 365+560



Diplomski rad

AK. GOD.

2023./24.

MJ.

1:100

BR. PRILOGA

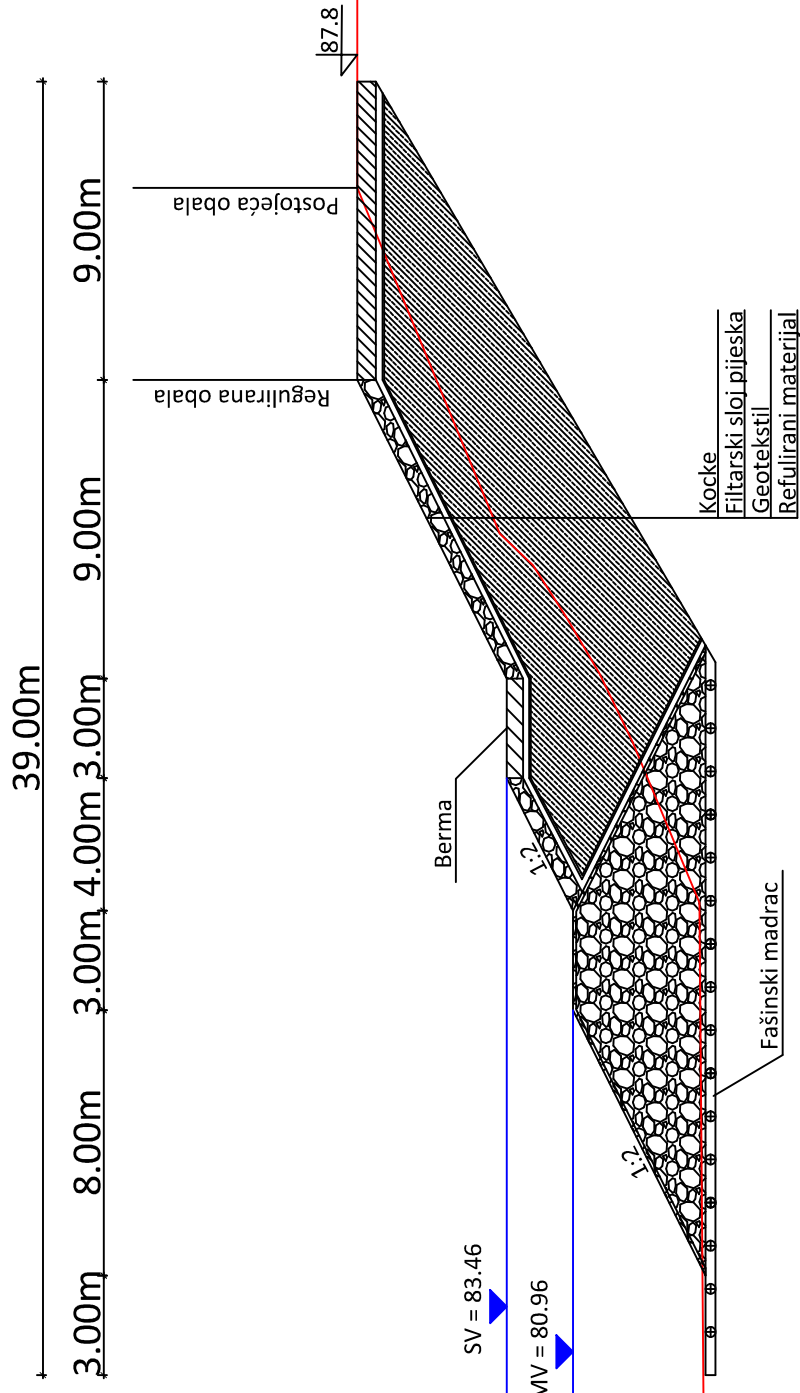
9

Tlocrtni prikaz obaloutvrde
od rkm 365+560 do rkm 365+460

Darko Dramac 0083215378

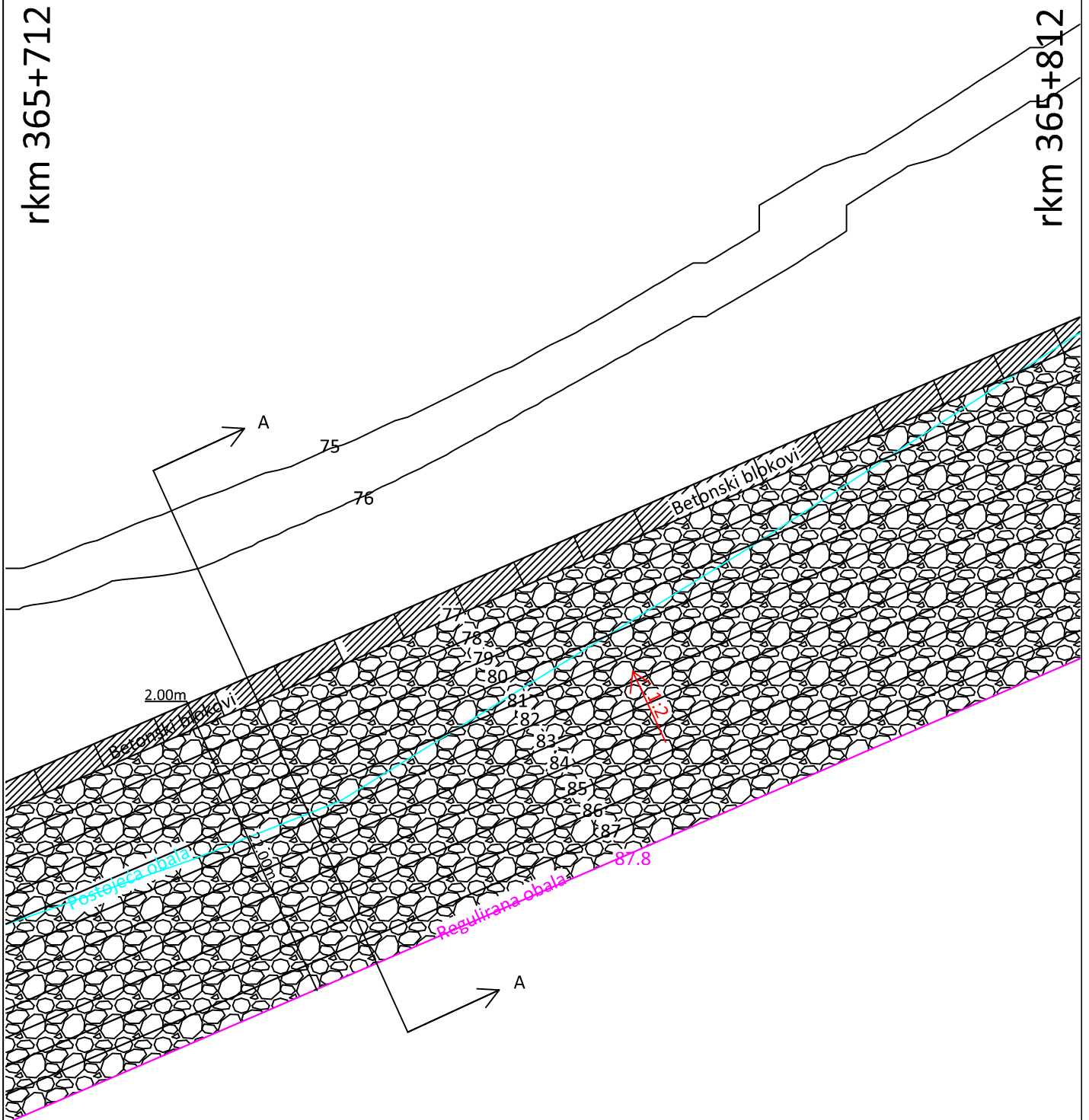
Uzdužni presjek obaloutvrde u rkm 365+464,15

Presjek A-A



| Diplomski rad | | |
|--|-------|-------------|
| AK. GOD. | MJ. | BR. PRILOGA |
| 2023./24. | 1:100 | 10 |
| Uzdužni presjek obaloutvrde u rkm 365+464,15 | | |
| Darko Dramac 0083215378 | | |

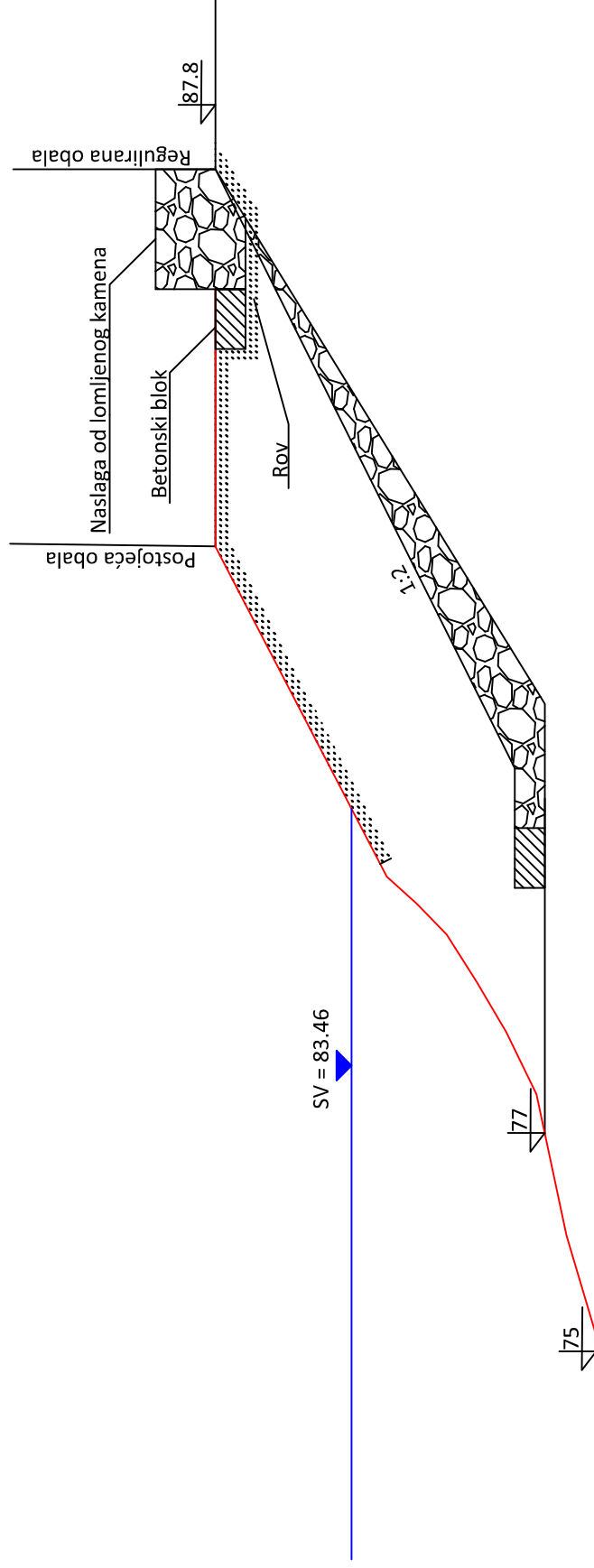
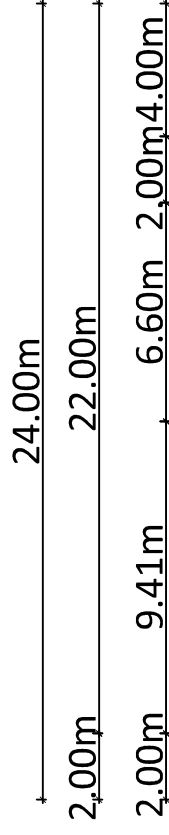
Tlocrtni prikaz deponije na lijevoj obali od rkm 365+812 do rkm 365+712



| Diplomski rad | | |
|---|-------|-------------|
| AK. GOD. | MJ. | BR. PRILOGA |
| 2023./24. | 1:100 | 11 |
| Tlocrtni prikaz deponije od rkm 365+812 do rkm 365+712 | | |
| Darko Dramac 0083215378 | | |

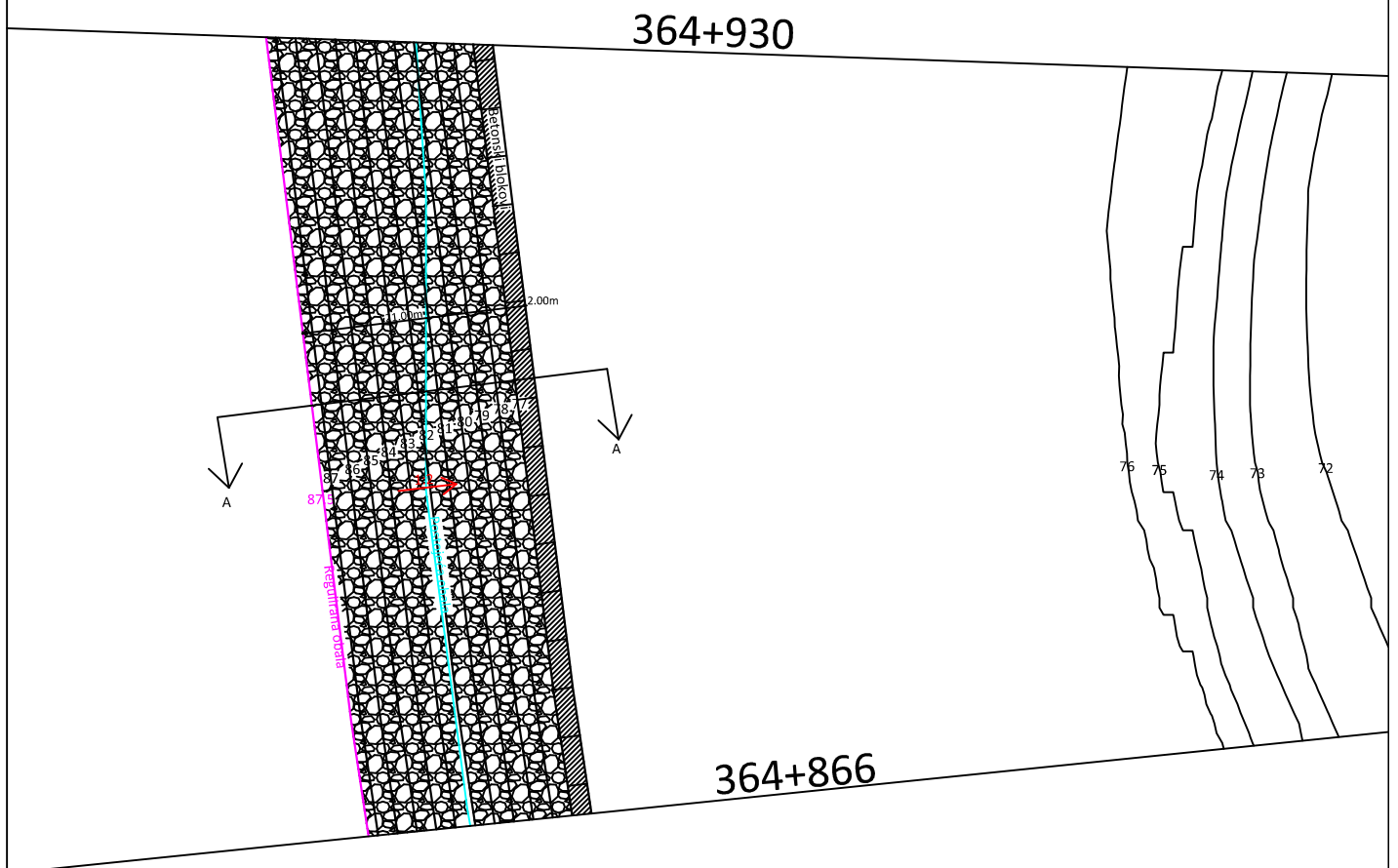
Uzdužni presjek deponije u rkm 365+735

Presjek A-A



| | | |
|---|-------|-------------|
| Diplomski rad | | |
| AK. GOD. | MJ. | BR. PRILOGA |
| 2023./24. | 1:100 | 12 |
| Uzdužni presjek deponije u rkm 365+735 | | |
| Darko Dramac 0083215378 | | |

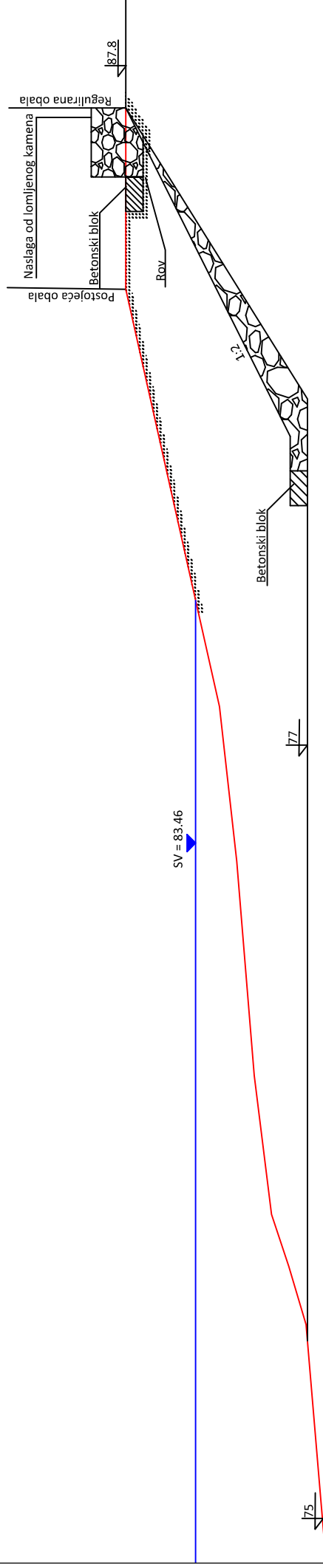
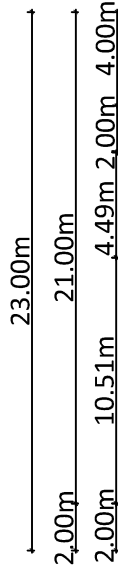
Tlocrtni prikaz deponije na desnoj obali
od rkm 364+930 do rkm 364+866



| | | |
|---|-------|-------------|
| Diplomski rad | | |
| AK. GOD. | MJ. | BR. PRILOGA |
| 2023./24. | 1:100 | 13 |
| Tlocrtni prikaz deponije od rkm 364+930 do rkm 364+866 | | |
| Darko Dramac 0083215378 | | |

Uzdužni presjek deponije u rkm 364+915

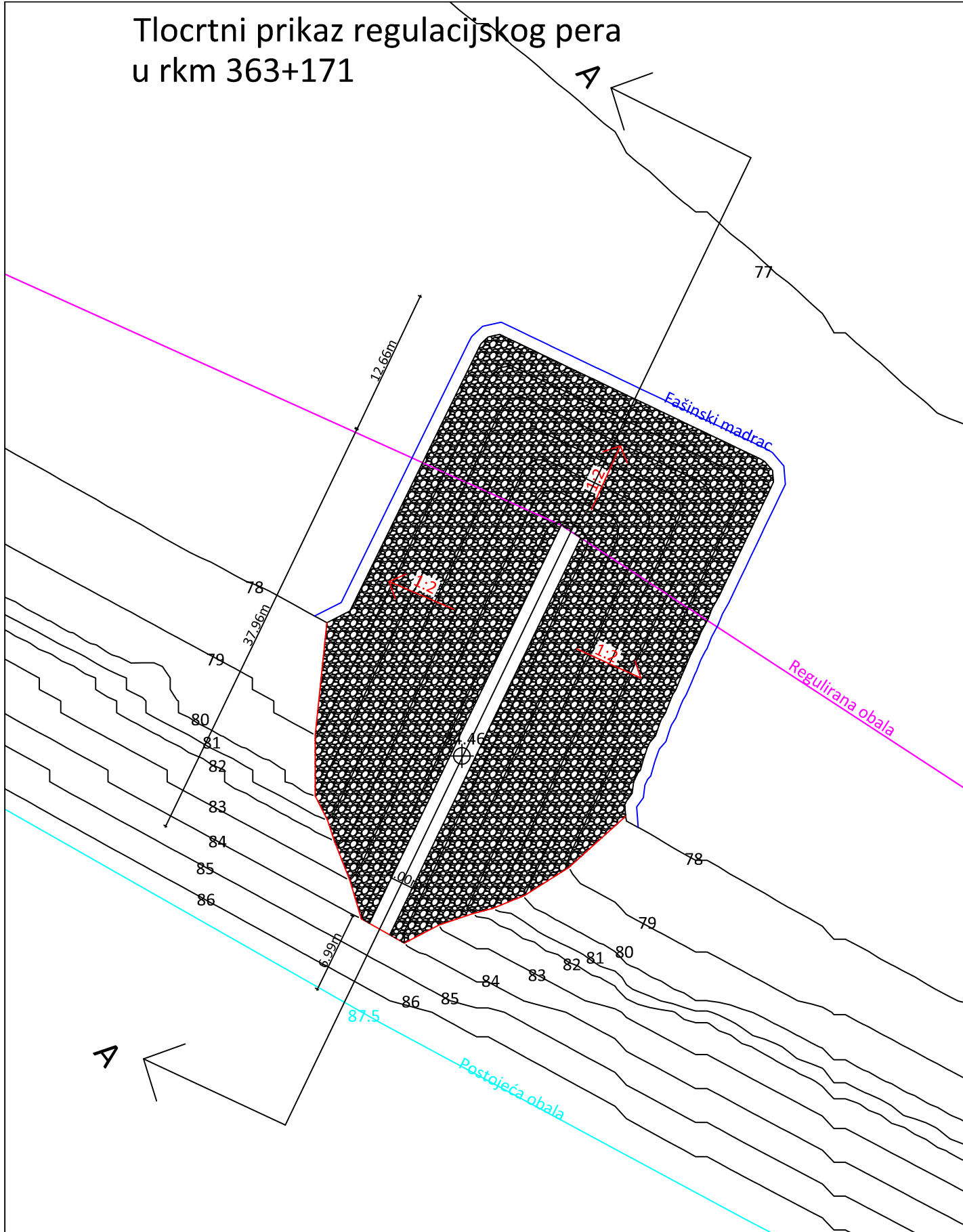
Presjek A-A



SV = 83.46

| | | |
|---|-------|-------------|
| Diplomski rad | | |
| AK. GOD. | MJ. | BR. PRILOGA |
| 2023./24. | 1:100 | 14 |
| Uzdužni presjek deponije u rkm 364+915 | | |
| Darko Dramac 0083215378 | | |

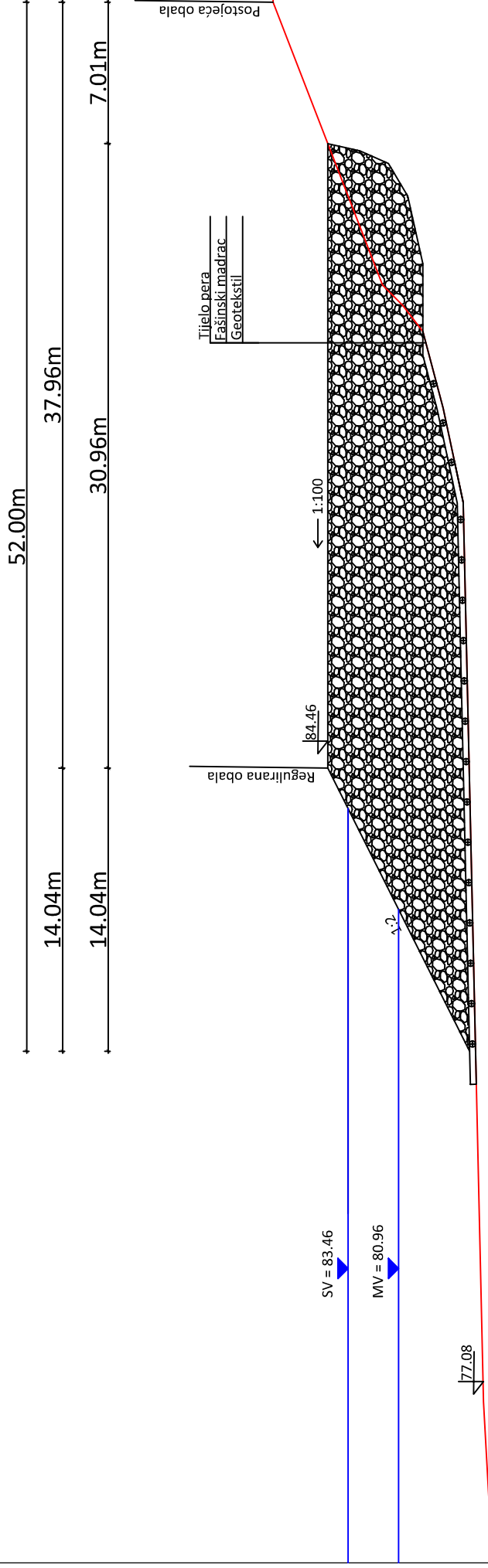
Tlocrtni prikaz regulacijskog pera u rkm 363+171



| | | |
|---|-------|-------------|
| Diplomski rad | | |
| AK. GOD. | MJ. | BR. PRILOGA |
| 2023./24. | 1:100 | 15 |
| Tlocrtni prikaz regulacijskog pera u rkm 363+171 | | |
| Darko Dramac 0083215378 | | |

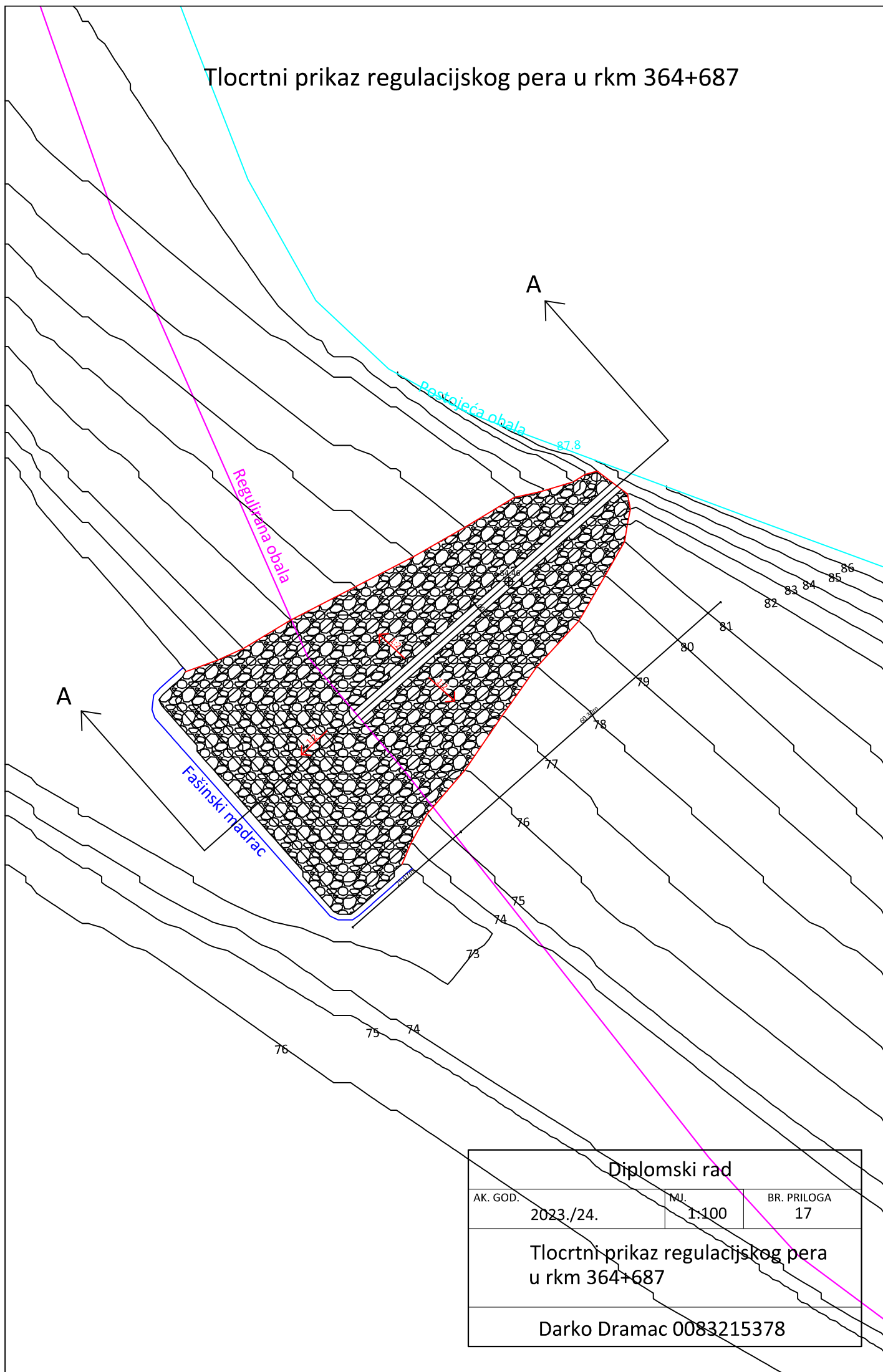
Uzdužni presjek regulacijskog pera u rkm 363+171

Presjek A-A



| Diplomski rad | | |
|---|-------|-------------|
| AK. GOD. | MJ. | BR. PRILOGA |
| 2023./24. | 1:100 | 16 |
| Uzdužni presjek regulacijskog pera u rkm 363+171 | | |
| Darko Dramac 0083215378 | | |

Tlocrtni prikaz regulacijskog pera u rkm 364+687



Diplomski rad

AK. GOD.

2023./24.

ML.

1:100

BR. PRILOGA

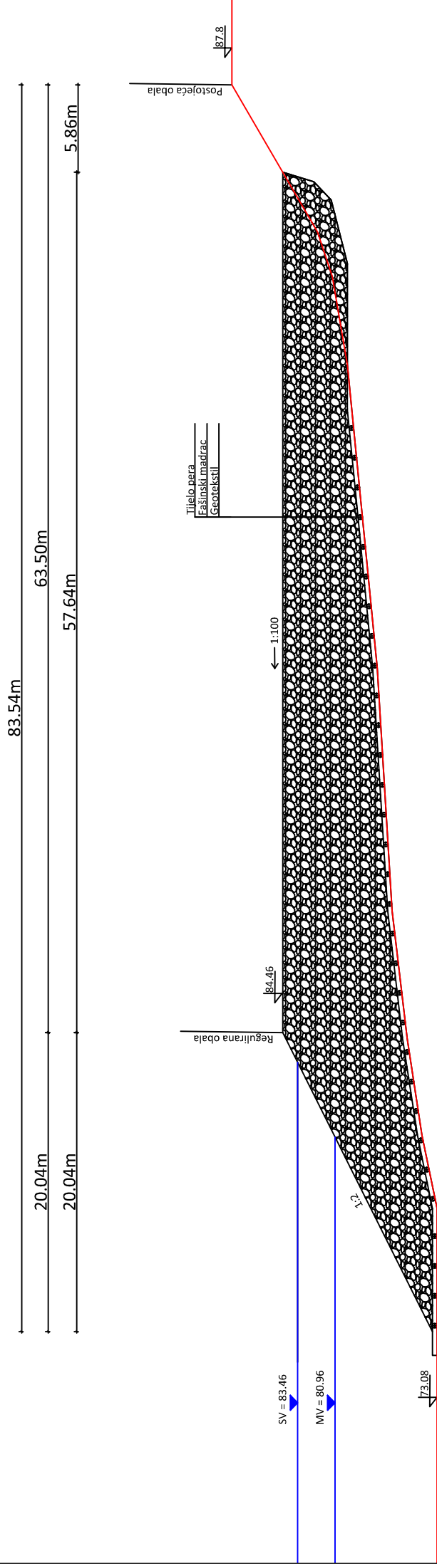
17

Tlocrtni prikaz regulacijskog pera
u rkm 364+687

Darko Dramac 0083215378

Uzdužni presjek regulacijskog pera u rkm 364+687

Presjek A-A



| Diplomski rad | | |
|---|-------|-------------|
| AK. GOD. | MJ. | BR. PRILOGA |
| 2023./24. | 1:100 | 18 |
| Uzdužni presjek regulacijskog pera u rkm 364+687 | | |
| Darko Dramac 0083215378 | | |