

# Primjena Fargueovih zakona na primjeru rijeke Bednje

---

Kanižaj, Ivan

Undergraduate thesis / Završni rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:229224>

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

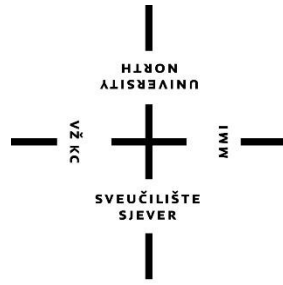
Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-18**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)





# Sveučilište Sjever

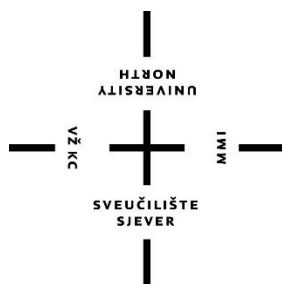
*Završni rad br. 448/GR/2022*

## **Primjena Fargueovih zakona na primjeru rijeke Bednje**

**Ivan Kanižaj, 0082059194**

Varaždin, rujan 2022. godine





# Sveučilište Sjever

Odjel za graditeljstvo

Završni rad br. 448/GR/2022

## Primjena Fargueovih zakona na primjeru rijeke Bednje

### Student

Ivan Kanižaj, 0082059194

### Mentor

izv.prof.dr.sc. Bojan Đurin

Varaždin, rujan 2022. godine

# Prijava završnog rada


## Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL	Odjel za graditeljstvo		
STUDIJ	prediplomski stručni studij Graditeljstvo		
PRISTUPNIK	Ivan Kanižaj	JMBAG	0082059194
DATUM	21.09.2022.	KOLEGIJ	Regulacije i melioracije
NASLOV RADA	Primjena Fargueovih zakona na primjeru rijeke Bednja		
NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU	Application of the Fargue's laws on the example of the river Bednja		

MENTOR	Bojan Đurin	ZVANJE	Izvanredni profesor
ČLANOVI POVJERENSTVA	1. doc.dr.sc. Sanja Šamanović		
	2. izv.prof.dr.sc. Bojan Đurin		
	3. doc.dr.sc. Domagoj Nakić		
	4. doc.dr.sc. Željko Kos-zamjenski član		
	5. _____		

## Zadatak završnog rada

BROJ	448/GR/2022
OPIS	U radu se analizira primjena Fargueovih zakona na rijeci Bednji. Uz teoretski dio, odnosno definiciju pojedinih zakona, provesti će se terenski rad, čime će se teoretske spoznaje primijeniti na primjeru rijeke Bednje. Okvirni sadržaj rada je: -Uvod -Fargueovi zakoni i morfologija -Primjena Fargueovih zakona na primjeru rijeke Bednje -Analiza rezultata -Zaključak -Literatura

ZADATAK URUČEN	23.09.2022.	POTPIS MENTORA	
----------------	-------------	----------------	--



LIBROM  
ALISBAINIM

Sveučilište  
Sjever

VZKC

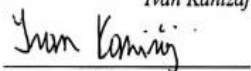
SVEUČILIŠTE  
SJEVER

**IZJAVA O AUTORSTVU  
I  
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU**

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim privajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, Ivan Kanižaj pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor završnog rada pod naslovom Primjena Fargueovih zakona na primjeru rijeke Bednje te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

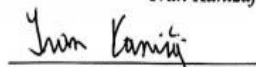
Student:  
*Ivan Kanižaj*

  
(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, Ivan Kanižaj neopozivo izjavljujem da sam suglasan s javnom objavom završnog rada pod naslovom Primjena Fargueovih zakona na primjeru rijeke Bednje čiji sam autor.

Student:  
*Ivan Kanižaj*

  
(vlastoručni potpis)

## **Sažetak**

Fargueovi zakoni su kvantitativni opis prirodnog razvoja oblika korita otvorenih aluvijalnih vodotoka. Drugim riječima to je usporedba s prirodnim principima razvoja i dinamike vodotoka. U ovom radu zasebno su opisani svi Fargueovih zakoni, a na primjeru rijeke Bednje, na lokacijama Ključ i Željeznica razrađeni su oni za koje su se mogle napraviti izmjere i koji su bili primjenjivi u konkretnim slučajevima, a to su zakon odstupanja i zakon najvećih dubina. Redom su opisani zakon odstupanja, zakon najvećih dubina, zakon hoda, zakon kuta, zakon kontinuiteta i zakon pada dna. Također, u samom radu dotaknula se tema vodotoka i morfologije kao uvod u Fargueove zakone.

**Ključne riječi:** Fargueovi zakoni, vodotok, morfologija, rijeka Bednja, lokacije Ključ i Željeznica

## **Summary**

In this thesis all Fargues rules have been described and explained. Fargues rules give quantitative description of the riverbeds in open alluvial waterways. As an introduction into Fargues rules, general facts about the subject of rivers and its morphology have been mentioned. Fargues rules of deviation and the rule of the greatest depth have been described in more detail using two locations on river Bednja, Kljuc and Zeljeznica, as a case study. In addition, other Fargues rules have been described as well, such as the rule of the angle, the rule of continuity and others.

**Keywords:** Fargues rules, waterway, morphology, river Bednja, locations Kljuc and Zeljeznica



## **Popis korištenih kratica**

**H** dubina

**B** širina korita

**L** dužina korita

**R** zakrivljenost

**$\alpha$**  kut

# Sadržaj

<b>1. Uvod .....</b>	<b>1</b>
<b>2. Fargueovi zakoni i morfologija .....</b>	<b>2</b>
2.1. <i>Zakon odstupanja .....</i>	<i>4</i>
2.2. <i>Zakon najvećih dubina .....</i>	<i>5</i>
2.3. <i>Zakon hoda .....</i>	<i>6</i>
2.4. <i>Zakon kuta .....</i>	<i>7</i>
2.5. <i>Zakon kontinuiteta .....</i>	<i>8</i>
2.6. <i>Zakon pada dna .....</i>	<i>9</i>
<b>3. Primjena Fargueovih zakona na primjeru rijeke Bednje.....</b>	<b>10</b>
3.1. <i>Rijeka Bednja.....</i>	<i>10</i>
3.2. <i>Lokacija Ključ .....</i>	<i>13</i>
3.3. <i>Lokacija Željeznica.....</i>	<i>16</i>
<b>4. Analiza dobivenih rezultata.....</b>	<b>19</b>
4.1. <i>Analiza Fargueovih zakona na lokaciji Ključ .....</i>	<i>19</i>
4.2. <i>Analiza Fargueovih zakona na lokaciji Željeznica.....</i>	<i>25</i>
<b>5. Zaključak.....</b>	<b>29</b>
<b>6. Literatura .....</b>	<b>30</b>
<b>7. Popis slika.....</b>	<b>31</b>



## 1. Uvod

Osnovne značajke vodotoka su krivudavost, nepravilan poprečni presjek i dominantna širina korita u odnosu na dubinu. Na vodotoke utječu prirodni i antropogeni utjecaji. Neki od antropogenih utjecaja su urbaniziranost područja, vađenje pijeska i šljunka, odlaganje otpada i nezakonito uklanjanje flore i faune. Što se tiče prirodnih utjecaja tu pripadaju klimatske promjene, temperatura zraka, količina oborina itd. Parametri kojima se određuje klasifikacija vodotoka su: nagib, vrsta materijala koji formira korito, omjer dubine i širine, jednostrukost ili višestrukost vodotoka, omjer ukopavanja i vijugavost. Vodotok se u geografskom smislu može podijeliti na bujice, brdske potoke, potoke i rijeke. Prema veličini dijele se na brazde, jarke, jaruge, potociće, potoke, rječice, rijeke i velike rijeke. U aluvijalnim dolinama baš kao što je i analizirani primjer rijeke Bednje vodotoci se dijele prema vodnogospodarskom tretmanu kao što su melioracijski kanali, mali vodotoci i rijeke [1].

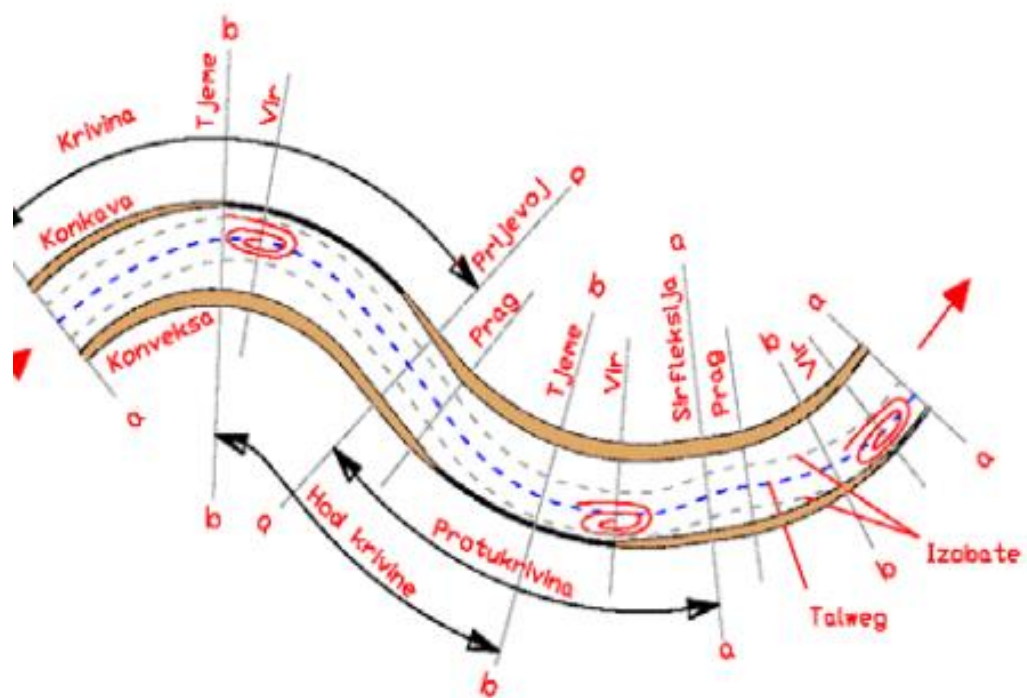
U ovom završnom radu opisivat će se Fargueovi zakoni na primjeru rijeke Bednje. Govorit će se o primjeni Fargueovih zakona upravo na tom primjeru i nagovijestiti rješenja koja bi bila najbolja i najprimjerenija što se tiče ekonomskih i prirodnih razloga bez štetnih djelovanja. Rijeka Bednja nalazi se u aluvijalnom području. Aluvijalno tlo nastaje taloženjem nanosa kao što su pijesak i šljunak. Rijeka Bednja je najduža rijeka koja teče u Hrvatskoj, a da su joj i izvor i ušće u Hrvatskoj. Izvire kod Trakošćana te se ulijeva u Dravu kod Malog Bukovca blizu Ludbrega. Od četiri rijeke u Hrvatskom zagorju ona je jedina koja se ulijeva u Dravu. [2].

Od Fargueovih zakona opisat će se redom zakon odstupanja, zakon najvećih dubina, zakon hoda, zakon kuta, zakon kontinuiteta i zakon pada dna, a na stvarnom primjeru će se analizirati zakon odstupanja i zakon najvećih dubina.

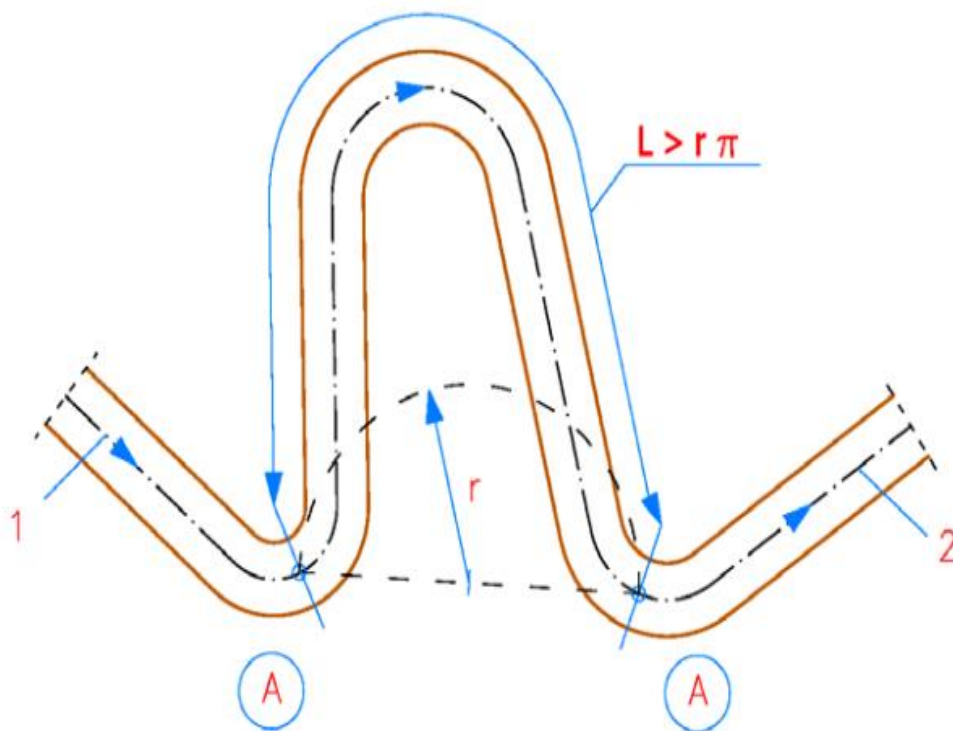
## 2. Fargueovi zakoni i morfologija

Fargueovi zakoni su kvantitativni opis prirodnog razvoja oblika korita otvorenih aluvijalnih vodotoka. Drugim riječima to je usporedba s prirodnim principima razvoja i dinamike vodotoka [3]. Također, Fargueovi zakoni se mogu definirati kao empirijski zakoni odnosa tlocrtnih elemenata vodotoka i promjena dubina riječnog korita. Fargueovi zakoni su proizašli 1868. godine iz proučavanja rijeka Garone, Seine i Escaut [4]. Sve tri rijeke nalaze se u Francuskoj. Fargueovi zakoni koji će se opisati i pomno objasniti su sljedeći: zakon odstupanja, zakon najvećih dubina, zakon hoda, zakon kuta, zakon kontinuiteta i zakon pada dna. U ovom poglavlju bit će opisani Fargueovi zakoni, dok će se na sljedećem poglavlju primijeniti na rijeku Bednju.

Morfologija je znanost koja se bavi oblicima vodotoka. U nju pripada opisivanje te objašnjavanje nekih od osnovnih značajki prirodnih korita vodotoka. Osnovni dijelovi morfologije su morfološki elementi poput obale, praga, infleksije, sirfleksije, talweaga, osi te meandra. Obala se definira kao presjek korita vodotoka i okolnog terena. Kod vodotoka se razlikuje lijeva i desna obala, a usmjerenje vodotoka se određuje na način da se gleda od izvora prema ušću. Tada je lijeva obala s lijeve strane, a desna nasuprot nje. Također, razlikuje se konkavna i konveksna obala. U konkavnu terminologiju pripada vanjska obala na zavoju, a u konveksnu unutrašnja obala na zavoju. Prag ili plićak je mjesto najmanje dubine u vodotoku, dok je suprotni pojam vir koji označava mjesto najveće dubine na nekoj dionici vodotoka. Infleksija ili drugim riječima prijevoj je mjesto promjene karaktera zakrivljenosti trase vodotoka. U sirfleksiju se ubrajaju mjesta zajedničke tangente dvaju istosmjernih zavoja trase vodotoka. Talweg je spojnica točaka najvećih dubina u sukcesivnim odnosno periodičnim poprečnim profilima, a s obzirom da je talweg spojnica najvećih dubina pojavljuje se i pojam matica koja opisuje spojnicu točaka najvećih brzina u sukcesivnim poprečnim profilima. Os je najjednostavnije rečeno crta koja je jednako udaljena od lijeve i desne obale. Meandar je zavoj korita vodotoka, a težišnica spojnica linija koja dijele omočenu površinu na jednake polovice u sukcesivnim poprečnim profilima. Svi ovi dijelovi mogu se vidjeti na slici 1.1., ispod odlomka [3], [5]. Također, na slici 1.2. može se vidjeti definicijska skica meandra [4].



Slika 2.1. Osnovni pojmovi morfoloških elemenata vodotoka [3], [5]

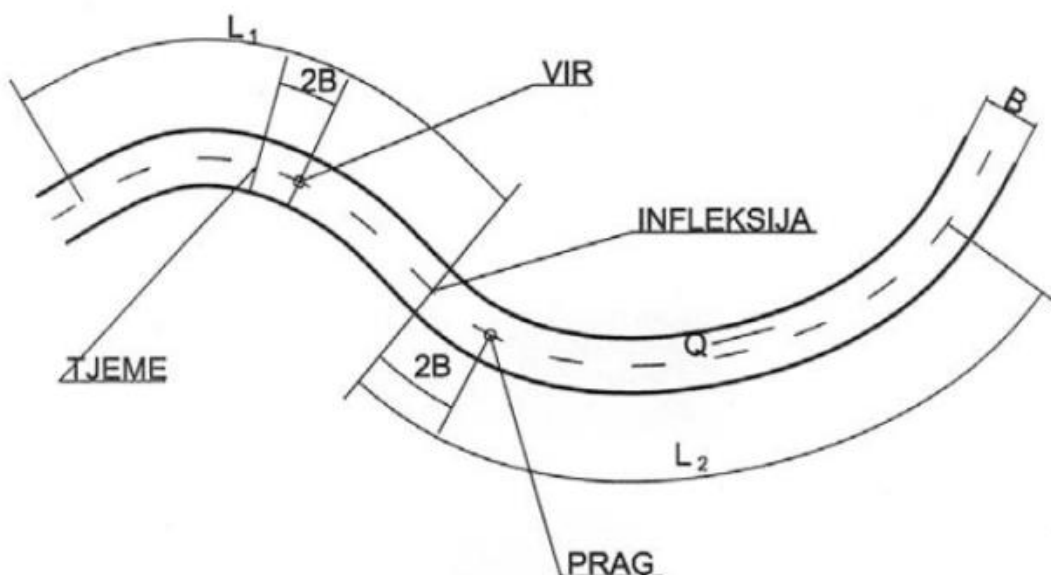


Slika 2.2. Definijska skica meandra [4]

## 2.1. Zakon odstupanja

Najveće dubine u koritu nalaze se nizvodno od tjemena krivine, dok se plićaci oblikuju nizvodno od prijevoja na udaljenosti približno dvostrukoj širini glavnog korita.

Dijelovi koji se opisuju na slici dolje su: vir, tjeme, infleksija i prag. Vir je mjesto najveće dubine na dionici vodotoka, prag ili plićak je mjesto najmanje dubine na dionici vodotoka. Infleksija ili prijevoj je mjesto promjene karaktera zakrivljenosti trase vodotoka dok je tjeme najviša točka vodotoka. Slika 2.3. prikazuje dijelove koji su opisani u ovom dijelu analize [3], [5].

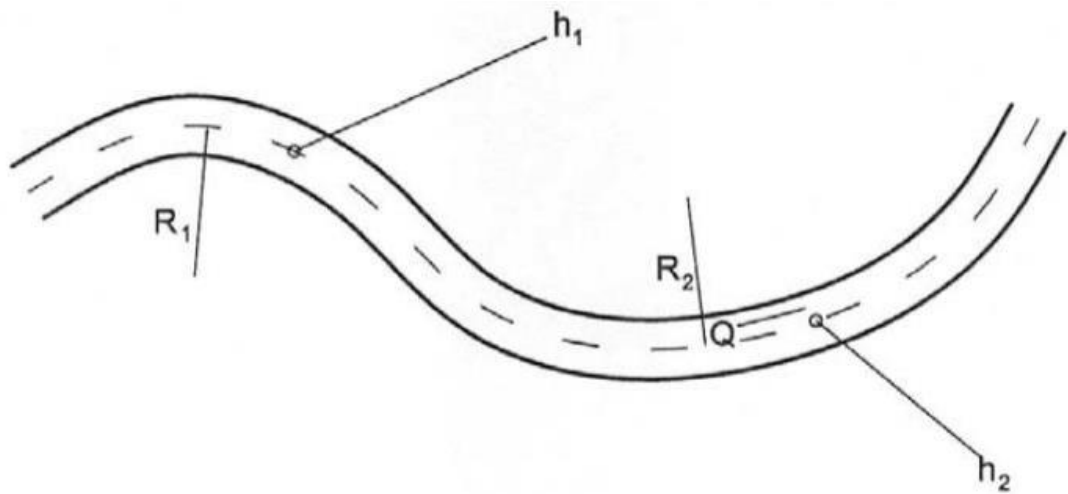


Slika 2.3. Shema zakona odstupanja [3], [5]

## 2.2. Zakon najvećih dubina

Dubina u krivini je veća što je njezina zakrivljenost veća. Slika 2.4. jasno prikazuje odnos dubine i zakrivljenosti. Dubina je označena oznakom „h“, dok je zakrivljenost dana oznakom „R“ [3], [5].

$$R_2 > R_1 \Rightarrow h_1 > h_2 \quad (1)$$

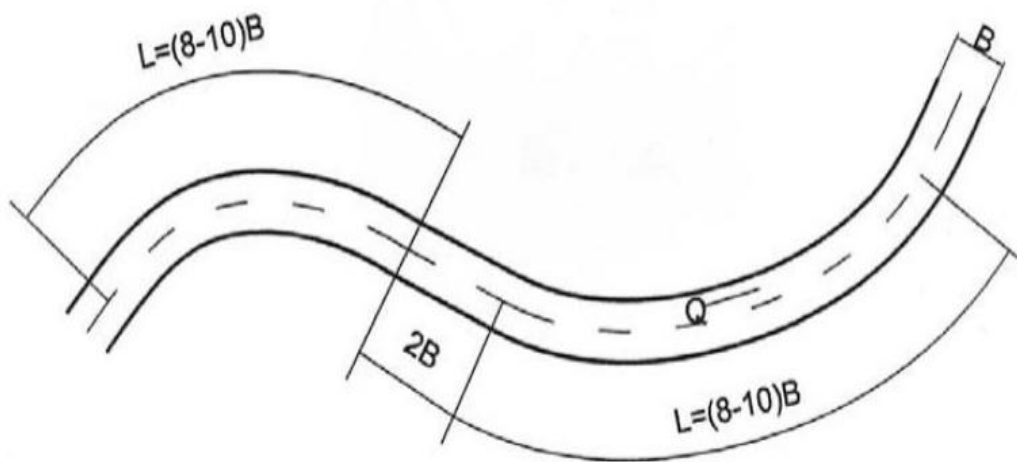


Slika 2.4. Shema zakona najvećih dubina [3], [5]



### 2.3. Zakon hoda

Da bi se ostvarile povoljne srednje i maksimalne dubine korita, duljine krivina ne smiju biti niti prekratke, a niti predugačke. Drugim riječima, pri istom radijusu zavoja odnosno krivine, srednja i najveća dubina najveće su za zavoj duljine od 8 do 10 širina rijeke. Slika 2.5. prikazuje dužinu i širinu korita. Dužina korita je označena oznakom „L“, dok je širina označena oznakom „B“ [3], [5].

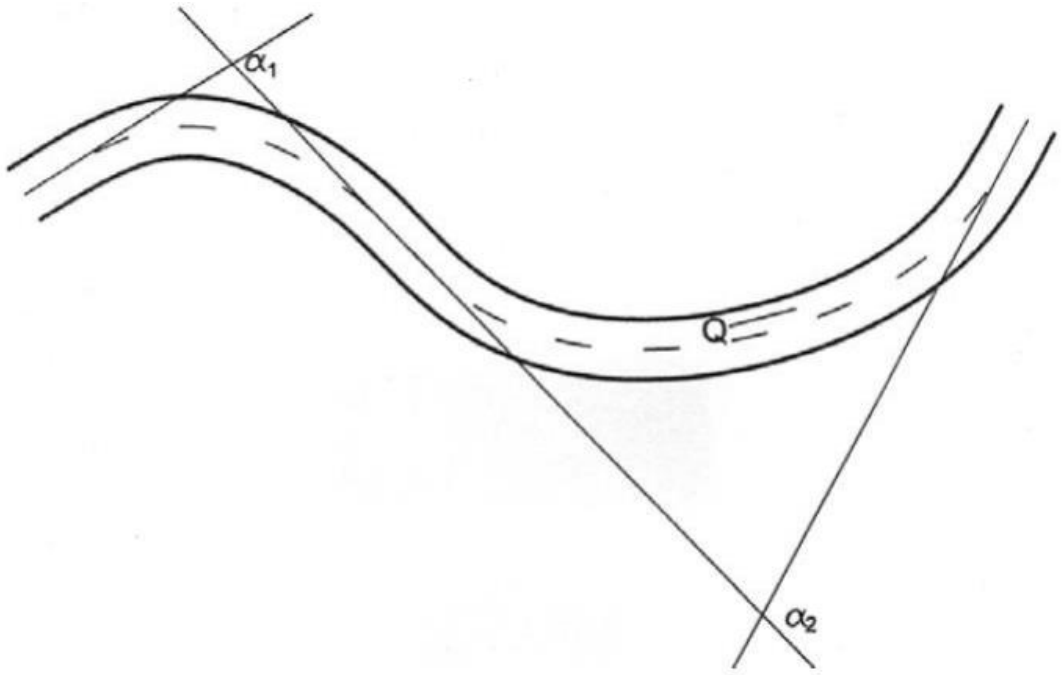


Slika 2.5. Shema zakona hoda [3], [5]

## 2.4. Zakon kuta

Srednja dubina riječne krivine toliko je veća koliko je veći vanjski kut kojega oblikuju tangente povučene iz krajnjih točaka krivine. Na slici 2.6. mogu se vidjeti odnosi kuta označenog s  $\alpha$ , te dubine označene oznakom „h“ [3], [5].

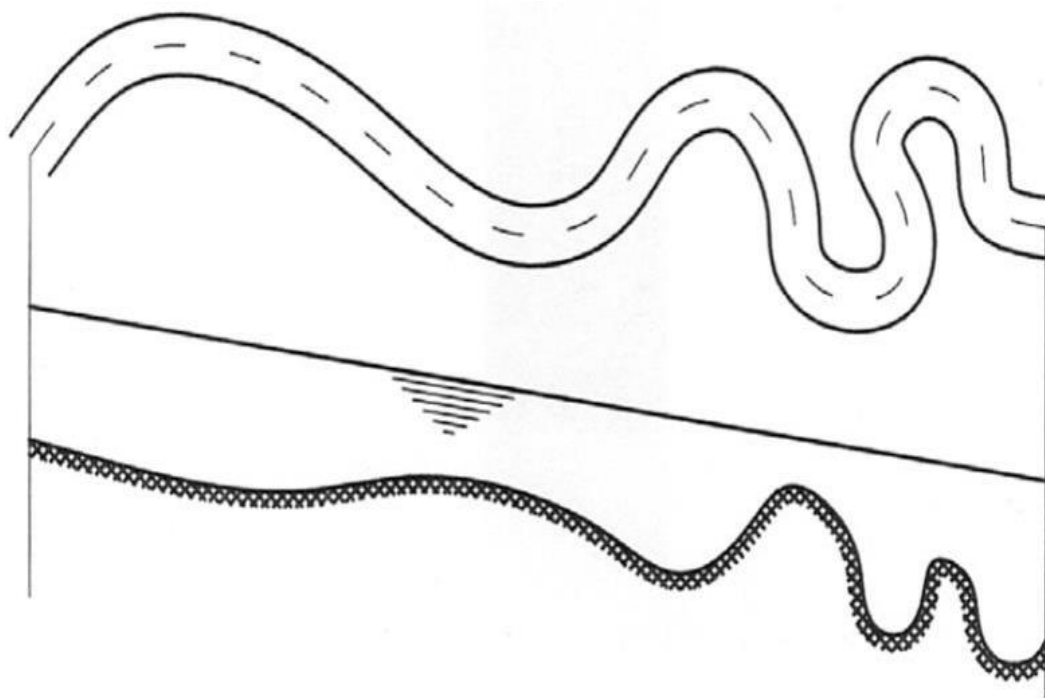
$$a_1 > a_2 \Rightarrow h_1 > h_2 \quad (2)$$



Slika 2.6. Shema zakona kuta [3], [5]

## 2.5. Zakon kontinuiteta

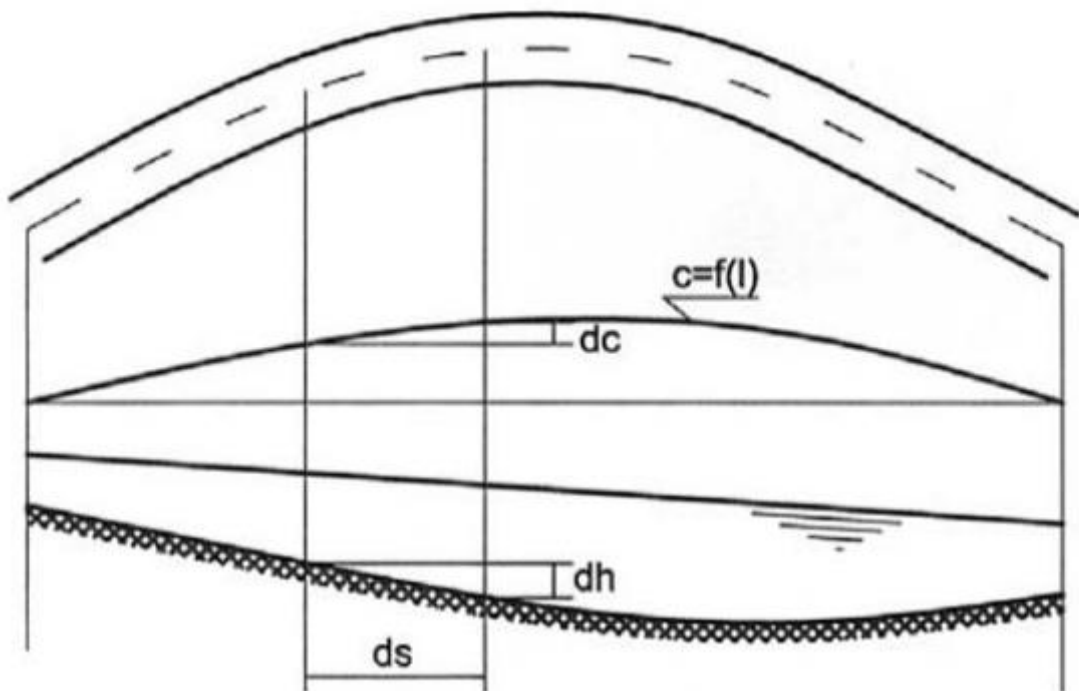
Nagla promjena zakrivljenosti izaziva naglo smanjenje dubina, odnosno uzdužni pad korita je pravilan ako su promjene u zakrivljenosti pravilne i postupne. Slika 2.7. prikazuje razinu vode te kako se proporcionalno promjenom zakrivljenosti smanjuje dubina vodotoka [3], [5].



*Slika 2.7. Shema zakona kontinuiteta [3], [5]*

## 2.6. Zakon pada dna

Ako se zakrivljenost krivine mijenja neprekidno u smjeru tečenja, tada nagib tangente na krivulju zakrivljenosti određuje nagib pada dna. Na slici 2.8. može se primijetiti kako se promjenom zakrivljenosti krivine, tangentom na tu krivulju određuje pad dna [3], [5].



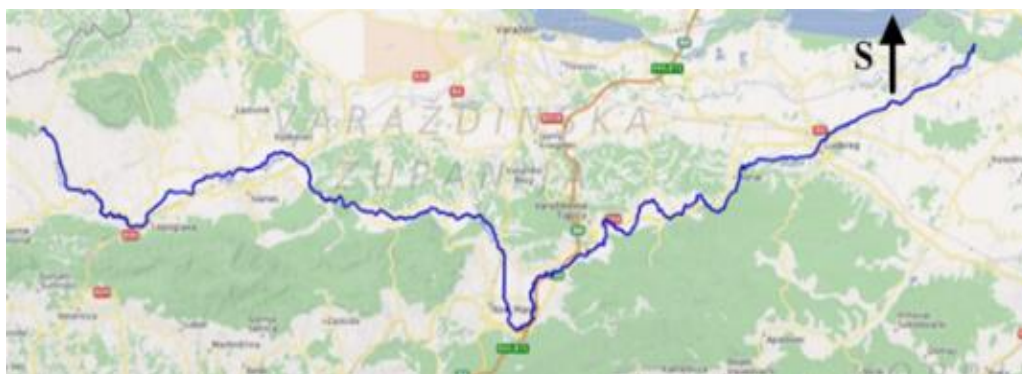
Slika 2.8. Shema zakona pada dna [3], [5]

### 3. Primjena Fargueovih zakona na primjeru rijeke Bednje

Od šest Fargueovih zakona koji su bili opisani u prijašnjem dijelu završnog rada, na primjeru rijeke Bednje, točnije na lokacijama Ključ i Željeznica, primijenit će se zakon odstupanja i zakon najvećih dubina. Ova dva Fargueova zakona jasno se vide na skicama i slikama u dijelu analize dobivenih rezultata i prikaza analiziranih lokacija. Razlozi zbog kojih nisu opisani svi Fargueovi zakoni su nemogućnost, odnosno izostanak određivanja geodetskih mjerenja u samom koritu te izvan njega.

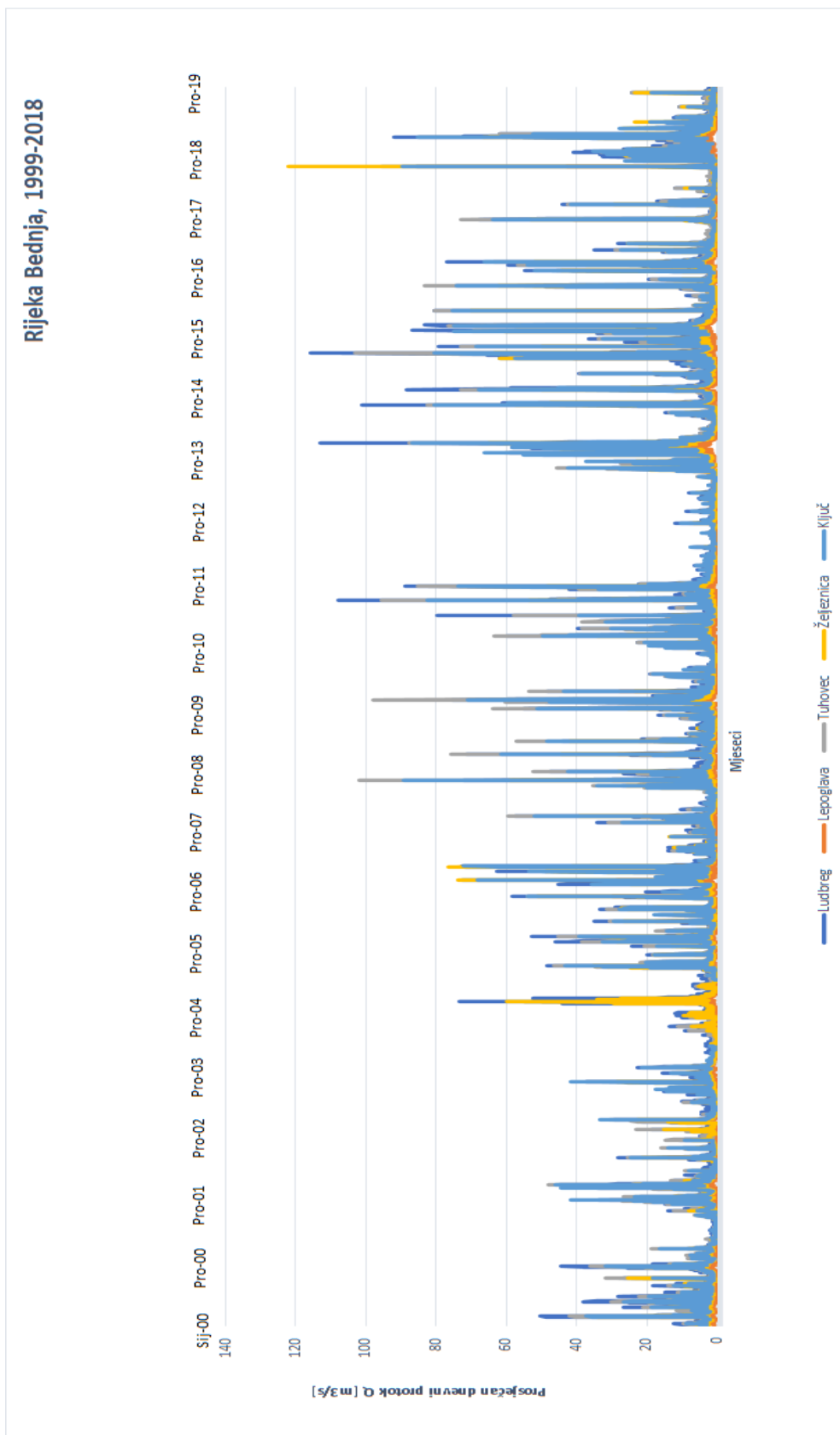
#### 3.1. Rijeka Bednja

Rijeka Bednja dugačka je 133 kilometara, a površina njenog porječja iznosi 596 km<sup>2</sup> i cijelim svojim tokom teče kroz Republiku Hrvatsku te spada u desni pritok rijeke Drave. Budući da rijeka Bednja teče od zapada prema istoku, uglavnom joj je i porječje izduženo upravo u tom smjeru. U samom porječju rijeke Bednje razlikujemo tri reljefne cjeline: aluvijalna ravan, tercijarno gorje i paleozojske gore. Širina rijeke kreće se od 10 do 20 metara, a dubina do 3 metra [6]. Izvor Bednje nalazi se u blizini Trakošćana, naselja koje je smješteno kod Maceljskog gorja i koje je poznato po svom dvorcu i jezeru, na 320 metara nadmorske visine. Povijesno gledano Bednja se prvi puta spominje kao *Terra Bugna*, a 1267. godine pripadala je Zaladskoj županiji. Bednja je najdulja hrvatska rijeka koja cijelim svojim tokom teče kroz Republiku Hrvatsku, a sami tok rijeke Bednje prikazan je na slici 3.1. [7].



Slika 3.1. Tok rijeke Bednje [7]

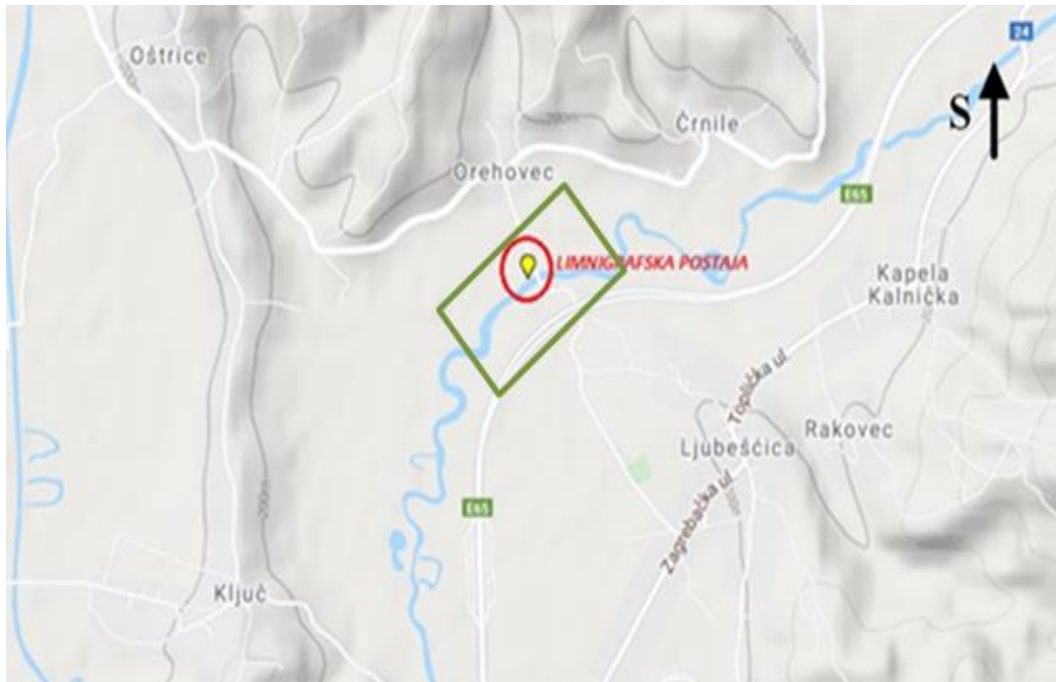
Površina sliva rijeke Bednje dana je iznosom od oko 616 km<sup>2</sup>, od kojih je 477 km<sup>2</sup> u brdskom dijelu, pri čemu je definirano 48 bujičnih slivova s oko 250 km vodotoka. Na samom slivu rijeke Bednje nalazi se pet mjernih hidroloških postaja, a to su redom: Lepoglava, Ključ, Željeznica, Ludbreg i Tuhovec [8]. Za ovaj završni rad odabrane su analize na dvije hidrološke postaje, a to su Ključ i Željeznica koje će biti posebno opisane u poglavlju 3.2. i 3.3.. Na slici 3.2. prikazan je hidrogram svih mjernih postaja na rijeci Bednji, a koji prikazuje rijeku Bednju kao vrlo bujičnu rijeku [9].



Slika 3.2. Prikaz prosječnih protoka Bednje kroz niz od 19 godina [9]

### 3.2. Lokacija Ključ

Naselje Ključ nalazi se na sjeveru Hrvatske i pripada Varaždinskoj županiji. Samo naselje Ključ spada u sastav Grada Novi Marof. U naselju Ključ nalazi se i limnigrafska stanica, a položaj postaje prikazan je na slici 3.3. [10]. Također, zelenim pravokutnikom na slici označena je analizirana lokacija.



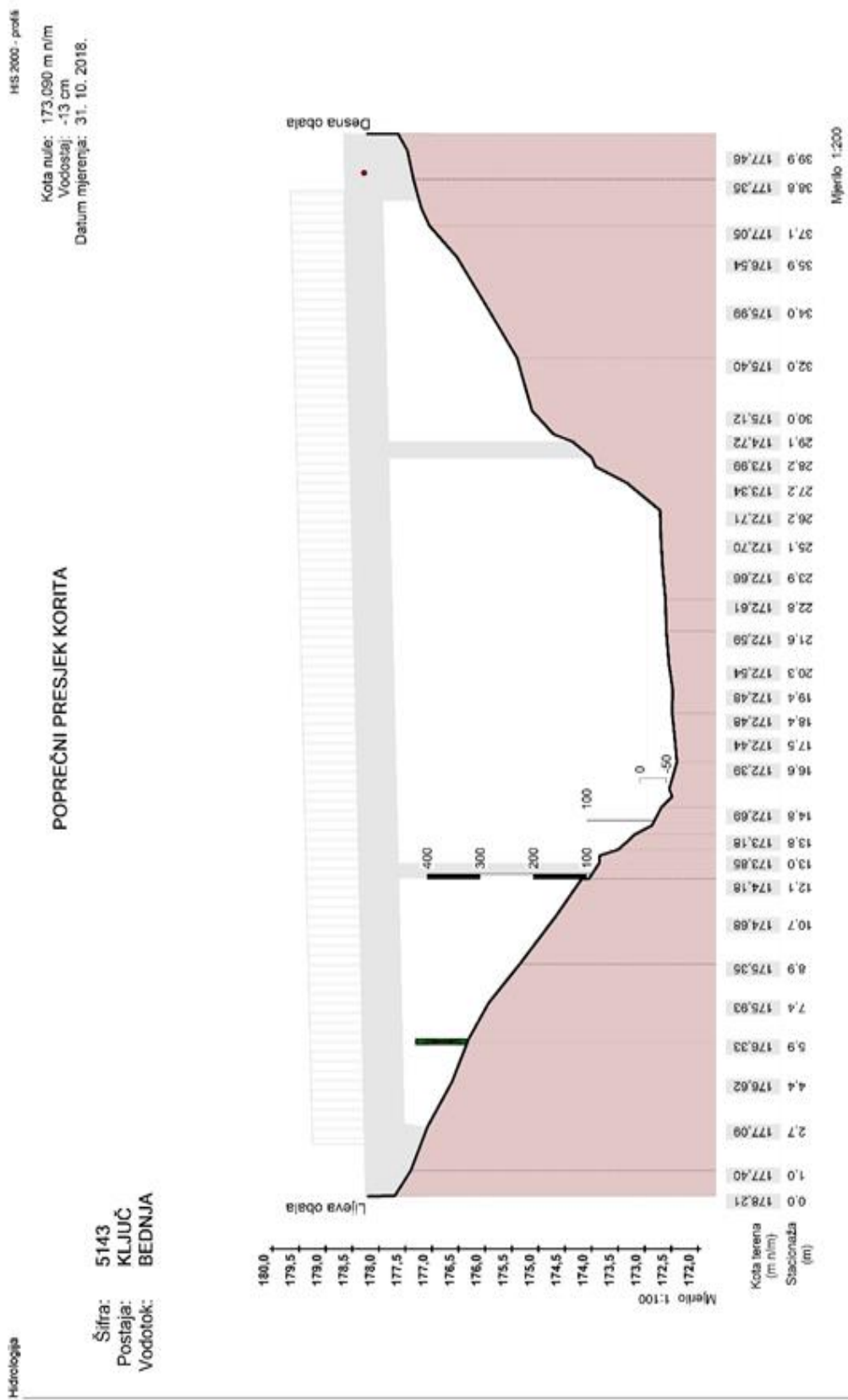
*Slika 3.3. Prikaz limnigrafske postaje i analizirane lokacije u naselju Ključ [10]*

Na slici 3.4., (02.06.2021.), prikazana je mjerna postaja na lokaciji u naselju Ključ, dok je na slici 3.5. prikazan poprečni presjek korita na istoj lokaciji [9].





*Slika 3.4. Rijeka Bednja na mjernoj postaji Ključ, (02.06.2021.)*



Slika 3.5. Poprečni presjek korita rijeke Bednje na lokaciji Ključ [9]

### 3.3. Lokacija Željeznica

Naselje Željeznica nalazi se u Varaždinskoj županiji te se tamo, kao i kod naselja Ključ, nalazi limnigrafska postaja na rijeci Bednji, što se prikazuje na slici 3.6. [10]. Također, zelenim pravokutnikom na slici označena je analizirana lokacija.

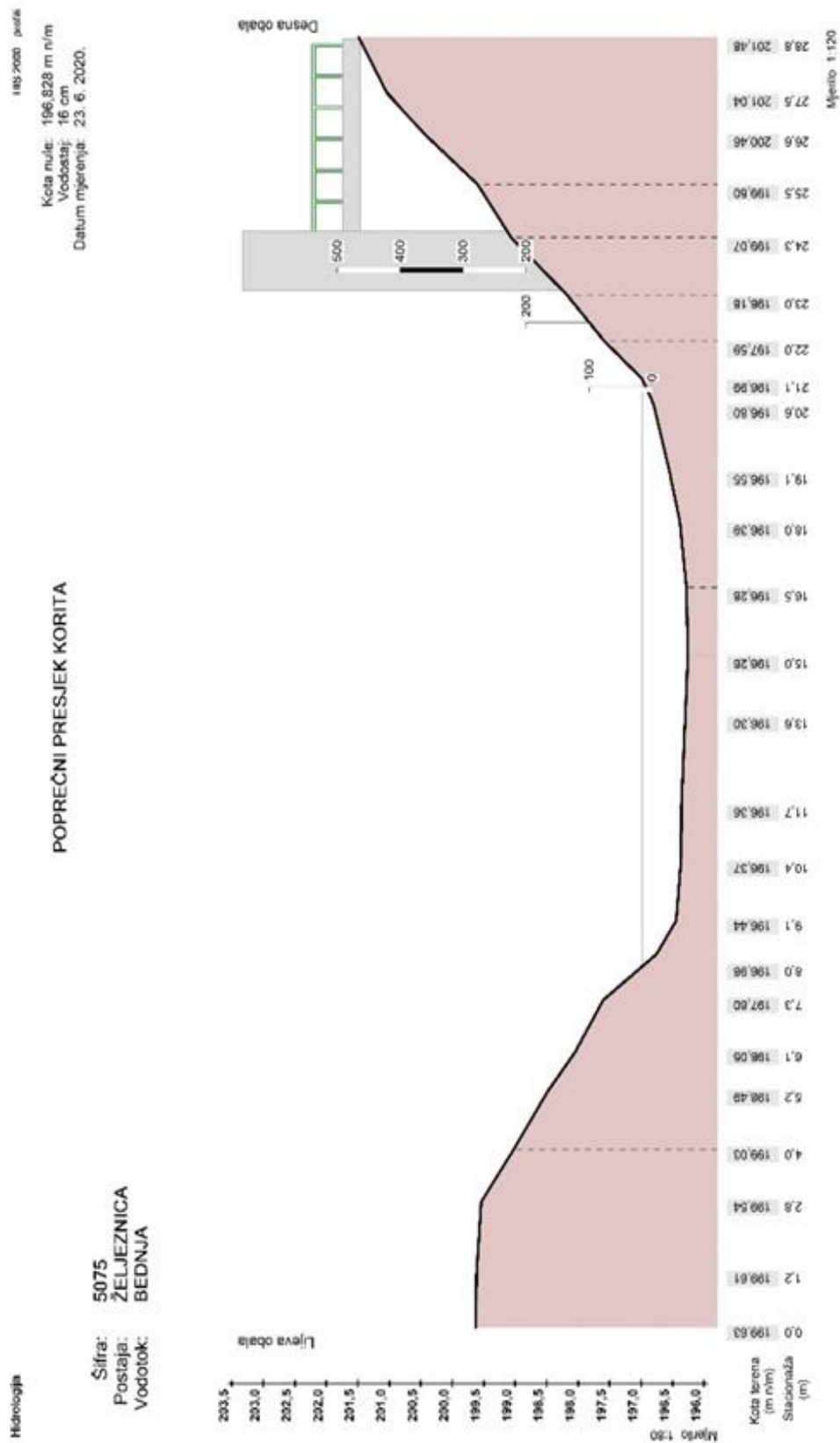


*Slika 3.6. Prikaz limnigrafske postaje i analizirane lokacije u naselju Željeznica [10]*

Na slici 3.7., (11.05.2022.), prikazana je mjerna postaja na lokaciji u naselju Željeznica, dok je na slici 3.8. prikazan poprečni presjek korita na istoj lokaciji [9].



*Slika 3.7. Rijeka Bednja na mjernoj postaji Željeznica, (11.05.2022.)*



Slika 3.8. Poprečni presjek korita rijeke Bednje na lokaciji Željeznica [9]

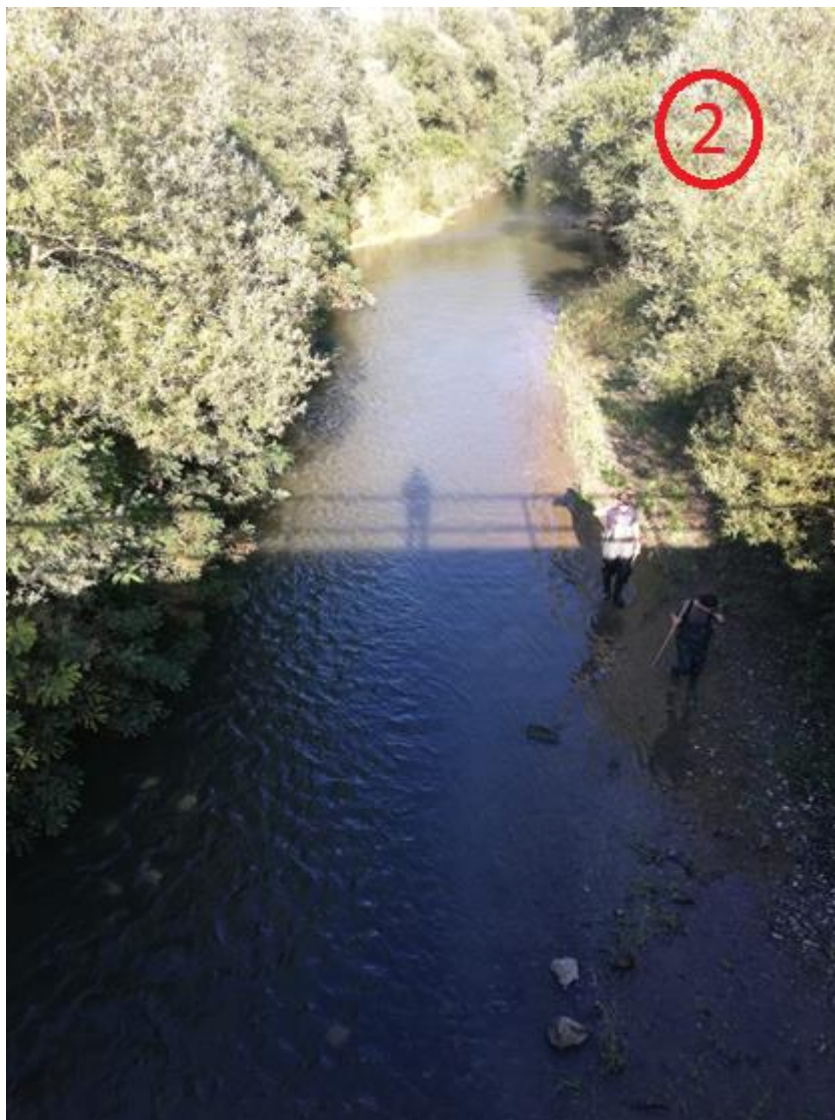
## 4. Analiza dobivenih rezultata

### 4.1. Analiza Fargueovih zakona na lokaciji Ključ

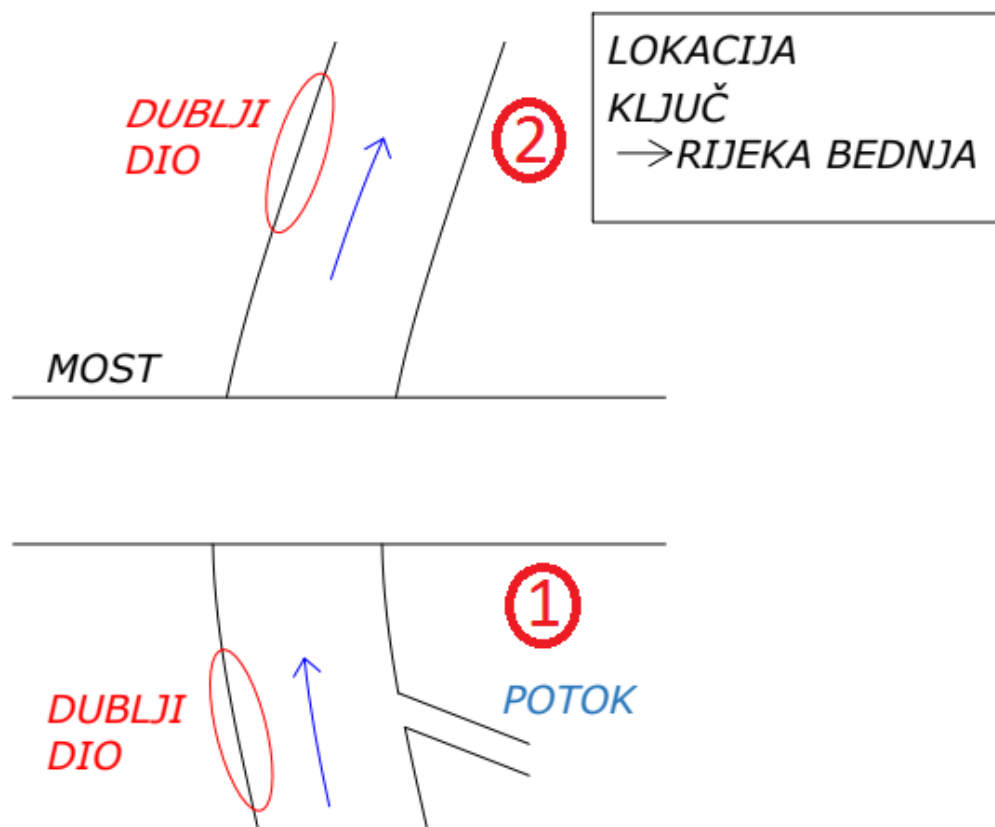
Kako je zadano u literaturi i definicijama za Fargueove zakone, lako se bilo kretati po rijeci i zaključiti gdje su veće dubine, a gdje manje. Određeno je tjeme, odnosno najviša točka vodotoka, vir i prag koji prikazuju najveću i najmanju dubinu rijeke. Točke infleksije je bilo malo teže odrediti, no one su poznate otprilike zbog toga što su to promjene karaktera zakrivljenosti trase vodotoka. Na slici 4.1. i 4.2., (12.09.2022.), prikazana je rijeka Bednja na analiziranoj lokaciji. Slika 4.3. prikazuje skicu toka rijeke Bednje na lokaciji Ključ te su jasno označeni dijelovi toka.



*Slika 4.1. Rijeka Bednja na lokaciji Ključ, uzvodni pogled s mosta(12.09.2022.)*



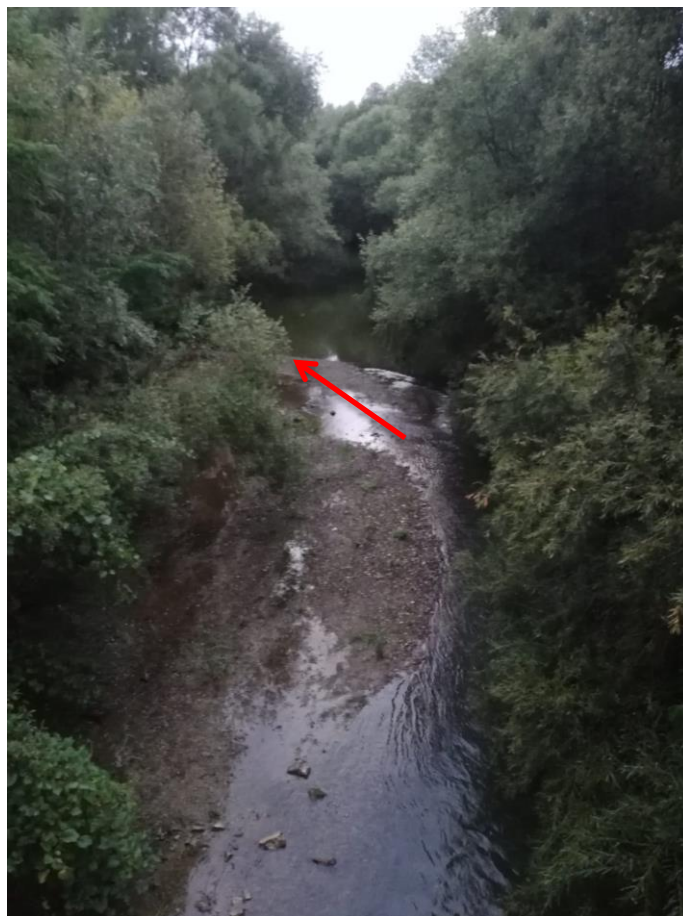
*Slika 4.2. Rijeka Bednja na lokaciji Ključ, nizvodni pogled s mosta (12.09.2022.)*



Slika 4.3. Skica rijeke Bednje na lokaciji Ključ

Kod slike 4.4., (09.09.2022.), može se vidjeti tok rijeke Bednje kod niskog vodostaja, a ujedno se vidi i uljev potoka Ljuba Voda, naznačen crvenom strelicom.





*Slika 4.4. Rijeka Bednja na lokaciji Ključ kod niskog vodostaja, uzvodni pogled  
(09.09.2022.)*

Slika 4.5., (17.09.2022.), prikazuje potok Ljuba Voda koji se nalazi na lokaciji Ključ koji je i označen na skici dijelova toka. Na lokaciji Ključ primijenjeni su zakon najvećih dubina i zakon odstupanja.



*Slika 4.5. Prikaz potoka Ljuba Voda na lokaciji Ključ, (17.09.2022.)*

Protok potoka Ljuba Voda ima utjecaj na morfološke karakteristike rijeke Bednje. Navedeno je izraženo kod malih vodostaja jer se stvara izvjestan uspor vode na uzvodnom dijelu, tako da ti dijelovi nisu idealni za odabir lokacije na kojoj će se testirati Fargueovi zakoni. Međutim, terenskim radom utvrđeno je da su teoretske postavke analiziranih Fargueovih zakona (zakon odstupanja i zakon najvećih dubina) zadovoljene i na ovom primjeru. Zbog klimatskih promjena, odnosno neravnomjerne zastupljenosti oborina s obzirom na količine i intenzitet, dolazi do pronosa i/ili zaustavljanja pronosa u potoku Ljuba Voda te u samoj rijeci Bednji, čime može doći do taloženja materijala na mjestima gdje inače i nije za očekivati taloženje. Drugim riječima, na mjestima najvećih dubina može doći do stvaranja naslaga, čime se smanjuje dubina. U slučaju pojave bujičnog toka na samoj lokaciji za očekivati je

ispiranje naslaga na mjestima bujičnog toka, a tek u fazi smirivanja toka nakon smanjenja protoka za očekivati je taloženje nanosa. Slika 4.5. zorno prikazuje različite boje vode potoka i rijeke, što ukazuje na različite vrste tala koje dolaze u Bednju. Potok Ljuba Voda karakterizira pjeskovita glina, dok u rijeci Bednji prevladavaju naslage mulja, koje pokreće veći protok rijeke. Iz navedenih razloga, potrebno je biti pažljiv kod interpretacije pojedinih Fargueovih zakona.

## 4.2. Analiza Fargueovih zakona na lokaciji Željeznica

Opis rada na lokaciji Željeznica je bio identičan kao i na lokaciji Ključ. Bilo je potrebno odrediti gdje se nalaze najveće i najmanje dubine, tjeme te gdje rijeka meandrira. Na slici 4.6., (12.09.2022.), prikazana je analizirana lokacija te postupak određivanja najvećih i najmanjih dubina.



*Slika 4.6. Rijeka Bednja na lokaciji Željeznica, (12.09.2022.)*

Slika 4.7., (12.09.2022.), prikazuje raslinje u vodi, dok slika 4.8., (12.09.2022.), prikazuje potok, nastao spajanjem potoka Ivanečka Željeznica i Vidovečka Željeznica, naznačen crvenom strelicom, koji mijenja karakter i svojstva toka same rijeke, kao što je to bio slučaj i na lokaciji Ključ.

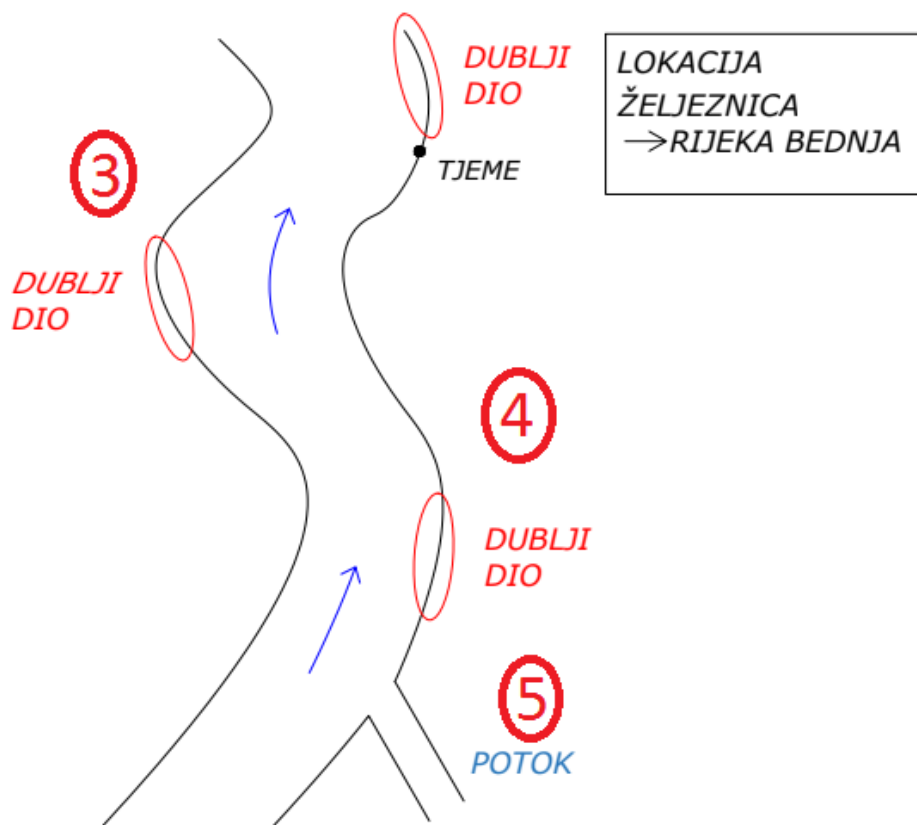


*Slika 4.7. Prikaz raslinja u vodi na lokaciji Željeznica, (12.09.2022.)*



*Slika 4.8. Prikaz uljeva potoka Ivanečka Željeznica i Vidovečka Željeznica na lokaciji Željeznica, (18.09.2022.)*

Slika 4.9. prikazuje skicu toka rijeke Bednje na lokaciji Željeznica te su jasno prikazani dijelovi koji se tiču zakona odstupanja i zakona najvećih dubina koji su obrađeni na odabranoj lokaciji.



Slika 4.9. Skica rijeke Bednje na lokaciji Željeznica

Raslinje svakako ima utjecaj na preciznost određivanja najmanjih i najvećih dubina u rijeci Bednji, no usprkos tome, s dovoljnom preciznošću provjerene su teoretske postavke Fargueovih zakona. Sa slike 4.8. vidljive su različite boje potoka, nastalog spajanjem potoka Ivanečka Željeznica i Vidovečka Željeznica, kao i različite boje toka rijeke Bednje, no kao i u slučaju potoka Ljuba Voda na lokaciji Ključ, dominantan je tok rijeke Bednje. Uljevi vodotoka imaju zanemariv utjecaj na primjenu Fargueovih zakona.

## 5. Zaključak

U ovom završnom radu na rijeci Bednji obrađena su dva Fargueova zakona, a to su zakon odstupanja i zakon najvećih dubina. Zbog manjka uvjeta nisu obrađeni i ostali. Zanimljiva činjenica je kad se teorija spoji u praksu, a u stvarnom životu, na terenu, šetnjom i samim kretanjem u rijeci vide Fargueovi zakoni te se vizualnim promatranjem i praćenjem toka rijeke može zaključiti o kojim Fargueovim zakonima se radi. Uzimajući u obzir teorijske skice zakona, bilo da se radi o širini, kutu, dubini, meandriranju i ostalim elementima toka, lako se kretati niz rijeku te je uočljivo gdje će se nalaziti dijelovi toka koji su i glavne značajke Fargueovih zakona.

Klimatske promjene svakako otežavaju determinaciju pojedinih Fargueovih zakona, budući da je njihov utjecaj na hidrološke i meteorološke elemente značajan. Izostanak oborina dovodi do smanjenja pa i do isušavanja vodotoka, čime se povećava rast vegetacije u koritu vodotoka, što dovodi do pojave uspora u slučaju povećanja protoka te promjenu režima tečenja. Samim time, zakonitosti Fargueovih zakona mogu biti promijenjene, što podrazumijeva da ovakvoj analizi treba pažljivo postupiti.



## 6. Literatura

- [1] Jelonjić, P., Uređenje teorija skripta, Zagreb, 2019.
- [2] Petrić, H., O nekim naseljima u porječju rijeke Bednje tijekom srednjega i početkom ranoga novog vijeka, znanstveni rad, Bednja, 2007.
- [3] Đurin, B.; Nakić, D. UNIN, predavanja, Regulacije i melioracije, 2021.
- [4] Lovrić, I.; Kovačević, D. TVZ, predavanja, Regulacije i melioracije, 2020.
- [5] Kuspilić, N., Građevinski fakultet Zagreb, predavanja, Zaštita voda, 2021.
- [6] Općina Bednja, datum pristupa, 17.08.2022., <http://www.bednja.hr/prirodne-znamenitosti>
- [7] Wikiwand, datum pristupa, 17.08.2022., <https://www.wikiwand.com/sh/Bednja>
- [8] Hrvatske vode: Studija utjecaja na okoliš za EU projekt zaštite od poplava na slivu Bednje, 2018.
- [9] Državni hidrometeorološki zavod (2022.), poprečni profili rijeke Bednje na lokacijama mjernih postaja
- [10] Državni hidrometeorološki zavod – hidrologija, datum pristupa, 10.09.2022., <https://hidro.dhz.hr/>

## **7. Popis slika**

Slika 2.1. Osnovni pojmovi morfoloških elemenata vodotoka

Slika 2.2. Definijska skica meandra

Slika 2.3. Shema zakona odstupanja

Slika 2.4. Shema zakona najvećih dubina

Slika 2.5. Shema zakona hoda

Slika 2.6. Shema zakona kuta

Slika 2.7. Shema zakona kontinuiteta

Slika 2.8. Shema zakona pada dna

Slika 3.1. Tok rijeke Bednje

Slika 3.2. Prikaz prosječnih protoka Bednje kroz niz od 19 godina

Slika 3.3. Prikaz limnografske postaje u naselju Ključ

Slika 3.4. Rijeka Bednja na mjernoj postaji Ključ

Slika 3.5. Poprečni presjek korita rijeke Bednje na lokaciji Ključ

Slika 3.6. Prikaz limnografske postaje u naselju Željeznica

Slika 3.7. Rijeka Bednja na mjernoj postaji Željeznica

Slika 3.8. Prikaz limnografske postaje u naselju Željeznica

Slika 4.1. Rijeka Bednja na lokaciji Ključ, uzvodni pogled s mosta

Slika 4.2. Rijeka Bednja na lokaciji Ključ, nizvodni pogled s mosta

Slika 4.3. Skica rijeke Bednje na lokaciji Ključ

Slika 4.4. Rijeka Bednja na lokaciji Ključ kod niskog vodostaja, uzvodni pogled

Slika 4.5. Prikaz potoka Ljuba Voda na lokaciji Ključ

Slika 4.6. Rijeka Bednja na lokaciji Željeznica

Slika 4.7. Prikaz raslinja u vodi na lokaciji Željeznica

Slika 4.8. Prikaz potoka na lokaciji Željeznica

Slika 4.9. Skica rijeke Bednje na lokaciji Željeznica