

Geomorfološke promjene korita Drave od Repaša do Ferdinandovca

Kulej, Toni

Master's thesis / Diplomski rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:217:911240>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-05-01**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb](#)



Toni Kulej

**Geomorfološke promjene korita Drave od Repaša do
Ferdinandovca**

Diplomski rad

**Zagreb
2019.**

Toni Kulej

**Geomorfološke promjene korita Drave od Repaša do
Ferdinandovca**

Diplomski rad

predan na ocjenu Geografskom odsjeku
Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu
radi stjecanja akademskog zvanja
magistra geografije

**Zagreb
2019.**

*Ovaj je diplomski rad izrađen u sklopu diplomskog sveučilišnog studija Geografija; smjer:
Fizička geografija s geoekologijom pri Geografskom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog
fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, pod vodstvom izv. prof. dr. sc. Nevena Bočića.*

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Geografski odsjek

Diplomski rad

Geomorfološke promjene korita Drave od Repaša do Ferdinandovca

Toni Kulej

Izvadak: Drava je rijeka koja kroz Hrvatsku prolazi tvoreći granicu s Mađarskom većim dijelom svog toka. Cilj rada bio je istražiti promjene u pružanju korita Drave od Repaša do Ferdinandovca u posljednjih 235 godina na temelju metode komparativne analize osam različitih kartografskih izvora. Pregledom promjena na povijesnim kartografskim izvorima te analizom literature utvrđena je razina promjene i presudni utjecaj promjene (prirodni i antropogeni). Rezultati su pokazali da je u promatranom razdoblju došlo do značajnih morfoloških promjena, ponajviše u razdoblju krajem 19. i početkom 20. stoljeća, dok je presudni utjecaj ukupne promjene antropogen.

62 stranice, 23 grafička priloga, 8 tablica, 58 bibliografskih referenci; izvornik na hrvatskom jeziku

Ključne riječi: Drava, geomorfologija, korito, promjena, kartografski izvori, usporedna analiza

Voditelj: izv. prof. dr. sc. Neven Bočić

Povjerenstvo: izv. prof. dr. sc. Neven Bočić
doc. dr. sc. Ivan Čanjevac
izv. prof. dr. sc. Nenad Buzjak

Tema prihvaćena: 8. 2. 2018.

Rad prihvaćen: 7. 2. 2019.

Rad je pohranjen u Središnjoj geografskoj knjižnici Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Marulićev trg 19, Zagreb, Hrvatska.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Geography

Master Thesis

Geomorphological changes in Drava riverbed from Repaš till Ferdinandovac

Toni Kulej

Abstract: The Drava river passes through Croatia forming a border with Hungary for most of its flow. The aim of the paper was to investigate the changes in riverbed position of Drava river from Repaš till Ferdinandovac over the last 235 years, based on the method of comparative analysis of eight different cartographic sources. By reviewing the changes in historical cartographic sources and by analyzing literature, the level of change and the crucial influence of change (natural and anthropogenic) was determined. The results showed that significant morphological changes took place in the observed period, mostly in the late 19th and early 20th century, while the crucial influence of total change was anthropogenic.

62 pages; 23 figures; 8 tables; 58 references; original in Croatian

Keywords: Drava, geomorphology, riverbed, change, cartographic sources, comparative analysis

Supervisor: Neven Bočić, PhD., Associate Professor

Reviewers: Neven Bočić, PhD., Associate Professor
Ivan Čanjevac, PhD, Assistant Professor
Nenad Buzjak, PhD, Associate Professor

Thesis submitted: February 8th 2018

Thesis accepted: February 7th 2019

Thesis deposited in Central Geographic Library, Faculty of Science, University of Zagreb, Marulićev trg 19, Zagreb, Croatia.

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
1.1. Cilj rada.....	1
1.2. Dosadašnja istraživanja.....	1
2. TEORIJSKA OSNOVA.....	3
3. FIZIČKO-GEOGRAFSKA OBILJEŽJA ISTRAŽIVANOG PODRUČJA....	5
3.1. Rijeka Drava.....	5
3.2. Obuhvat istraživnog područja.....	6
3.3. Geomorfološki položaj.....	9
3.4. Geološka građa.....	10
3.4.1. Litologija.....	11
3.4.2. Tektonika.....	12
3.5. Geomorfološka obilježja.....	14
3.5.1. Morfografija.....	14
3.5.2. Morfometrija.....	15
3.5.3. Egzogeomorfološko oblikovanje.....	16
3.5.3.1. Akumulacijski oblici.....	16
3.5.3.2. Erozijski oblici.....	18
3.6. Hidrologija.....	27
4. ANTROPOGENI UTJECAJ NA RELJEF.....	30
4.1.1. Regulacijski radovi.....	30
4.1.2. Utjecaj iskorištavanja hidroenergije.....	32
5. METODE RADA I IZVORI PODATAKA.....	34
5.1. Kartografski izvori.....	34
5.1.1. Hidrografski premjeri.....	38
6. REZULTATI.....	39
6.1. Prva habsburška vojna izmjera.....	39
6.2. Druga habsburška vojna izmjera.....	40
6.3. Treća habsburška vojna izmjera.....	42
6.4. Mađarska vojna izmjera 1941.	45
6.5. Topografska karta dopunjena 1956.	46
6.6. Digitalna ortofoto snimka 1968.	47
6.7. Hrvatska osnovna karta 1982.	49
6.8. Digitalna ortofoto snimka 2017.	50
6.9. Dinamika promjene korita u cijelom promatranom razdoblju.....	51
7. RASPRAVA.....	54
7.1. Promjene u morfologiji korita.....	54
7.2. Značaj rezultata za stanovništvo.....	57
8. ZAKLJUČAK.....	58
LITERATURA.....	59
IZVORI.....	62
POPIS SLIKA.....	VII
POPIS TABLICA.....	IX

PRILOZI.....	X
Prilog 1: : Prikaz istraživane dionice Drave u Hidrografskom atlasu rijeke	
Drave 1972.....	X
Prilog 2a: Konačna karta promjene istraživane dionice Drave, prvi dio.....	XI
Prilog 2b: Konačna karta promjene istraživane dionice Drave, drugi dio.....	XII

1. UVOD

Rijeke su dinamična vodena tijela koja se konstantno mijenjaju u pogledu dimenzija, hidroloških parametara i morfoloških karakteristika njihovih pojedinih komponenata. Promjene koje se najlakše primjećuju u prostoru su promjene korita. Radom vode pod utjecajem Coriolisove sile, korito mijenja svoj tlocrtni oblik stvarajući meandre. Upravo su ovakve promjene temeljno polazište ovog istraživanja.

1.1. Cilj rada

Cilj ovoga rada prvenstveno je usporediti povijesne promjene korita rijeke Drave u području od Repaša do Ferdinandovca (sl. 3). Glavna pitanja koja se istražuju vežu se za intenzitet i vrstu prirodnih procesa koji dovode do promjene, te udio antropogenih procesa u ukupnoj promjeni. Na temelju nekoliko dostupnih povijesnih kartografskih izvora analizirati će se i usporediti promjena, te obrazložiti najznačajniji faktori specifične dinamike promjene. Upravo je na ovom području primijećena velika razlika u tlocrtnom prikazu prvog i posljednjeg kartografskog izvora u vremenu istraživanja, koja upućuje na velike promjene u pružanju korita. Iz tog razloga je ovo područje odabrano kao relevantno za istraživanje. Točno vrijeme istraživanja je razdoblje u kojemu su nastali kartografski izvori iz kojih će se pregledavati promjena korita. To je razdoblje od 1782. godine kada je završen korišteni dio Prve Habsburške vojne izmjere, do 2017. godine kada je nastala digitalna ortofoto snimka kao najrecentniji izvor. Prije glavne analize potrebno je dati uvid u sadašnje stanje kroz opća fizičko-geografska obilježja i antropogeni utjecaj na reljef područja i samoga toka rijeke Drave. Konačni cilj je karta koja prikazuje specifičnu dinamiku promjene, te uvid u razinu antropogenog djelovanja na promjenu toka. Nakon rezultata potrebna je usporedba sa sličnim istraživanjem u obliku rasprave u kojoj će se također obrazložiti presudni razlozi promjene te značaj promjena za stanovništvo u području istraživanja.

1.2. Dosadašnja istraživanja

Zbog mogućnosti iskorištavanja, opasnosti i same veličine rijeke Drave, ona ima velik utjecaj na život ljudi u njeznoj neposrednoj blizini. Zbog te činjenice, može se reći kako je područje cijele Drave uvelike istraživano. Postoji velik broj radova s pogleda geologije, geomorfologije, hidrologije i kartografije područja porječja Drave. Neka manja područja su više istražena, kao naprimjer područje Drave u Varaždinskoj i Međimurskoj županiji zbog tamošnjeg istraživanja hidroenergetskog potencijala. Prostor istražen u

ovome radu nije istražen kao jedna zasebna cjelina, ali je kao dio šireg područja porječja Drava.

S geološkog aspekta, najvažnije istraživanje, a time i izvor informacija je Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, List Đurđevac i pripadajući Tumač geološke karte autora Hećimovića (1986a, 1986b).

Geomorfološka istraživanja većinom provodi Bognar u svojim radovima Bognar (1985, 1990, 1992, 1996).

Hidrografska istraživanja vršili su mađarski znanstvenici od kojih je najznačajniji Mantuano (1970). Uz njih važan izvor je Hidrografski atlas rijeke Drave Republičkog sekretarijat za vodoprivredu SR Hrvatske iz (1972). Opisima hidrografskih atlasa i hidrološkim istraživanjima pridonijeli su i sljedeći radovi: Milas (2012), Prevedan (2003), Bonacci (2008), Bonacci i Oskoruš (2010) i Beraković (2002).

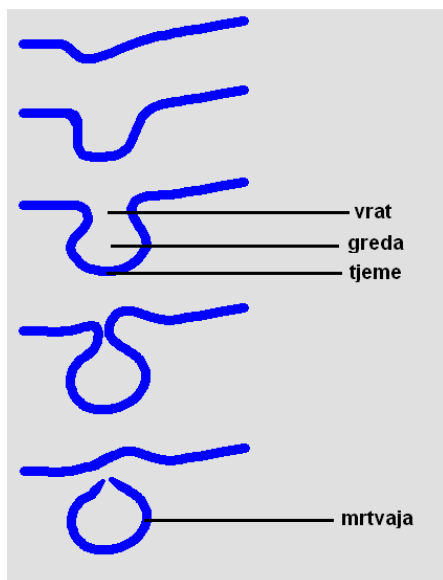
Specifičnija istraživanja o promjenama toka Drave uključujući njezine regulacije obuhvaćena su u radovima Bognar (1995, 2008), Riba (2004), Slukan-Altić (2002), Sečen (1994), Matica i Turinski (2013), Remenyik (2004), Živaković-Kerže (2013) i Šadek (2013).

O raznim kartografskim izvorima koja uključuju istraživano područje pišu Frangeš i dr. (2012), Lapaine (2001), Slukan-Altić (2003) i Timar i dr. (2006).

Postoje i razne studije u kojima su između ostalog istraživane i sintetizirane prirodno-geografske značajke, šireg i užeg prostora istraživanja. Neka od njih su *Prostorni plan uređenja općine Novo Virje* (2006), autora općine Novo Virje, zatim *Stručna podloga za proglašenje područja Mura-Drava u Republici Hrvatskoj regionalnim parkom* Državnog zavoda za zaštitu prirode (DZZP, 2009) i *Pilot Study: Hydromorphological Survey and Mapping of the Drava and Mura Rivers* (Schwartz, 2007) Bečke tvrtke Fluvius.

2. TEORIJSKA OSNOVA

Drava je slatkovodna tekućica, odn. rijeka. Rijeka se definira kao voda koja teče pod utjecajem sile teže i usijeca korito na površini kopna (Riđanović, 1993). Destruktivnim radom tekućica koji se naziva erozija, nastaju fluvijalni reljefni oblici. Sukladno cilju istraživanja i značajkama istraživanih područja u ovom je istraživanju naglasak na bočnoj eroziji (fluviorapciji) (Scheffers i dr., 2015). Ona je posebno specifična za mehanizam srednjeg i donjeg toka. Zbog nje nastaju meandri te kasnije rukavci i mrtvaje, preko kojih je najlakše vidjeti promjenu toka. Pojam koji se prvi mora razjasniti je korito, žljebasto udubljenje u smjeru maksimalnog pada kojim otječe voda. Ono je najbitnija komponenta koja se morfološki mijenja pod utjecajem raznih faktora. Sastoji se od strana korita i dna korita. Linija koja spaja izvor i ušće naziva se uzdužni profil korita. Iz njega se mogu iščitati u kakvom su odnosu akumulacijski i destruktivni procesi, te odrediti faza razvoja korita. Meandri su vijuge toka koji nastaju skretanjem matice (ili najveće brzine) toka u jednoj obali pod utjecajem Coriolisove sile. (Scheffers i dr., 2015). Također dolazi do frikcije na dnu i na stranama korita zbog koje dolazi do turbulencija u toku matice zbog čega ona skreće te jača akumulaciju na konveksnoj obali i eroziju na konkavnoj obali (Summerfield, 1991). Meandri se sastoje od tjemena, grede i vrata. Na vratu je najveća erozija pa se s vremenom vrat probije, a tjeme postaje mrtvaja, dok se na tjemenu događa najveća akumulacija koja formira sprudove (sl. 1).



Slika 1: Elementi i razvoj meandara

Izvor: URL 1, 1.2.2019., doradio autor

Stupanj razvoja meandra ovisi o erozijskoj snazi rijeke, dok ona ovisi o masi, brzini vode, sili teži, centrifugalnoj sili i sastavu obala (Bognar, 2008, Summerfield, 1991). Istraživanja poput Friedkinovog (1945) pokazuju da je za razvoj meandara veoma važan materijal u samom toku i to onaj kotrljajući materijal nošen dnom korita. Njegova istraživanja nam također pokazuju kako se proces meandriranja nakon inicijalnog meandrirajućeg korita dodatno ubrzava i jača upravo stvaranjem sprudova i povećanjem raspona krivine i dužine luka između infleksije (Friedkin, 1945). Mrtvaje ili mrtvice definiramo kao odsječen dio meandra koji se polako zatvorio i formirao potkovasto jezero koje ovisi o dotoku vode. Prirodni proces meandriranja i stvaranja mrtvaja je glavni prirodni uzrok promjene toka na istraživanom području. Porječje je također bitan pojam kada se govori o širem području oko korita. To je dio prostora koji tekućica odvodnjava sa svojim pritocima na površini kopna ili u podzemlju topljivih stijena (Riđanović 1993). Tlocrtno gledano postoji više vrsta korita, koje se mogu izmjenjivati i na različitim dionicama jedne rijeke. Voda u tekućicama ima različit mehanizam u gornjem, srednjem i donjem dijelu toka, a on ovisi o padu i brzini vode u koritu zbog čega u različitim dijelovima toka djeluju različiti destruktivski i akumulacijski procesi uslijed kojih se formiraju različiti reljefni oblici (Schwartz, 2007). Područje istraživanja nalazi se na dionici rijeke Drave koje možemo smatrati kao njezin srednji tok. Srednji tok karakterizira jačanje bočne erozije uz početak jačanja akumulacije. To podrazumijeva stvaranje *U* poprečnog profila korita i meandriranje (Schwartz, 2007).

3. FIZIČKO-GEOGRAFSKA OBILJEŽJA ISTRAŽIVANOG PODRUČJA

3.1. Rijeka Drava

Drava je srednjoeuropska rijeka crnomorskog slijeva koja izvire u južnom Tirolu nedaleko starog naselja Tolbach (današnji Dobbiaco) u sjevernoj Italiji. Izvor Drave nalazi se na nadmorskoj visini od 1 450 m, a njezino 320-ak metara široko ušće u rijeku Dunav, na 80 metara iznad morske razine (Matica i Turinski, 2013, Bognar, 1996, URL 2).

Ušće u Dunav nalazi se u Republici Hrvatskoj, 2,5 km sjeverozapadno od Aljmaša. Drava je desni pritok Dunava, a ukupno je peti najveći pritok, nakon rijeka Tise, Save, Prut, Moriš (Bognar, 1996, URL 2). Dugačka je 749 kilometara, od čega 323 kilometra ili 43,1 % u Hrvatskoj. Tok Drave od izvora teče istočno kroz Istočni Tirol i Korušku u Austriji, zatim kroz Štajersku u Sloveniji, nakon čega skreće jugoistočno prema Hrvatskoj te u tom smjeru teče sve do ušća stvarajući hrvatsko-mađarsku granicu većim djelom (sl. 2) (Bognar, 1996). Drava na taj način povezuje pet europskih zemalja te planinski prostor Alpa s Panonskom nizinom i, preko Dunava, Crnim morem. Prolazeći kroz Alpe ona je tipična planinska rijeka s većim nagibom korita, brzim tokom i snježno-ledenjačkim režimom voda.



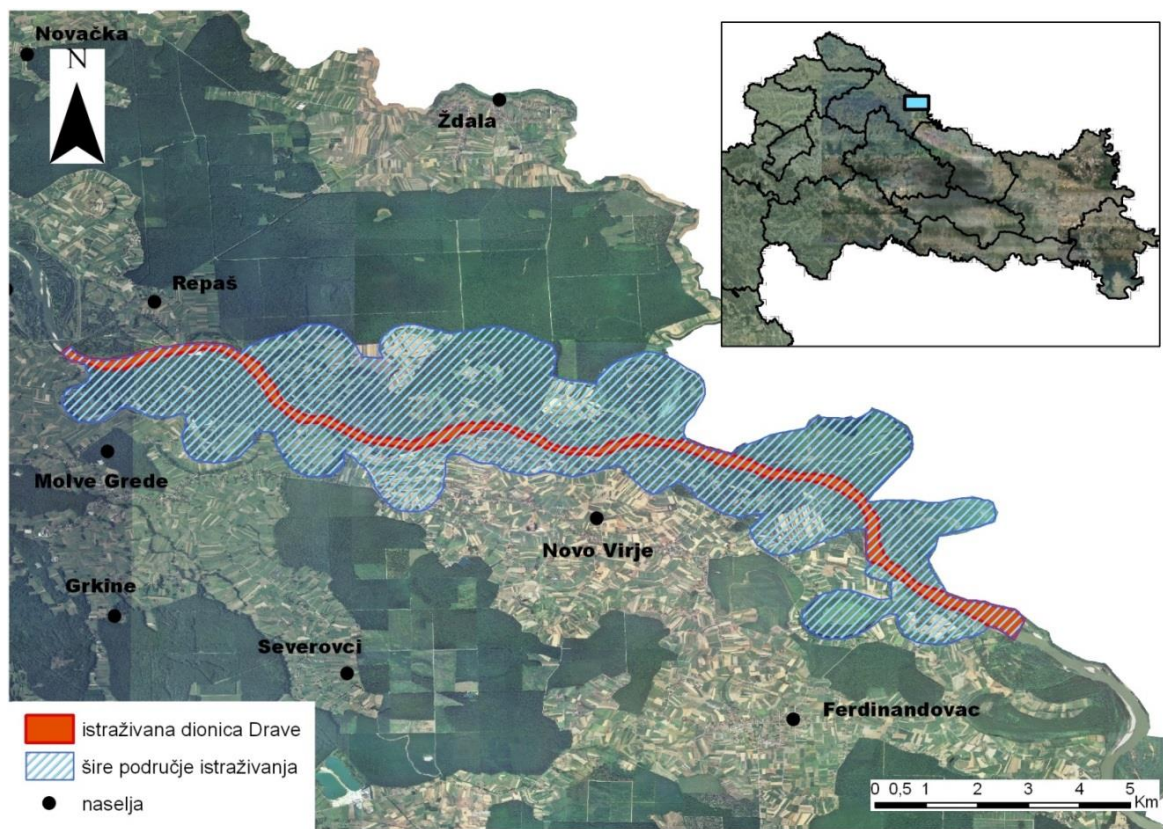
Slika 2: Položaj rijeke Drave u Europi

Ulazeći u otvorenu Panonsku nizinu, tok joj se usporava, a korito širi. U svom srednjem i posebno donjem toku, Drava stvara brojne sprudove, plićake, meandre i rukavce. No ni u donjem dijelu toka Drava nema osobine prave nizinske rijeke jer u usporedbi s drugim panonskim rijekama, pad (nagib) korita joj je puno veći (Matica i Turinski, 2013, Schwartz, 2007, DZZP, 2009). Bazen porječja rijeke Drave obuhvaća područje površine od 40 490 km², što uključuje i njezin najveći pritok, Muru. Hrvatskoj pripada 8 023 km² ili 19,8 % ukupne površine porječja (Bognar, 1996). Pružanje rijeke i porječja je Z-I, osim nizvodno od Legrada gdje ono ima Dinarski pravac pružanja, SZ-JI. Gledajući mikrolokacije, najveći dio područja istraživanja također ima pružanje Z-I, sve do dionice nakon koje Drava (ponovno) tvori granicu s Mađarskom, što je na otprilike 196. riječnom kilometru Drave. Hidrološki parametri Drave u Hrvatskoj se redovito prate na postajama Varaždin, Botovo, Terezino Polje, Donji Miholjac i Osijek (DZZP, 2009, Schwartz, 2007). Drava se u svom gornjem i srednjem toku iskorištava u pogledu hidroenergije zbog svoje velike hidrauličke snage. Od ukupno 22 hidroelektrane izgrađene na Dravi, na teritoriju Hrvatske postoje tri velike hidroelektrane. To su HE Varaždin (izgrađena 1975. god.), HE Čakovec (1982.) i HE Dubrava (1989.). Rijeke ovakve veličine uvelike su regulirane prvenstveno u svrhu smanjenja naplavne ravnice odn. obrane od poplava (DZZP, 2009). Takav je slučaj i s Dravom koja je u velikoj mjeri regulirana u svom donjem i djelomično srednjem toku (Sečen, 1994).

3.2. Obuhvat istraživanog područja

U Hrvatskoj Drava protječe kroz Varaždinsku, Međimursku, Koprivničko-križevačku, Virovitičko-podravsku i Osječko-baranjsku županiju. Prostor istraživanja nalazi se na teritoriju Koprivničko-križevačke županije, na sjever-sjeveroistoku Republike Hrvatske. Naravno, nalazi se u podravskoj dolini, u središtu Panonskog bazena. Okolna naselja su Molve, Repaš, Novo Virje i Ferdinandovac (sl. 3). Kroz Koprivničko-križevačku županiju teče 22% ukupnog toka Drave kroz Hrvatsku, što je oko 74 kilometra (Matica i Turinski, 2013). Točna duljina istraživanog dijela toka prema Hidrografskom atlasu (1972) je 17, 717 kilometara. Ova kilometraža temeljena je na Hidrografskom atlasu rijeke Drave (1972), iz kojega se mogu odrediti točne kilometraže zbog krupnog mjerila i oznaka svakog kilometra toka. Današnja duljina dionice je 15,2 km. Kilometraža rijeke, odn. riječni kilometri broje se od ušća prema izvoru. Stoga je početak istraživane dionice 190,073 kilometara od ušća, a kraj je ne 207,790 kilometara od ušća. Specifična kilometraža na decimalu uzeta je kao reprezentativna jer se početna i krajnja točka

istraživane dionice podudara s točkama premjera poprečnih i dolinskih profila u spomenutom Hidrografskom atlasu.



Slika 3: Obuhvat i smještaj područja istraživanja

Krajnja točka dionice podudara se s tadašnjim Repaškim mostom izgrađenim 1960. godine. Kasnije izgrađen novi most iz 1978. izgrađen je nekoliko stotina metara uzvodno, pa se on danas nalazi na različitoj kilometraži Drave (URL 3). No zbog uzimanja Hidrografskog atlasa 1972. kao reprezentativnog u pogledu kilometraže, za potrebe rada se krajnja točka istraživane dionice nalazi na lokaciji staroga Repaškog mosta. Duljina istraživane dionice Drave danas je 15,4 kilometra. Iz ovog podatka možemo vidjeti smanjenje duljine od 2,3 km u odnosu na 1972. godinu.

No, za potrebe rada bilo je potrebno proučavati i područja koja su nekadašnji meandri rijeki Drave. Pošto je temeljni objekt istraživanja promjena toka Drave, proučavanje prostora na kojemu je u prošlosti bio tok Drave je od velike važnosti. Danas to područje zapravo granica prve terase rijeke Drave. Tako je na (sl. 3) prikazano i šire područje istraživanja čije se granice poklapaju s granicama poloja i prvom dravskom terasom, odn. vanjskim rubovima područja nekadašnjih meandara. Područja dravske terase i bivših meandara koji su izvan granica Republike Hrvatske nisu prikazani na karti jer nisu promatrani zbog nedostatka, prvenstveno novijih, kartografskih izvora tih područja.

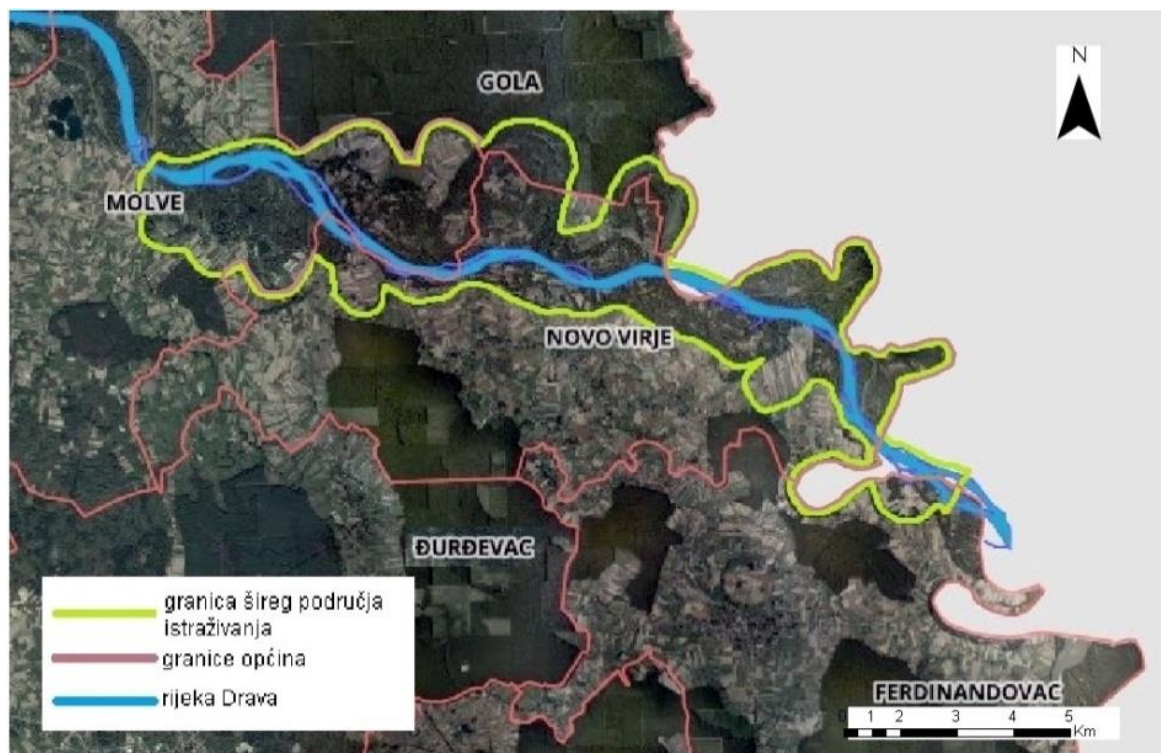
Ukupna površina šireg područja istraživanja je 28,5 km². Šire područje je određeno prije pregledavanja svih povijesnih kartografskih izvora jer se iz recentnih digitalnih ortofoto snimaka moglo rekogniscirati kompletno područje i na taj način objediniti sva područja promjene. Način prepoznavanja temelji se na nekoliko metoda rekognisciranja reprezentativnih elemenata snimaka i karata. Ortofoto snimke jasno pokazuju prostor nekadašnjeg toka Drave i nekadašnje naplavne ravnice uz tok. Tri su najbitnija pokazatelja prema kojima možemo odrediti granice poloja i prve terase na ortofoto snimkama. To su:

1. različita vegetacija u području nekadašnjeg toka u odnosu na prostor direktno uz njega (većinom je to gušća vegetacija ili visoko krošnjasto drveće koje se jasno vidi na ortofoto snimkama);

2. smjer pružanja i razdioba oranica, livada i šuma, odn. zemljišta u cijelosti; te

3. današnja vodena tijela u vidu potoka i kanala od nekadašnjih rukavaca te još uvijek vodom ispunjene mrtvaje.

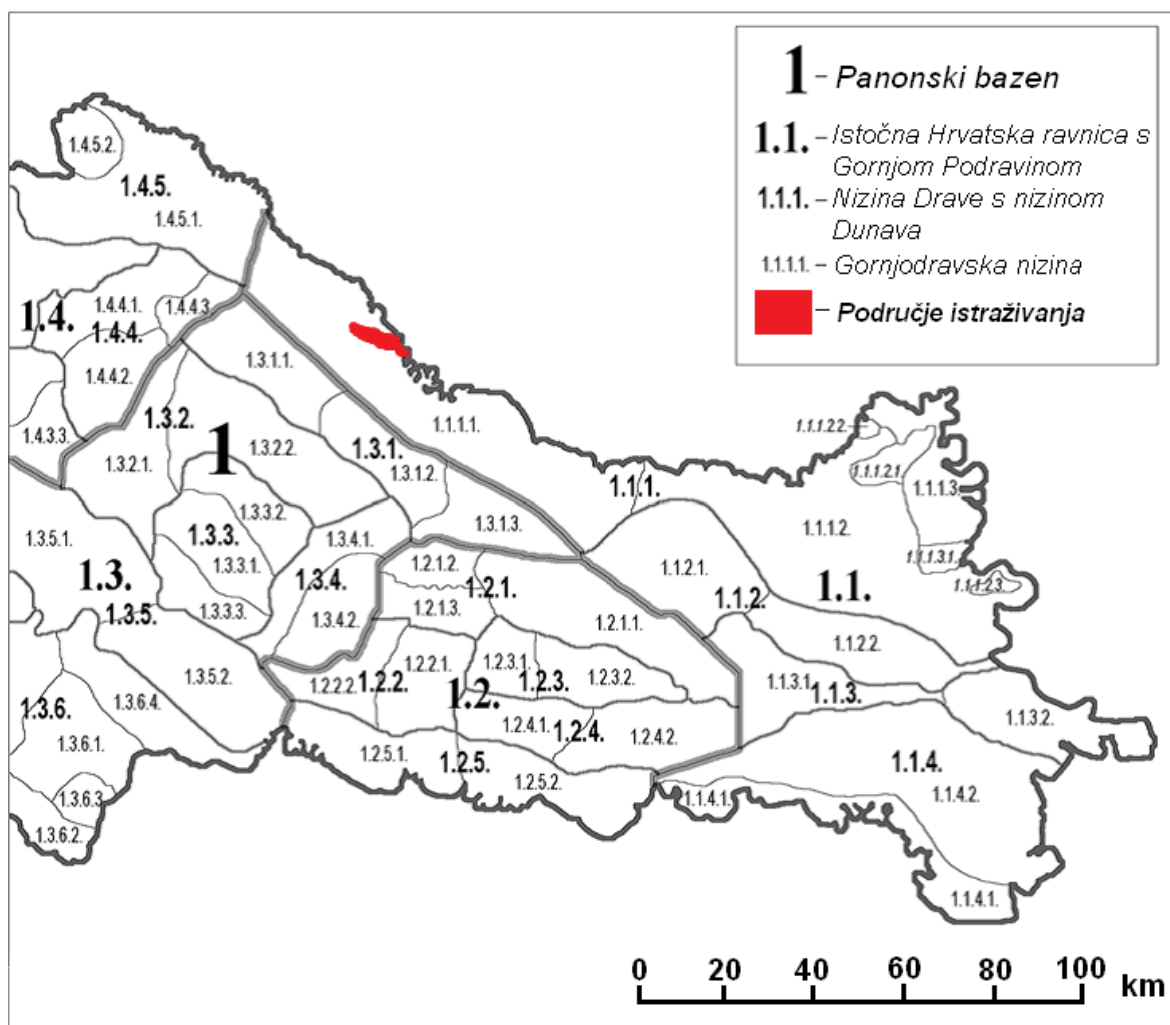
Što se tiče smještaja područja unutar administrativnih jedinica, osim navedenog smještaja u Koprivničko-križevačkoj županiji, sama dionica Drave protječe kroz tri općine. To su Općina Molve unutar koje se nalazi krajnja točka dionice, Općina Novo Virje gdje je dionica najdulja, te Općina Ferdinandovac gdje je početak dionice i gdje je istraživani dio toka najkraći (sl. 4). Manji dijelovi toka prolaze kroz Mađarsku. Prvi od dva slučaja se nalazi na sjeveroistočnom dijelu gdje granica prati nekadašnji meandar Drave, a današnji pravocrtniji tok prolazi unutar granica Mađarske. Dok je drugi na istočnom dijelu, nešto više od jednog kilometra uzvodno od početka istraživane dionice, gdje također današnji ispravljeni tok Drave prelazi gredu nekadašnjeg meandra (koji je danas klasificira kao mrtvaja toponima Stara Drava) i tako ulazi u granice Mađarske, a ne prati samu granicu. Kada se gleda šire područje istraživanja, tada vidimo da se sjeverni dijelovi nalaze u Općini Gola u čiji prostor ulaze dijelovi nekadašnjih meandara Bukevje i Čambina. Prostor nekadašnje grede mrtvaje Stara Drava također je unutar područja istraživanja iako je to prekogranično područje koje pripada Mađarskoj.



Slika 4: Položaj područja istraživanja unutar administrativnih jedinica

3.3. Geomorfološki položaj

Prema geomorfološkoj regionalizaciji, istraživano područje pripada megamakrogeomorfološkoj regiji *Panonskog bazena* (1), makrogeomorfološkoj regiji *Istočna Hrvatska ravnica s Gornjom Podravinom* (1.1.), mezogeomorfološkoj regiji *Nizina Drave s nizinom Dunava* (1.1.1.), te subgeomorfološkoj regiji *Gornjodravska nizina* (1.1.1.1.) (sl. 5) (Bognar 2001). Temeljne odrednice geomorfološke regionalizacije su opća morfološka i morfogenetska obilježja reljefa, uz koja se isto tako promatraju litografske karakteristike, orografske karakteristike i hidrografska mreža. Za istraživano područje najvažniji faktor izdvajanja je činjenica da je to nizinsko područje fluvijalnog nastanka. Stoga je najbitnija stavka homogenost morfolitogenih čimbenika, pogotovo jer se radi o mikrolokaciji u određenom dijelu toka gdje postoje većinom jednolične litografsko - morfografske značajke (Bognar, 2001).



Slika 5: Smještaj područja istraživanja u regijama geomorfološke regionalizacije
Izvor: Bognar, 2001

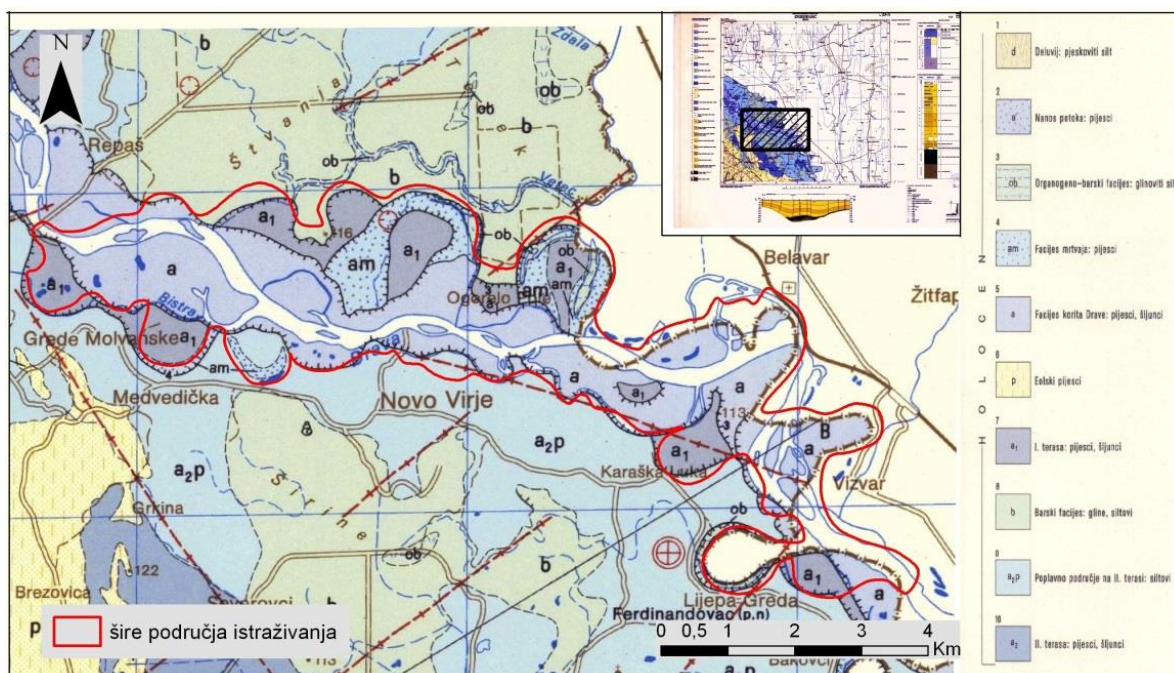
3.4. Geološka građa

Za opis litoloških i tektonskih značajki istraživanih područja korištena je Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, List Đurđevac L 33-71 (sl. 6) (Hećimović, 1986a); te pripadajući Tumač za list Đurđevac L 33-71 (Hećimović, 1986b). Litologija, a pogotovo i tektonika područja istraživanja bitne su za razumijevanje uvjeta nastanka geomorfoloških oblika. Nadalje, govoreći o oblicima i njihovim karakteristikama, dolazimo do mogućnosti proučavanja promjena toka (odn. korita, kao jednog od oblika).

3.4.1. Litologija

Pošto je kompletno šire područje direktno povezano s, geološki gledano, recentnim pojavama nastanka podloge, sve litostratigrafske jedinice dobivene kartiranjem na istraživanom području su kvartarne, preciznije holocenske starosti. To znači da su nastale u

posljednjih desetak tisuća godina. Fluvijalni procesi taloženja materijala uzrok su takvom sastavu. Ipak, dubinskim bušenjem saznaje se da ispod holocenskih facijesa nalazimo i različite starije naslage. Najdublje su mezozojske starosti na oko 2200 metara isod razine mora, a iznad njih nešto miocenskih i najviše pliocenskih naslaga. Ipak recentne holocenske strukture i podloga su važnije za proučavanje promjene korita u posljednjih 250-ak godina.



Slika 6: Geološka karta područja istraživanja s legendom

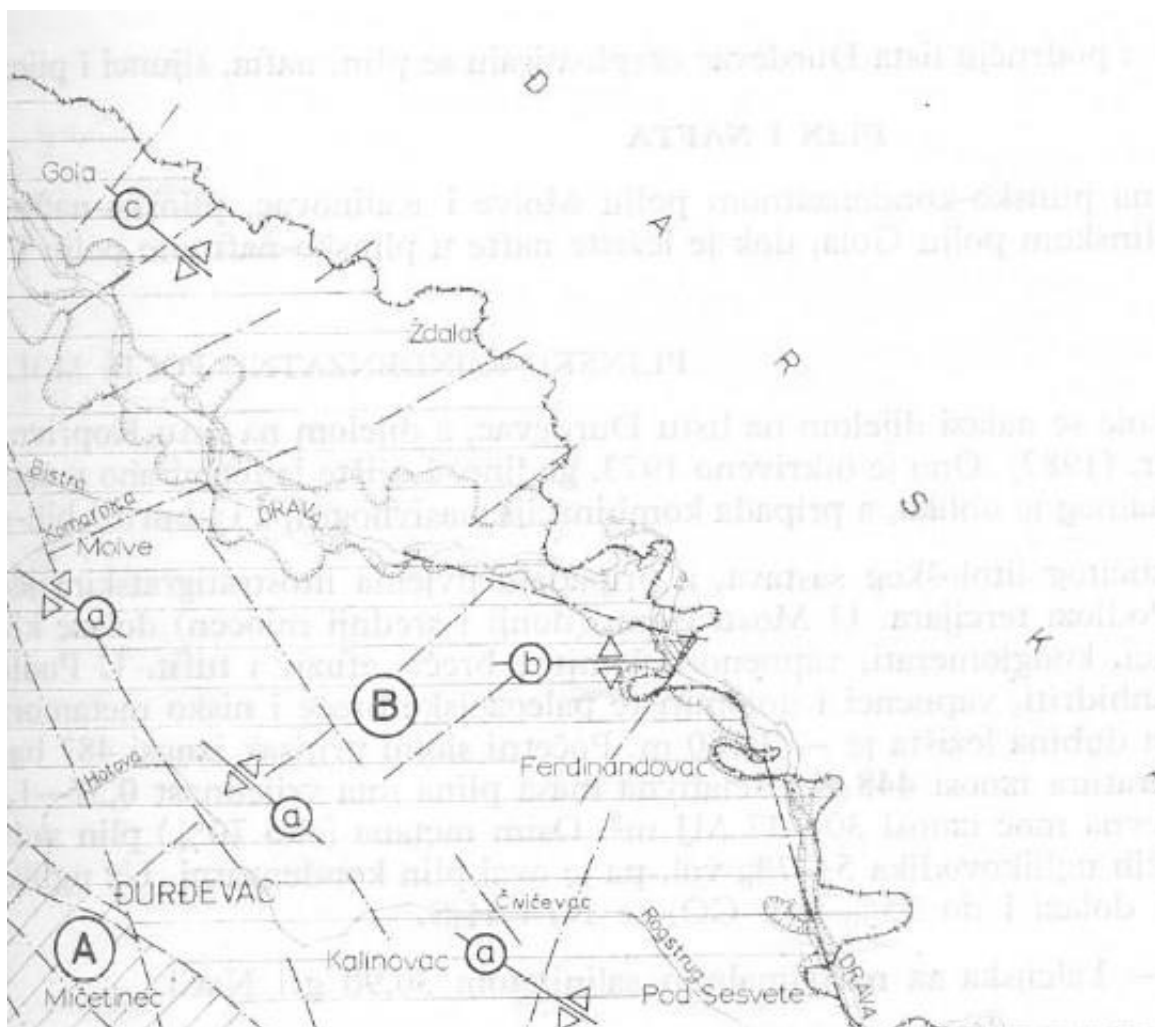
Izvor: Hećimović, 1986a

Holocenske naslage na području istraživanja debljine su do 20 metara. To su isključivo aluvijalne naslage. Osnovna jedinica bitna za istr. područje su šljunci i pijesci u koritu Drave (**a**). One su najmlađe odn. recentne u fluvijalnom nizu. Sastoje se od sitnozrnatih i srednjezrnatih pijesaka, šljunkovitih pijesaka i pjeskovitih šljunaka. Najzastupljeniji mineral od kojeg su sačinjeni je kvarc, a tu su još i feldspati, muskovit, karbonatne čestice u lakoj mineralnoj frakciji, granat u teškoj mineralnoj frakciji, te škriljci i gnajsevi u frakciji šljunaka (Hećimović, 1986b). Facijesu riječnog korita pripadaju i ade i sprudovi. Pratički identična, ali malo starija litostratigrafska jedinica je facijes prve terase (**a₁**) koja je također sastavljena od pijeska i šljunka. Nalazi se neposredno uz korito Drave i njezini vanjski rubovi sačinjavaju rub šireg područja istraživanja, što potvrđuje ispravnost određivanja granica šireg područja istraživanja. Prostire se valovito i nekontinuirano uz tok, jer recentnija dravska erozija denudira jedinicu

prve terase. Sačinjena je od istih tipova materijala i minerala kao jedinica **a** (Hećimović, 1986b). Manje zastupljene jedinice su sedimenti mrtvaja (**am**) i organogeno-barski sedimenti (**ob**). Sedimenti mrtvaja su sitnozrnati siltni pijesci te glinovito-pijeskoviti siltovi s organskim ostacima, čiji je mineralni sastav identičan prvoj terasi i aluviju korita. Nalaze se na prostorima mrtvaja gdje se taloži mulj i ponekad sitnozrnati pijesak (Hećimović, 1986b). Organogeno-barski sedimenti su najmanje zastupljeni i oni predstavljaju završnu fazu taloženja barskih naslaga. Nalaze se u vodom ispunjenim mrtvajama i zaostalim barama koje su obrasle barskim biljem. Predstavljaju taloženje glina i siltova s organskim ostacima. Uz ove 4 jedinice koje se nalaze direktno unutar šireg područja istraživanja, vrijedno je spomenuti i jedinice direktno nastavljene na to područje. Postoje sedimenti poplavnog područja na drugoj terasi (**a_{2p}**) koji se direktno nastavljaju na prvu terasu, najviše južno od toka, zatim šljunci druge terase (**a₂**), koji su nastavljeni na (**a_{2p}**), te barski sedimenti (**b**) najviše rasprostranjeni sjeverno od toka i granice prve terase (sl. 6) (Hećimović, 1986b).

3.4.2. Tektonika

Područje pripada podravskoj dolini (potolini) koja je u odnosu veličina veća strukturna jedinica kada se govori o strukturno-tektonskim karakteristikama. Cjelina nižeg reda veličine je Glavna potolinska zona (Pletikapić, 1964, prema Hećimović, 1986b). Ona predstavlja sinklinorij dinarskog smjera pružanja koji se pruža uz glavni potolinski rasjed koji razdvaja potolinu od Bilogorskog masiva. (sl. 7). Diferencijalno rasjedanje i spuštanje sinklinorija započelo je u neogenu (miocenu) i trajalo kroz cijeli neogen i kvartar te traje i danas pa se može reći da je važna karakteristika Dravske potoline danas stalno produbljivanje i povećanje debljine sedimenata, posebno kvartarnih (DZZP, 2009). Zbog konstantnog spuštavanja došlo je do formiranja uzdignuća odn. horstova unutar potoline. Tri takva uzdignuća su i strukturne jedinice Glavne potolinske zone. To su horst-antiklinala Molve-Kalinovac, antiklinala Ferdinandovac i horst antiklinala Gola-Ždala (sl. 7). Kod horst-antiklinale Molve-Kalinovac (**a**) mogu se primjetiti tri zasebne izdignute strukture, koje su položene od Molvi jugoistočno prema Kalinovcu. Taloženje se tu događa od miocena na podlogu paleozojske i mezozojske starosti. Kasnije dolazi do spuštavanja cijele strukture, a još kasnije, u kvartaru, do jačanja tektonske aktivnosti kada uzdužni, ali i poprečni rasjedi daju horstu današnji oblik (Hećimović, 1986b). Antiklinala Ferdinandovac (**b**) izdiže se još i danas, a postojala je i prije miocenskog početka odlaganja naslaga. S njezine južne strane postoji rasjed pružanja SZ-JI duž kojeg se ona izdizala.



Slika 7: Pregledna tektonska karta šireg područja

Izvor: Hećimović, 1986b

Kasnije dolazi do relativnog izdizanja te, u kvartaru, jačanja tektonske aktivnosti kada ova struktura dobiva konačni oblik. Na (sl. 7) vidimo da joj je smjer pružanja Z-I, kao i toka Drave u tom području, sve do okvirnog kraja pružanja antiklinale. Može se pretpostaviti da su neotektonski pokreti kroz neogen, ali i jačanje tektonike u kvartaru, osim oblikovanja antiklinale Ferdinandovac i horst-antiklinale Molve-Kalinovac, utjecali i na pružanje toka Drave u tom području. Tok Drave nije pravocrtan nego je smjer pružanja ima generalni otklon prema istoku i jugoistoku. Utjecaji recentnijih desnih tektonskih pomaka, posebno u kvartaru (holocenu), imaju veliki utjecaj na oblikovanje i smjer pružanja toka te njegove današnje reljefne osobine (Bognar, 2008).

3.5. Geomorfološka obilježja

Šire područje istraživanja može se podijeliti na nekoliko fiziografskih jedinica reljefa. Prvi i najvažniji morfofacijesni element je recentno korito Drave s rukavcima, svojim sprudovima i adama. Drugi morfofacijes je naplavna ravnica čije granice nisu točno određene jer danas zbog regulacije više ne dolazi do plavljenja kao što je to bilo prije antropogene intervencije. Treći morfofacijes je sve ono što čini prva riječna dravska terasa. Prva dravska terasa podijeljena je na nekoliko elemenata u reljefu. To su: pojedine mrtvaje, fluvijalne grede te sukcesije sprudova s konveksne strane meandara (Bognar, 2008). Ovi elementi reljefa u ovom području se formiraju zbog složene međuovisnosti unutarnjih sila i vanjskih procesa. Ovdje se to odnosi na spomenute tektonske procese, fluvijalne procese i antropogene utjecaje. Specifični fluvijalni procesi su bočna (i dubinska) erozija te akumulacija, kojima dobivamo specifične fluvijalne reljefne oblike. S obzirom da je područje istraživanja u srednjem toku, procesi erozije i akumulacije su podjednakog intenziteta što uzrokuje jako meandriranje. Meandriranje uzrokuje najveću prirodnu promjenu korita.

3.5.1. Morfografija

Šire područje istraživanja je nizinsko područje niske energije reljefa i neznatnog nagiba. Samo korito rijeke od početka na zapadnom kraju proteže se u smjeru istok-jugoistok. Nakon nekoliko stotina metara počinje blagi meandar čija je konveksna strana na južnoj (desnoj) obali. Nakon toga izraženijeg meandra, korito nastavlja prema istoku gdje se sljedećih 7 kilometara izmjenjuju meandri (4) vrlo blagog luka, konkavne i konveksne strane na desnoj obali, sve do lokaliteta *Mlađ* gdje Dravu presijeca hrvatsko-mađarska granica. Nakon tog lokaliteta, generalni smjer pružanja je jugoistočni sve do krajnje istočne točke promatranog područja. Kao što je već napomenuto, granice šireg područje istraživanja poklapaju se s nekadašnjim granicama meandara. Počevši od zapadnog početka područja, sjeverna granica prati naplavnu ravan uz samu Dravu prvih 2,3 km, nakon čega ona prati granice tjemena nekadašnjih meandara *Parage*, *Brdina luka*, *Bukevje* i na koncu *Ogorelo polje* (*Čambina*). Nakon toga se granica područja proteže duž državne granice ili uz samo korito Drave na nekoliko mjesta gdje državna granica presjeca Dravu. Područja obuhvaćaju stare meandre na lokalitetima *Karas*, *Mlađ* i *Formoza*. Južna strana granice šireg područja od istoka prema zapadu pruža se granicama meandara *Poljic*, *Stara Drava*, *Karaške loke* i *Karaš*, a dalje unutar naplavnih ravnina lokalitetima *Karaš*,

Crnec, Senjanske luke i Ravnice sve do ponovnih granica starih meandara *Medvedička i Sekulina*. Nadmorska visina promatranog područja varira od oko 107 m.n.v. na krajnjem JJ šireg područja, sve do 129 m.n.v. na sjevernim granicama šireg područja unutar nekadašnjeg meandra Bukevje.

3.5.2. Morfometrija

Kvantitativni morfometrijski pokazatelji dobiveni su radom u ArcGIS sustavu pomoću digitalnog modela reljefa dimenzija 12.5 m x 12.5 m. Što se tiče hipsometrijskih obilježja, u cijelom širem području istraživanja zastupljena je kategorija nizina (do 200 m.n.v.). Značajniji morfometrijski pokazatelji su nagib i vertikalna raščlanjenost. Nagib šireg promatranog područja relativno je nizak na većem dijelu, što je razumljivo s obzirom na to da se radi o fluvijalnoj dolini. U (tab. 1.) prikazana je zastupljenost pojedinih kategorija nagiba.

Tab. 1: Zastupljenost pojedinih kategorija nagiba u širem području istraživanja

Kategorija nagiba	Zastupljenost kategorije
0° - 2° (Ravnice)	42,6 %
2° - 5° (Blago nagnuti teren)	36,4 %
5° - 12° (Nagnuti teren)	20,5 %.
12° - 32° (Jako nagnuti teren)	0,5 %
32° < (Vrlo strm teren i strmci)	0 %

Jače nagnute terene nalazimo na područjima mrtvaja Bukevje, Čambina, Veliko zimoležje i Stara Drava. Viši nagibi pojavljuju se zbog odsjeka i greda na obalama nekadašnjih korita koja su sada suhe mrtvaje. Uz to viši nagibi su i na područjima greda na položima Sekulina/Hanbari, Karaš i Veliko zimoležje. Najniži nagibi su na prostoru korita, na prostoru unutrašnjosti drugih zaravnjenijih mrtvaja, i gdje gdje uz korito na prostoru nekadašnjih položaja. Sljedeći kvantitativni pokazatelj je vertikalna raščlanjenost reljefa (ili energija reljefa) koja podrazumijeva visinske razlike izražene u metrima između najviše i najniže nadmorske visine na jediničnoj površini od 1 km² (Bognar, 1992). Kao i nagib, ona je vrlo niska zbog nizinskog tipa reljefa. Kategorije i zastupljenost prikazane su u (tab. 2).

Tab. 2: Zastupljenost pojedinih kategorija vertikalne raščlanjenosti u širem području istraživanja

Kategorija vertikalne raščlanjenosti	Zastupljenost kategorije
0 - 5 m/km ² (Zaravnjeni reljef)	79 %
od toga 0 - 2 m/km ²	56 %
5 - 30 m/km ² (Slabo raščlanjene ravnice)	21 %
30 m/km ² <	0 %

3.5.3. Egzogeomorfološko oblikovanje

Reljefni oblici koji nastaju djelovanjem toka vode mogu biti erozijski tj. destruktivni ili akumulacijski. Akumulacijsko-erozijsko djelovanje vodenog toka događa se u kvartaru. Akumulacijski oblici koji se mogu naći na istraživanom području su naplavna ravnica (poloj), ade i sprudovi. Oni su nastali akumulacijom materijala koje tekućica donosi svojim tokom. To se najviše događa u srednjem i donjem toku kada se smanji brzina i prijenosna energija materijala, pa se on akumulira. Erozijskih oblika ima više. Oni su riječno korito, riječna terasa, mrtvaja, greda, rukavac i riječni otok. Erozijski oblici nastaju destruktivnim djelovanjem vode na matičnu stijenu ili ranije akumulirani auvijalni materijal. Upravo su erozijski oblici najvažniji za istraživanje promjene toka. Riječno korito je osnovni pokazatelj promjene, uz mrtvaje koje daju jasnu sliku prijašnjeg položaja toka Drave. Osnovni makrooblik je riječna dolina. Dolina je na ovom području jednostavna, simetrična, longitudinalna i antecedentna. Za potrebe rada promatrati će se dijelovi riječne doline direktno povezani za šire područje istraživanja i procese koji se na tom prostoru odvijaju.

3.5.3.1. Akumulacijski oblici

Poloj

Poloj ili naplavna ravan zapravo je nastao akumulacijsko-erozijskim djelovanjem tijekom kvartara. Postoji viši i niži (poloj) dio naplavne ravni. Ravan se formira prvenstveno djelovanjem bočne erozije, ali nakon toga i taloženjem materijala prilikom plavljenja i izlivanja tekućice (Bognar, 2008). Taj proces događa se zbog slabljenja transportne moći u srednjem i donjem toku. Niži dio ili poloj odgovara srednje visokim i niskim vodostajima rijeke Drave. Niže dijelove naplavne ravni na širem istraživanom području možemo naći na nekoliko lokaliteta. Jedan je na lokalitetu Karaš, neposredno južno od korita na otprilike trećoj četvrtini duljine toka gledajući nizvodno od početka na

nekadašnjem Repaškom mostu. Drugo područje je ono sjeveroistočno od korita odmah nakon dionice uz poloj Karaš, na lokalitetima Veliko i Malo Zimoležje koje se proteže (i prelazi) na području uz hrvatsko-mađarsku granicu. Ta područja su niže nadmorske visine od ostalih na širem istraživanom području te, što je još značajnije, energija reljefa na njima je, gledajući i sam tok, veoma niska (do oko 2 m/km²), što ukazuje na mogućnost plavljenja. Uz ova područja, značajno je i područje mrtvaje Čambina (Ogorelo polje) koja je konstantno plavljena od formiranja same mrtvaje, te je tako primjer poloja na području nekadašnjeg toka. Sama područja naplavnih ravni sastoje se od više manjih mikrooblika kao što su rukavci, sukcesije sprudova i mrtvaje (Bognar, 2008). Materijal u polju razlikuje se od materijala na riječnoj terasi, što se i vidi iz litološkog pregleda područja (sl. 6).

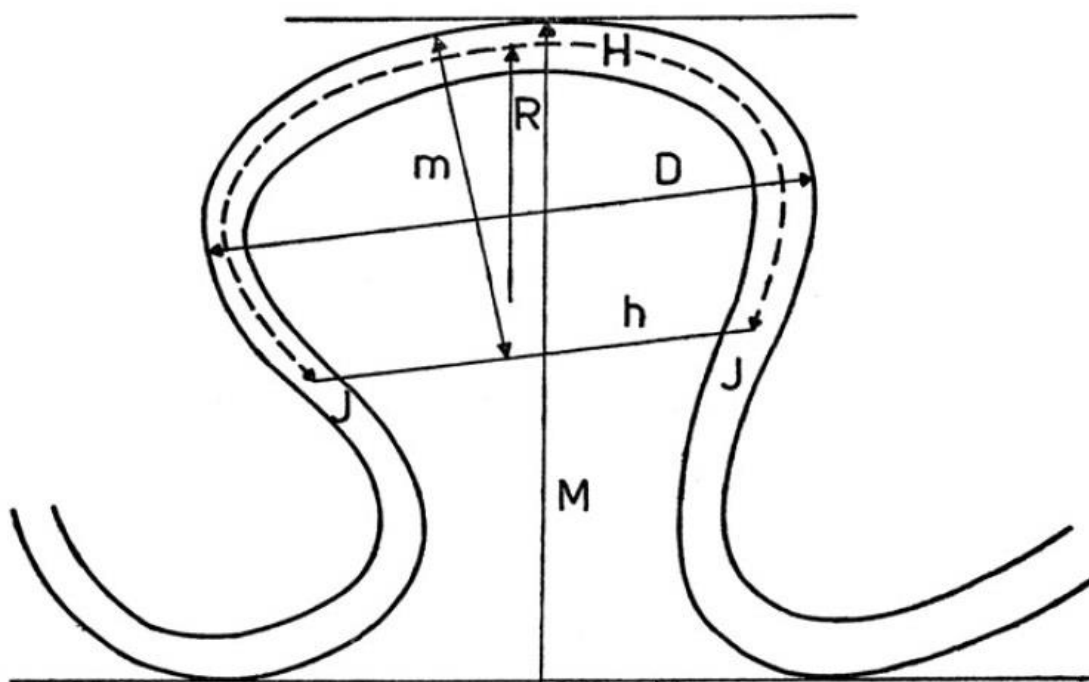
Sprudovi i ade

Manji oblici kao sprudovi i ade pojavljuju se upravo u srednjim i donjim tokovima rijeka gdje je brzina toka manja i akumulacija veća. Sprudove definiramo kao dinamične reljefne oblike nastale akumulacijom materijala u koritu rijeke. Kažemo da su dinamični jer se često mijenjanju i migriraju nizvodno s povećanjem protoka. Zbijanjem i spajanjem sprudova nastaju ade. To su akumulacijski riječni otoci koji se također dinamično kreću tokom ovisno o protoku (Bognar, 2008). Drava je poznata po velikom broju ovih akumulacijskih oblika, u srednjem i donjem dijelu svoga toka. Na istraživanoj dionici Drave može se naći nekoliko boljih primjera sprudova i ada. Proučavanjem digitalne ortofoto snimke iz 2017. godine kao najnovijeg reprezentativnog izvora, mogu se primjetiti primjeri sprudova i ada relativno velikih dimenzija. Najvidljiviji primjeri nalaze se na prvih 5 km dionice, gledajući nizvodno od početka na nekadašnjem Repaškom mostu. Najveći vezani sprud nalazimo na lijevoj obali Drave kod lokaliteta *Sekulina*, dok se velika ada prekrivena šumskom vegetacijom nalazi 500-tinjak metara nakon spomenutog spruda, na tjemenu današnjeg meandra *Hanbari*. Još jedna ada nalazi se samo par stotina metara nizvodno, bliže lijevoj obali Drave gledajući na kopneni lokalitet *Parag*. Između nje i obaju obala nalaze se manji sprudovi. Tri manje ade formirane su na oko 10 km od početka istraživane dionice, uz desnu obalu kod lokaliteta *Karaš*, dok je još jedna veća šumom pokrivena ada presječena krajnjom linijom kod lokaliteta *Mlađ*. S obzirom na stalnu dinamičku promjenu tih reljefnih oblika, može se pretpostaviti da je današnje stanje drugačije od stanja na DOF snimci 2017. Povijesno gledajući, dolazilo je do stalne promjene postojanja i položaja sprudova i ada, zajedno s proučavanom promjenom toka.

3.5.3.2. Erozijski oblici

Riječno korito

Za istraživanje važan erozijski fluvijalni oblik je korito. Kao što je definirano ranije, korito je žljebasto udubljenje u smjeru maksimalnog pada kojim otječe voda. Glavna karakteristika korita na istraživanoj dionici je njegova klasifikacija kao meandrirajuće (Schwartz, 2007). Točnije, za to područje može se reći da je korito prijelaznog tipa iz isprepletenog prema meandrirajućem, s manjom razgranatošću korita (Schwartz, 2007). Strana meandra na kojoj prevladava erozija naziva se konkavni dio riječne krivine, odnosno tjeme meandra, dok se dio na kojemu prevladava akumulacija naziva konveksni dio meandra. Pošto na području istraživanja postoji ili je postojalo mnogo meandara različitih veličina, potrebno je prikazati parametre dimenzija meandara koji će biti korišteni u prikazu rezultata istraživanja. Na (sl. 8) prikazan je dijagram meandra sa označenim parametrima dimenzija.



Slika 8: Parametri dimenzija meandra: **J**-infleksijske točke, **H**-dužina luka između infleksija, **h**-dužina između infleksija, **m**-visina krivine, **M**-raspon krivine, **D**-širina luka meandra i **R**-radijus meandra (krivine).

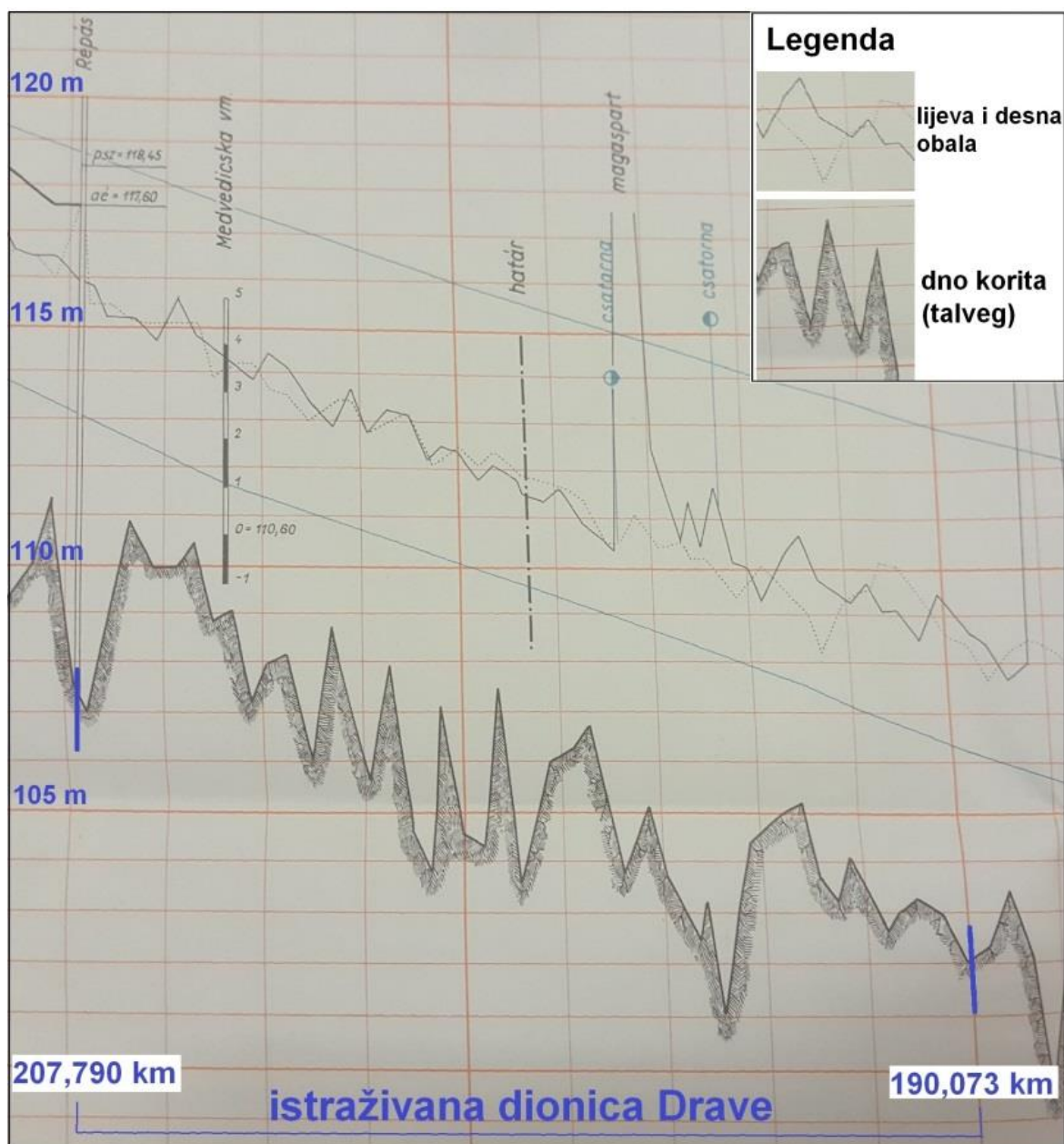
Izvor: Laszloffy, 1931, prema Bognar, 2008

Stupanj razvijenosti meandra ovisi o erozijskoj snazi rijeke, a ona ovisi o masi i brzini vode, sili teži, centrifugalnoj sili i sastavu obala. Osim toga, veličina meandara također ovisi o nagibima i kutu pod kojim matica erodira obale. Tako povećanjem nagiba raste dužina luka meandra i obratno, a što je kut pod kojim matica napada obale veći, širina meandra se povećava, ali mu se skraćuje dužina. Dužina između infleksija je linija na kojoj dolazi do prirodnog presijecanja meandara u kasnoj fazi razvoja (Bognar, 2008).

Važan parametar promatranja stanja korita su njegovi uzdužni (longitudinalni) i poprečni presjeci (sl. 9, sl. 11). Dostupni profili Drave u istraživanom području prilikom izrade rada su oni iz Hidrografskog atlasa rijeke Drave iz 1972. god. Zbog toga ih ne uzimamo kao reprezentativne za sadašnje stanje korita upravo zbog promjene toka i promjene morfologije korita. Ipak, pošto nema dostupnih novijih podataka ove vrste, za potrebe ovog rada prikazan je uzdužni profil te odabrani poprečni (dolinski) profili na istraživanoj dionici Drave.

Uzdužni profil izrađen je u mjerilima 1:100 za visine, te 1:100 000 za dužine. Na (sl. 9) vidimo isječak uzdužnog profila na istraživanoj dionici Drave. Prikazana je visina i kilometraža pojedine točke lijeve (puna linija) i desne obale (iscrtkana linija) te dna korita. Najviša točka dna korita je na 110.8 m.n.v. na 207-om kilometru Drave, dok je najniža točka korita na 101 m.n.v. na 195-om kilometru Drave. Na uzdužnom profilu još su zabilježeni znakovi za desni i lijevi obalni pritok, vodokaz i most. Vidi se izrazito spuštanje nadmorskih visina ideći nizvodno prema ušću. Tako visina obala kod starog Repaškog mosta dosežu visine od 116 metara, dok su prema ušću one puno manje te sežu i ispod 108 m.n.v.

Osim uzdužnog profila u hidrografskom atlasu prikazani su i dolinski profili kao i reprezentativni poprečni evidencioni profili. Dolinski profili upisani su na listove u mjerilu za visine 1:200 i za dužine 1:5000, te prikazuju korito kao i prostor riječne doline oko korita duljine oko 1 km. Na dolinskim profilima se jasno može iščitati dubina korita, širina korita, njegove morfološke karakteristike, smještaj sprudova i ada te visinska morfologija šireg područja riječne doline oko korita.

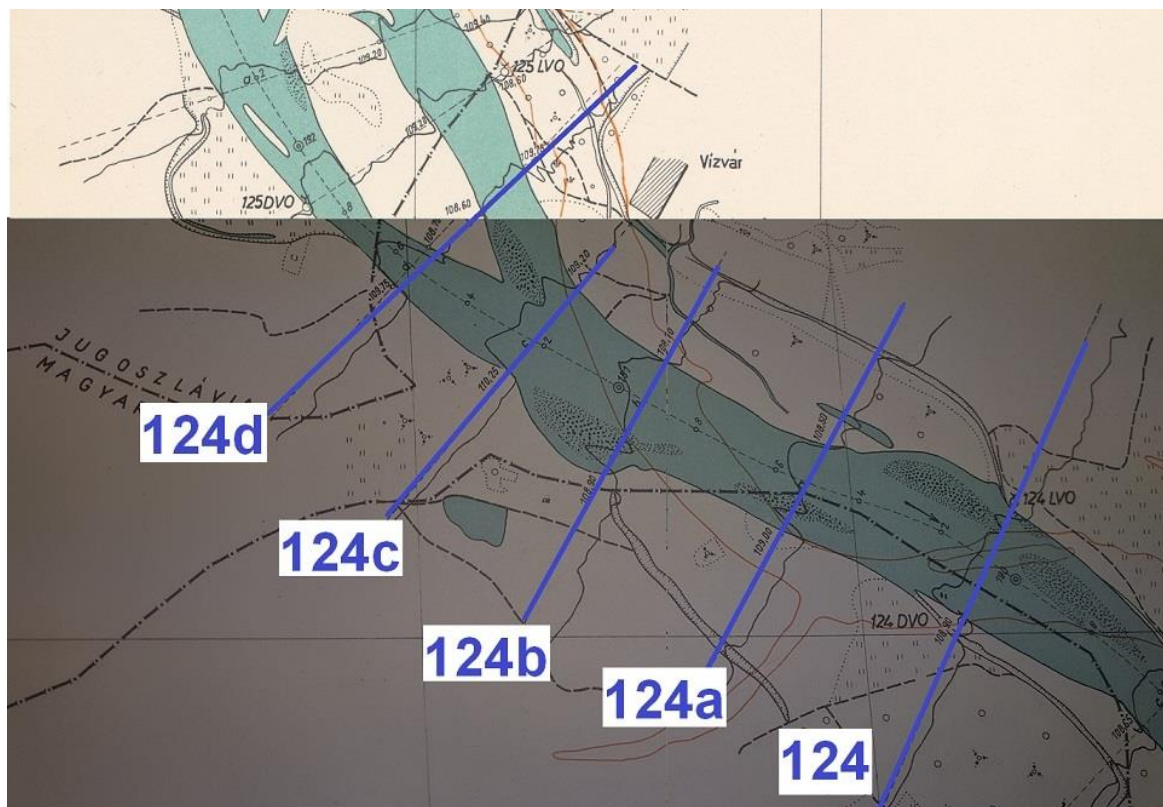


Slika 9: Isječak uzdužnog profila rijeke Drave 0-237 km

Izvor: Hidrografski atlas rijeke drave, 1972

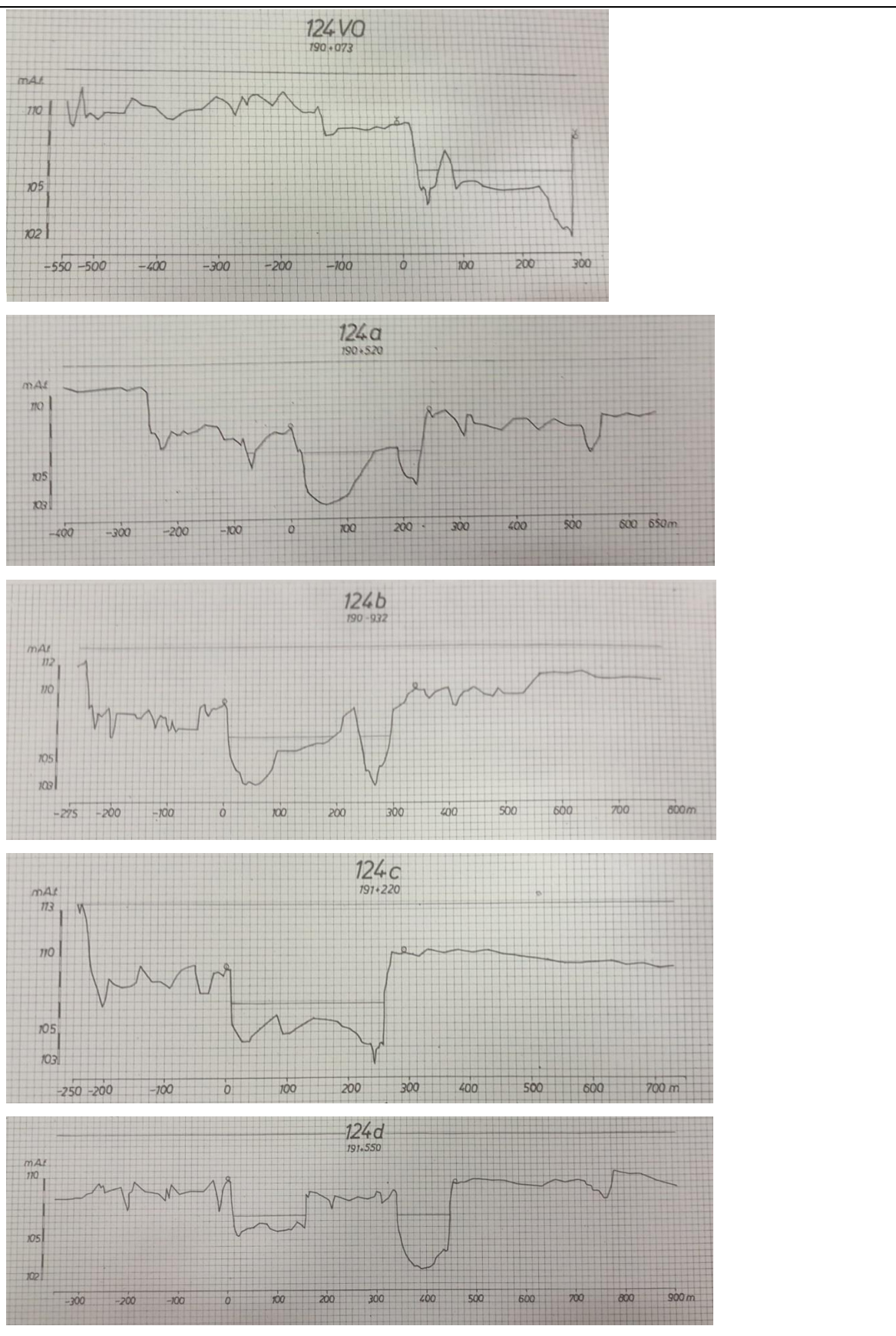
Poprečni profili su pak jednaki kao dolinski profili, ali prikazuju samo korito bez poloja i riječne terase. Oni su u krupnijem mjerilu 1:200 za visine te 1:2000 za dužine. Zbog krupnijeg mjerila detaljniji je prikaz morfologije korita. Uz neke profile postoje i međuprofil (označeni slovima a, b, c,...) (sl. 11), koji su kvalitetan izvor informacija o promjeni morfologije dna korita na manjim udaljenostima. Na listove profila ucrtani su i nulti vodni nivo i mjerodavni nivo poplavne vode (Hidrografski atlas rijeke Drave, 1972). Duljina korita (i okolnog područja) označena je mjerama s početnom stacionažnom (nultom) točkom uz lijevu obalu korita. Istraživano područje proteže se od profila broj 124

do profila broj 134 (na starom Repaškom mostu). Primjerni dolinski profili su profil broj 124 (na početnoj točki istraživane dionice Drave) i međuprofil 124a, 124b, 124c i 124d (sl.11). Njihov smještaj prikazan je na (sl. 10), na prikazu isječka hidrografske karte iz Hidrografskog atlasa rijeke Drave 1972. Korito Drave na položaju profila 124 (sl. 10) je široko oko 265 metara. Vodostaj (u trenutku snimanja) je na 108 m.n.v., a najveća dubina odn. talveg je na 9 metara odmah uz desnu obalu. Na 35 m od lijeve obale prostire se sprud širine od 15 m.



Slika 10: Smještaj poprečnih profila (sl. 11) na isječku hidrografske karte
Izvor: Hidrografski atlas rijeke Drave, 1972

Dno je ujednačeno od ade prema desnoj obali, sve do oko 65 m od desne obale kada se nagib, a time i dubina naglo povećava sve do „jarka“ na dubini od 9 m. Nakon 447 metara zabilježen je međuprofil 124a. Širina je ovdje 243 m, dok je talveg na 6,5 m na desnoj obali, a 5,5 na lijevoj. Također postoji sprud uz desnu obalu koju profil presijeca. Međuprofil 124b dolazi nakon 412 m. Ovdje je korito šire od prošlog profila za 94 m, što znači da je širina (s 50 m širokom adom) 343 m. Najveća dubina skoro doseže 7 m na lijevoj obali i 6 na desnoj. Sljedeći međuprofil 124c nakon 288 m toka ima vodostaj na skoro 109 m.n.v. dok mu je podvodna morfologija drugačija pošto crta profila ne presijeca sprud ili adu, ali je središnji dio dna uzdignutiji što ukazuje na moguće formiranje spruda u budućnosti.



Slika 11: Primjer dolinskog profila 124 i međuprofila (124a, 124b, 124c, 124d) na manjim međusobnim udaljenostima
Izvor: Hidrografski atlas rijeke Drave, 1972.

Dubina korita nije izražena, osim jarka uz desnu obalu koji doseže dubinu od 7 m. Širina korita ovdje je 275 m. Posljednji prikazani međuprofil 124d na 191. km i 550. m prikazuje drugačiju morfologiju jer presijeca široki riječni otok. Zbog toga, korito je praktički podijeljeno na dva manja rukavca, onaj plići i širi uz lijevu obalu te dublji i kraći uz desnu obalu. Korito lijevog rukavca je duboko najviše 4 m uz lijevu obalu, a širok je 156 m, dok je desno 7 m duboko, a 110 m široko. Riječni otok između je 183 m širok, a, kao što se vidi na (sl. 11), širina mu se dalje povećava. Promatranjem profila, promjene morfologije i nizvodnog pada vodnog lica, vidi se utjecaj tektonike i recentnog rasjedanja na ovo područje. Može se pretpostaviti da dravski rasjedni sustav (smjera SZ-JI) i rasjed uz tok potoka Rinya (smjer S-I) utječu na istraživano područje zbog izrazitih lomova krivulje vodnog lica. Ovom potvrdom recentnog rasjedanja možemo također pretpostaviti da rasjedi također utječu na razvoj meandara te različiti općeniti smjer kretanja korita na istraživanom području (Bognar, 2008).

Riječna terasa

Riječne terase su zaravnjene i blago nagnute površine usječene na stranama riječne doline. Jedna dolina može imati nekoliko terasa različite starosti i visina. Terasa najbliže koritu su najmlađe po postanku (Bognar 2008). Širi prostor istraživanja uz naplavne ravnice sadrži prostor koji se karakterizira kao riječna terasa, iako ne podrazumijeva cijelu prvu terasu Drave na istraživanoj kilometraži. Terasne nizine prisutne na ovom području u pravilu su mlađe pleistocenske starosti (virm) (Bognar, 1996). Terasni prostor unutar područja istraživanja je prostor nastavljen na naplavne ravnice na desnoj obali od 197. do 200. km, i od 205. do 207. km, te na lijevoj obali od 193. do 197. km (prema hidrografskoj izmjeri iz Hidrografskog atlasa rijeke Drave 1972).

Mrtvaje

Recentni pokazatelji promjene toka su upravo ostaci nekadašnjih meandara odn. mrtvaje (ili mrtvice). Općenito su to plitka udubljenja polumjesečastog ocrta koja predstavljaju nekadašnje meandre, a nastaju njihovim prirodnim ili umjetnim presijecanjem (Summerfield, 1991, DZZP, 2009). Dije se na mrtvaje s vodom i mrtvaje bez vode. Presiječeni meandri izloženi su jakom zatrpavanju materijalom, prvenstveno organogenim putem, odn. sukcesijom biljnih vrsta (DZZP, 2009). Tako su rjeđe mrtvaje ispunjene vodom. Na istraživanom području postoji veći broj mrtvaja izraženih u reljefu. Možemo

prepoznati 12 različitih mrtvaja, 5 na lijevoj strani porječja, i 7 na desnoj strani. Na (sl. 12) možemo vidjeti prostorni raspored pojedinih mrtvaja i njihove nazive.



Slika 12: Mrtvaje na području istraživanja; **A**-Parage, **B**-Brdina luka, **C**-Bukevje, **D**-Čambina/ Ogorelo polje, **E**-Veliko zimoležje, **F**-Mlađ, **G**- Stara Drava, **H**-Kingovo, **I**-Karaš, **J**-Ločica, **K**-Sekulina, **L**-Sekulina/ Hambari

Izvor: Geoportal DGU, URL 3, 6.2.2019..

Najveće mrtvaje nalaze se na lijevoj obali Drave, i to su Bukevje, Veliko zimoležje i Čambina/Ogorelo polje. Duljina vanjskog ruba mrtvaje Bukevje, odn. nekadašnje konkavne obale meandra Drave iznosi 5,2 km, dok je duljina vanjskog ruba cijelog područja mrtvaje Veliko zimoležje oko 5,4 km. Veličinom i značenjem ističe se i Čambina/Ogorelo polje s duljinom vanjskog ruba od oko 3,7 km. Čambina je značajna i po tome što je njezino područje zaštićeno kao značajni krajobraz, i smatra se očuvanim barskim ekosustavom velike bujnosti živog svijeta i nizom ekoloških niša (DZZP, 2009). Na desnoj obali Drave postoji sedam manjih, ali uočljivih mrtvaja od kojih je samo Stara Drava stalno ispunjena vodom. Najdulja od njih je mrtvaja omeđena aktivnim dravskim rukavcem na prostoru Karaša, duljine vanjskog ruba od oko 3,5 km. Tab. 3 sadrži pregled vrsta mrtvaja s obzirom na prisustvo vode u njima. Klasifikacija je modificirana tako da sadrži kategorije „bez vode“, „sa stalnom vodom“, „s povremeno ispunjenim koritom“ i „omeđena rukavcem“. Ovakva podjela je primijenjena zbog lakšeg raspoznavanja razlika između pojedinih mrtvaja, a time i samog prostora nekadašnjeg toka. Prisustvo vode u mrtvajama proučavalo se iz nekoliko najnovijih digitalnih ortofoto i satelitskih snimaka (Geoportal DGU, URL 3; Google karte, URL 4) te prikaza kartiranih hidrografskih elemenata prostora iz CROTIS sustava (Geoportal DGU, URL 3). Uspoređujući ortofoto

snimke različitih starosti (2011., 2015., 2017. god.) i prikaza vodotoka te stajaćih voda iz CROTIS hidrografskog sustava, dobivena su saznanja na temelju kojih su se mrtvaje podijelile.

Tab. 3: Pregled vrsta mrtvaja na istraživanom području s obzirom na prisustvo vode

	Mrtvaja bez vode	Mrtvaja sa stalnom vodom	Mrtvaja s povremeno ispunjenim koritom	Mrtvaja omeđena rukavcem
Parage (A)			•	
Brdina luka (B)			•	
Bukevje (C)			•	
Čambina/ Ogorelo polje (D)		•		
Veliko zimoležje/ R. Mađarska (E)		•		
Mlađ (F)			•	
Stara Drava (G)		•		
Kingovo (H)	•			
Karaš (I)				•
Ločica (J)		•		
Sekulina (K)	•			
Sekulina/ (L)				•

Izvor: Geoportal DGU, URL 3, 6.2.2019.

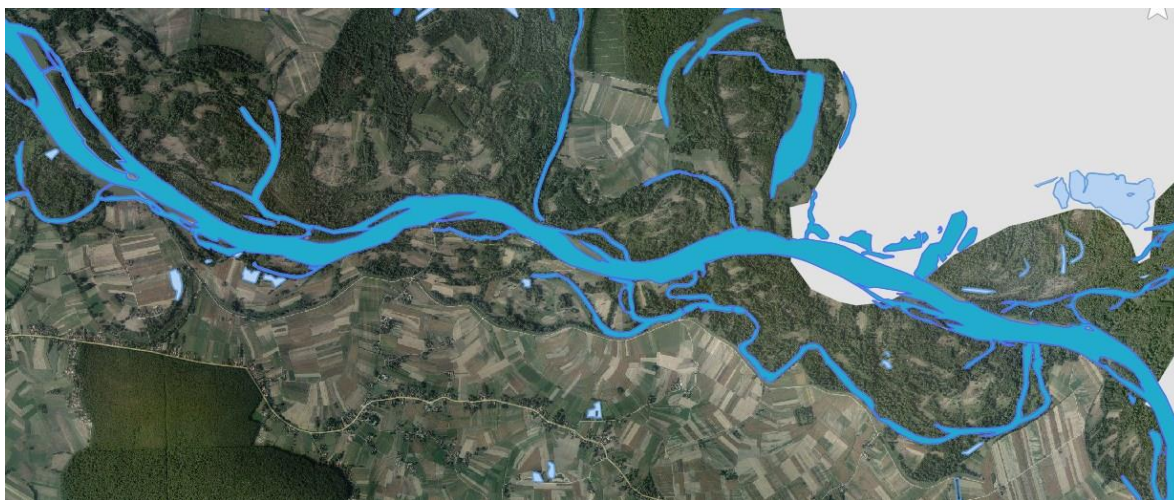
Mrtvaje bez vode su Kingovo i Sekulina, s napomenom da se u unutar nekadašnje grede meandra na lokalitetu Sekulina nalaze 4 stajaća vodena tijela, no ona se ne nalaze prostoru gdje se prije pružalo korito, čime ne ulaze u sastav morfologije mrtvaje. Mrtvaje sa stalnom vodom su prvenstveno Čambina sa svojim jezerima koji su spojeni rukavcima i močvarnim područjem oko stajaćih vodenih tijela, te Stara Drava sa specifičnim jezerom izrazito potkovastog oblika i uskim vratom mrtvaje. Tu su još i Veliko zimoležje čiji je prostor ispunjen rukavcima i stajaćim vodama unutar prostora nekadašnjeg korita i uz korito u prostoru grede nekadašnjeg meandra, te Ločica koja također ima stajaće jezero unutar prostora nekadašnjeg korita. Mrtvaje s povremeno ispunjenim koritom su Parage, Brdina luka i Mlađ s manjim dijelom nekadašnjeg meandra povremeno ispunjenim vodom, te Bukevje koje ima močvarni dio na sjeveru mrtvaje. Posljednje dvije mrtvaje Karaš i Sekulina/Hambari. Karaš je mrtvaja čiji je vanjski rub omeđen aktivnim dravskim rukavcem za koji se može pretpostaviti da postoji od vremena kada je Drava (ili njezin nekadašnji rukavac), tekla prostorom današnjeg aktivnog rukavca. Mrtvaja Sekulina specifičnija je zbog toga što je omeđena kanaliziranim potokom *Bistra* koji je desni pritok Dravi s ušćem na 203,5 kilometru Drave (Hidrografski atlas Drave, 1972).

Grede

Manje zastupljeni erozijski oblici su grede. To su povišena asimetrična ispupčenja terena lučnog ocrta neposredno u tjemenu meandara i mrtvaja te rukavaca (Bognar, 2008). Povišene su za od 2 do 5 m iznad srednjih voda. Glavni faktor njihova nastanka je bočna erozija vodotoka, a ono po čemu ih prepoznamo su manje ili više izraženi strmci većih nagiba koji ih odvajaju od dubljeg dijela mrtvaje (Bognar, 2008). One su najzaslužnije za zastupljenost kategorija većih nagiba unutar šireg istraživanog područja. Grede na tjemenu mrtvaja i suhih rukavaca su plavljene povremeno, samo za izuzetno visokih vodostaja. Upravo tada mrtvaje s povremeno ispunjenim koritom dobivaju vodu (Bognar, 2008). Nalazimo ih prvenstveno na tjemenu mrtvaja Bukevje, Čambina i Stara Drava, te mjestimično na područjima mrtvaja i poloja Karaš, Veliko zimoležje i Sekulina/ Hanbari.

Rukavci i riječni otoci

Posljednji erozijski reljefni oblici prisutni na istraživanom području su rukavci i riječni otoci. Oni mogu djelovati kao pokazatelji smještaja pojedinih dijelova toka na određenim kartografskim izvorima, ovisno o vrsti i starosti izvora. Rukavci su uski dijelovi korita spojeni s tekućicom, kroz koje ne teče matica (Bognar, 2008). Rukavci mogu biti usmjereni u suprotnom smjeru od korita, mogu spajati korito s drugim vodenim tijelima u blizini, ali najčešće oni odvajaju riječni otok ili adu od obale tekućice. Uz istraživanu dionicu Drave rukavci su vrlo česti zbog prijelaznog tipa toka od isprepletenog prema meandrirajućem kakav je karakterističan za srednji tok. Primjer velikog broja rukavaca na manjem dijelu istraživanog područja može se vidjeti na (sl. 13)



Slika 13: Prikaz velikog broja rukavaca uz glavno korito Drave od 194. – 204. kilometra
Izvor: Geoportal DGU, URL 3, 6.2.2019.

Uz rukavce potrebno je spomenuti i pritoke Drave koji se u nju ulijevaju unutar istraživane dionice, jer u morfološkom smislu i smislu značaja za protok Drave ne postoji razlika između rukavaca i prikazanih pritoka. Postoje dvije zasebne tekućice koje se ulijevaju u Dravu u istraživanoj dionici. To su potok Bistra i potok Ždalica s pritokom Vetecom. Bistra je potok (kanal) koji izvire u udaljenijoj općini Peteranec, nakon čega se spaja s još nekoliko potoka te se kanaliziranim putem ulijeva u Dravu na desnoj obali, na njezinom 203,5-om km. Ždalica je potok koji izvire u Republici Mađarskoj i formira državnu granicu od naselja Gola, sve do mrtvaje Čambina gdje se najprije spaja s potokom Vetec, nakon čega se ulijeva u jezero Čambina, preko kojega je dalje spojena sa samim koritom Drave. Ovaj lijevi dravski pritok, iako slabo značajan prinosom vode u dravski protok, ima značenje kao tvorioc državne granice Hrvatske i Mađarske.

Riječni otoci su oblici slični adama, od kojih se razlikuju po tome što su oni erozijski a ne akumulacijski fluvijalni reljefni oblici. Nastaju odvajanjem dijela naplavne ravni novim rukavcem ili usijecanjem novog korita iza priobalnog spruda. Određivanje riječnog otoka najefikasnije je pomoću topografske karte 1:25 000 zbog razlike u oznakama ada (sprudova) i otoka. Ortofoto snimkom je to nemoguće jer nema razlike između navedenih oblika. Na istraživanoj dionici Drave tako prema TK25 (godine izvornika 2003.) imamo nekoliko većih i nekoliko manjih riječnih otoka. Jedan je uz konkavnu, lijevu obalu Drave na 201-om km, nasuprot mrtvaje Bukevje. Dva veća i nekoliko manjih riječnih otoka nalaze se uz lijevu obalu Drave, na 204-om km kao dio mrtvaje Veliko zimoležje i lokaliteta Malo zimoležje, gdje su većim rukavcima odvojeni od obale.

3.6. Hidrologija

Najznačajniji hidrološki elementi svake tekućice su njezin vodostaj, protok i režim, a uz njih bitna element za ovaj rad je pronos. Glavne hidrološke veličine promatraju se na vodomjernim postajama kojih je na Dravi 11, a za potrebe ovoga rada uzeti su podaci sa dvije veće postaje koje su smještene najbliže istraživanom području i zbog toga se mogu uzeti kao reprezentativne za to područje. To su postaje Botovo uzvodno, i Terezino Polje nizvodno od istraživanog područja. Hidrološka obilježja su važna jer utječu na promjene kao što su: hod (i širina) korita, morfologija korita, jačina erozijske snage matice i regulacije zbog mogućnosti poplava. Vodostaj je visina vode iznad nulte točke u rijeci koja se mjeri pomoću vodokaza i/ili limnigrafa. Dugogodišnje praćenje vrijednosti vodostaja Drave (tab. 4) pokazuje da je u razdoblju od 1950. do 2010. godine najniži vodostaj iznosio

-371 cm (Terezino Polje, siječanj 2002), a najviši 526 cm (Botovo, listopad 1998). Stoga amplituda vodostaja u tom razdoblju iznosi 897 cm (URL 5, Tadić i Brleković, 2019, Bonacci, 2008).

Tab. 4: Karakteristični mjesečni i godišnji vodostaji (cm) za postaje Botovo i Terezino Polje

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	GOD
Botovo - Drava; mjesečni vodostaji u razdoblju 1950.-2010.													
NV	-98	-96	-80	-60	-58	1	-22	-58	-62	-76	-98	-105	-105
SNV	8	6	21	53	86	103	78	49	32	23	28	20	-11
SV	66	67	96	139	186	196	170	135	116	113	118	94	125
SVV	156	158	205	235	282	290	279	243	242	244	247	208	380
VV	390	343	377	433	451	455	511	502	485	526	480	429	526
Terezino Polje - Drava; mjesečni vodostaji u razdoblju 1950.-2010.													
NV	-371	-362	-350	-344	-311	-305	-335	-363	-370	-353	-357	-365	-371
SNV	-227	-229	-216	-180	-140	-118	-148	-179	-198	-207	-204	-215	-251
SV	-179	-182	-156	-109	-55	-42	-70	-109	-127	-132	-128	-152	-120
SVV	-101	-106	-54	-11	36	49	38	-2	-9	-11	-9	-49	143
VV	59	81	235	230	256	340	403	370	314	275	244	184	403

Izvor: DHMZ RH, URL 5, 5.1.2019.

Protok predstavlja volumen vode koja protječe kroz neku proticajnu površinu u jedinici vremena. To je veličina koja se, ovisno o vodostaju, kontinuirano mijenja. Na temelju dnevnih vrijednosti vodostaja izračunavaju se dnevni protoci. U promatranom razdoblju (tab. 5) najviša vrijednost protoka vode (VQ) bila je 2 889 m³/s (Terezino Polje). Protok se povećava idući nizvodno, pa stoga vidimo povećanje srednje vrijednosti protoka s 502 m³/s kod Botova na 514 m³/s kod Terezinog Polja (URL 5, Tadić i Brleković, 2019, Bonacci, 2008).

Tab. 5: Karakteristični mjesečni i godišnji protoci (m³/s) za postaje Botovo i Terezino Polje

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	GOD
Botovo - Drava; mjesečni protoci u razdoblju 1950.-2010.													
NQ	80,1	96,1	116	122	152	145	24,9	36,4	27,5	54,3	105	72,7	24,9
SNQ	199	199	229	301	390	442	363	289	248	230	241	225	165
SQ	330	337	411	535	689	729	638	524	469	468	481	409	502
SVQ	586	593	748	867	1041	1089	1052	905	894	919	923	768	1507
VQ	1411	1193	1682	1908	1666	1896	2652	2587	2061	2398	2022	1685	2652
Terezino Polje - Drava; mjesečni protoci u razdoblju 1961.-2010.													
NQ	111	134	150	160	250	192	170	143	134	152	126	111	111
SNQ	241	236	259	349	450	509	427	340	300	278	283	262	190
SQ	359	348	414	544	692	724	658	543	496	488	485	421	514
SVQ	574	563	705	839	985	1033	1041	898	881	877	846	714	1447
VQ	1131	1151	1700	1770	1540	1765	2889	2604	2188	2120	1749	1446	2889

Izvor: DHMZ RH, URL 5, 5.1.2019.

Pronos materijala također utječe na promjenu korita. Veći pronos znači više materijala u koritu, što znači veći utjecaj na jačinu erozije. On se na postaji Botovo mjeri od 1967. godine, a na postaji Terezino Polje od 1990. godine. Minimum na postaji Botovo iznosio je 0,544 t 2012. god., a na postaji Terezino Polje 0,000 t 2015. Maksimumi su na postaji Botovo 66216 t 2005. god., i 126221 t 1993. god na postaji Terezino Polje. Definitivno je dokazano da se pronos materijala smanjio nakon izgradnje HE i njihovih akumulacija na Dravi (URL 5, Bonacci, 2008). Količina vode najveća je u ljetnim mjesecima, a zimi je količina vode najmanja. To je rezultat velike akumulacije vode u snijegu u području ledenjaka i snježnih pokrova visokih Alpa gdje Drava izvire. Uz to, ulogu u formiranju riječnog režima imaju i kiše, najviše ljetne i jesenske. Iz toga se vidi da rijeka Drava ima snježno-kišni ili nivalno-pluvijalni riječni režim (DZZP, 2009, Bonacci, 2008).

4. ANTROPOGENI UTJECAJ NA RELJEF

Praktički svaka veća rijeka uz koju je prostor naseljen u moderno doba ljudske povijesti na neka način je regulirana i izmijenjena kako bi ljudski život uz nju bio lakši. Najčešće promjene koje čovjek radi na rijeci su obrane od poplava, skraćivanja plovnog puta, promjene za potrebe melioracije itd. Tako antropogeno uzrokovanu promjenu primjećujemo i na rijeci Dravi.

4.1. Regulacijski radovi

Osnovni zadatak regulacijskih radova je poboljšavanje uvjeta korištenja vodotoka u smislu prometovanja i obrani od poplava omogućavanjem otjecanja tzv. velikih plavnih voda. Regulacijski radovi za poboljšanje prometa su izgradnja posmjernih građevinskih objekata pera ili traverzi, i produbljivanje korita. Za regulaciju otjecanja srednjih i velikih voda koristi se presijecanje meandara čime se skraćuje dužina vodotoka. Upravo su presijecanja meandara najznačajniji faktori antropogene promjene na istraživanoj dionici Drave. Nakon regulacijskih radova potrebna je implementacija mjera zaštite od poplava. Te mjere su izgradnja obrambenih nasipa uz rijeku, te drenažnih kanala i crpki u području terasa nakon zaštitnih nasipa (Bognar, 1995, 2008).

Prema karakteru, obujmu i značenju regulacijskih zahvata na Dravi, mogu se izdvojiti tri različita razdoblja. Prvo razdoblje je ono od početka regulacijskih radova 80-ih godina 18. stoljeća do kraja dvadesetih godina 19. stoljeća. Drugo je od 1830. godine do kraja 1870-tih godina, i treće je od osamdesetih godina 19. stoljeća do danas (Bognar, 1995, 2008).

Najstariji hidrotehnički geodetski radovi na Dravi bili su 1780. godine, a zbog njih je nastala hidrografska karta s planovima poboljšavanja dotadašnjih nasipa i presijecanjem meandara. Svi radovi prvog razdoblja reguliranja bili su rađeni bez pravog i točnog plana i bez teorijske osnove. Osnovni cilj radova tada je bio osiguranje što bržeg odvođenja velikih poplavnih voda i sprječavanje erozije obala, dok je poboljšanje vodenog puta bilo od manje važnosti. Presjeci meandara su se radili no bez dugotrajnih rješenja i bez pravih metoda, pa se u najviše slučajeva rijeka vraćala u staro prvobitno korito ili je oblikovala korito na novom području. Meandarski presjeci u prosjeku su bili široki oko 9-18 m i duboki 1,5-2,1 m, što znači da nisu bili široki kao prirodno korito rijeke. Nazivali su se „vodeći jarci“, i trebalo im je određeno vrijeme da erozijskim radom vode poprime širinu kao ostatak korita. Koliko je taj proces bio dug ovisilo je o sastavu terena vrata meandra,

širini korita, padu, kretanju vodostaja i o činjenici jeli se smjer usijecanja vodećeg jarka podudarao s maticom (Bognar, 1995, 2008). Pojavom jake akumulacije i stvaranjem sprudova moglo je doći do neuspjeha presijecanja tako da korito putem traverzi skrene u novi smjer otjecanja. Takva situacija vjerojatno se je dogodila i prilikom presijecanja velikog meandra na prikazu prve habsburške izmjere (Slukan-Altić, 2002, Živaković-Kerže, 2013).

Ipak, prvo razdoblje regulacija nije vrlo značajno za istraživano područje. No, sljedeće razdoblje prikazuje vrijeme većih promjena koje će se po promjenama prepoznati u prvom međurazdoblju proučavanih kartografskih izvora. Intenzivniji radovi počeli su nakon katastrofalne poplave 1827. godine. Predviđeno je da se Drava od Zakàny-a do ušća regulacijskim radovima podijeli na četiri ravne dionice, no to se nije ostvarilo jer, kako je danas poznato, zbog dinamike vodnog pokreta i različite otpornosti litološke podloge, Drava ponovno postaje meandrirajuća rijeka. Presijecanja meandara vršila su se gotovo svake godine 30.-ih i 40.-ih godina 19. stoljeća, a u tom razdoblju presječen je i meandar Stara Drava (Vujasinović, 2008, Šadek, 2013). Od ostalih radova na istraživanom području može se raspoznati spomenuto presijecanje meandra na prikazu prve habsburške izmjere, zbog kojega je Drava promijenila pružanje korita u središnjem dijelu. Ova regulacija vjerojatno je neizravno utjecala na formiranje korita kakvo je na prikazu druge habsburške izmjere. Stoga se može reći da je ovdje uz regulaciju djelovao i prirodan proces formiranja korita. Nakon 1868. regulacije su također izvođene osiguravanjem obale, produbljivanjem korita i gradnjom odvodnih jaraka, što je omogućavalo znatnije korištenje poljoprivrednog zemljišta u području poloja. Tako je uređen i potok Bistra kanaliziranjem čime se dobila odvodnja zaobalnih voda (Slukan-Altić, 2003). Uređenja obale su najviše vođena na lijevoj, mađarskoj strani, sve do početka 20. stoljeća (Bognar, 1995, 2008).

Treće razdoblje regulacija započeto je većim promjenama na istraživanom području, a to su presijecanje meandara Parage i kasnije Čambina, početkom 1880.-ih godina. 1886. godine provedeno je novo hidrografsko snimanje rijeke, na čijim je osnovama omogućena regulacija toka koja je bila temeljena na dimenzioniranju korita. Izgrađeni su i brojni zaštitni objekti. U razdoblju od 1886. do 1915. dogodio se najveći broj presijecanja meandara i regulacija općenito. U tom razdoblju još jedna značajna regulacija na istraživanoj dionici bila je presijecanje meandra Bukevje (Slukan-Altić, 2002, Bognar, 1995, 2008) Od 1915. do 1959. regulacija je zbog svjetskih ratova i drugih povijesno-političkih događanja usporena ili zaustavljena. Rijetki radovi uključuju: utvrđivanje nasipa na području Ždale i Molvi, te uređenje obale kod Molvi oko 1928. godine (Šadek, 2013).

U kasnijim godinama značajna je promjena vidljiva u smanjenju širine korita. Razlog tomu su povećanje brzine i pada nagiba toka, te kasnije posljedice uzvodnog iskorištavanja hidroenergije koje je utjecalo na smanjenje količine nošenog sedimenta (Petrić i dr., 2019). Osamdesetih godina 20. stoljeća presječen je meandar Veliko zimoležje. Njegovim presijecanjem skraćen je tok, smanjena je mogućnost biološkog samopročišćavanja i povećana je brzina toka zbog čega dolazi do pojačane erozije dna i obala korita (Matica i Turinski, 2013). To je bila posljednja velika antropogena promjena u pružanju korita, iako se manje regulacije u pogledu utvrđivanja nasipa i obala na pojedinim lokacijama konstantno provodaju (Bognar, 1995, 2008, Vujasinović, 2008).

4.2. Utjecaj iskorištavanja hidroenergije

Drava je hidroenergetski vrlo iskorištena rijeka. Od izvora do ušća Mure izgrađeno je ukupno 22 hidroelektrane (u nastavku HE), od čega 11 u Austriji, 8 u Sloveniji i 3 u Hrvatskoj (Bonacci i Oskoruš, 2019). Dravske HE u hrvatskoj su HE Varaždin, HE Čakovec i HE Dubrava koje se nalaze u dijelu toka od državne granice sa Slovenijom do ušća Mure u Dravu. Sve tri HE su niskotlačne, derivacijske i s akumulacijama za potpuno dnevno i djelomično tjedno uređenje dotoka (Sečen, 1994, Matica i Turinski, 2013). Najstarija i po instaliranoj snazi najjača je HE Varaždin, dok najveću akumulaciju ima HE Dubrava s akumulacijskim Dubravskim jezerom površine 16,6 km². Općenite promjene koje se mogu dogoditi u prostoru riječne doline nakon izgradnje HE ovakvog tipa su: prenamjena zemljišta, potapanje dijelova dolina, poremećaji vodnog režima, promjene razine podzemnih voda, promjene odnosa sedimentacije i promjene erozije unutar korita tekućice. Pri gradnji HE potrebne su regulacije rijeke poput betoniranja obala, sužavanje starih tokova rijeke i kanaliziranje matice novim kanalima te klasična regulacija kao što je presijecanje meandara kojom se dobiva što ravniji i brži tok. Takve promjene vršene su i na Dravi. Uz promjene na području toka gdje se HE izgrađuju, utjecaj se vidi i na nizvodnom dijelu toka. Tako su promjene na istraživanom području nastale kao posljedica izgradnje HE sljedeće. Smanjene su vrijednosti srednjeg protoka i razine vode u koritu što je dovelo do smanjenja vodnog lica i smanjenja širine korita te hoda rijeke (Sečen, 1994, Matica i Turinski, 2013). Također je uvelike smanjen ili gotovo prekinut transport nanosa (prvenstveno šljunka) nizvodno, što je također utjecalo na smanjenje širine korita te na jačanje produbljivanja korita, jer je rijeka postala nezasićena nanosom (Matica i Turinski, 2013).

Na Dravi je, nizvodno od ušća Mure, bila planirana izgradnja još pet hidroelektrana (Botovo, Novo Virje, Barcs, Donji Miholjac, Osijek), no one nisu izgrađene. Glavni razlog tomu je protivljenje ekologa, stanovništva i javnosti zbog utjecaja na prostor i rijeku u vidu demografskih i bioloških posljedica. Posebno je spominjana bila HE Novo Virje koja je trebala biti najveća hidroelektrana na Dravi s akumulacijskim jezerom površine 27 km². No, najviše zbog mišljenja stručnjaka kako će njena akumulacija štetno utjecati na biološku i georaznolikost prostora drevne Repaške šume, 2007. godine Hrvatska je odustala od njene izgradnje (Sečen, 1994, Matica i Turinski, 2013).

5. METODE RADA I IZVORI PODATAKA

Početak obrade teme bio je pronalazak sve relevantne literature koja je bila korištena pri stjecanju osnovnih znanja i ideja o temi. Prvi dio rada je pregled fizičko-geografskih obilježja istraživnog područja. Metode korištene prilikom izrade tog dijela su geomorfološka analiza i sinteza. Ove standardne metode obuhvaćaju analizu geološke građe te endogenih i egzogenih čimbenika nastanka reljefa, koja uključuje i morfometrijsku analizu, te sintezu znanja iz već spomenute literature. Za kartografske i slikovne prikaze koje prate tekst korišteni su GIS softver ArcGIS 10.5.1. s osnovnim funkcijama selekcije i vizualizacije, te osnovni softver za uređivanje slikovnih datoteka, *MS Paint*. Većina osnovnih kartografskih podloga dobivene su s web portala Državne geodetske uprave, Geoportal, i to dodavanjem u ArcGIS preko WMS servera. Pregled geoloških karakteristika dobiven je na temelju Osnovne geološke karte SFRJ 1:100 000, List Đurđevac i pripadajućeg tumača (Hećimović, 1986a, 1986b). Jedna od posebnih metoda korištenih za prikaz geomorfoloških obilježja je morfometrijska analiza u ArcGIS sustavu, pomoću digitalnog modela reljefa dimenzija 12.5 m x 12.5 m gdje se za dobivanje podataka korištene funkcije *Classified*, *Slope* i *Focal statistics*. Egzogeomorfološki oblici su uz sintezu analizirani i opservacijom kartografskih izvora, ponajprije digitalne ortofoto snimke 2017. Kod riječnog korita korištena je i analiza uzdužnih i poprečnih dolinskih profila. Na Geoportalu DGU korištena je i funkcija prikaza CROTIS hidrografskih elemenata koji pomažu pri pregledu svih elemenata riječne doline, ponajprije rukavaca i mrtvaja. U poglavlju o hidrologiji metode su analiza pojedinih hidroloških parametara putem podataka prikupljenih na stranicama Državnog hidrometeorološkog zavoda. Tehnike uključuju rad u softveru *Microsoft Excel* 2010 s bazičnim funkcijama i korištenje opcije *Formulas*. Nakon analize bilo je potrebno sintetizirati rezultate istraživanja, prikazati razine prirodnog i antropogenog djelovanja te promotriti utjecaj promjene na život ljudi u širem području istraživanja.

5.1. Kartografski izvori

Osnovna literatura za glavnu analizu rada bili su kartografski izvori različitih starosti iz kojih se promatrala promjena toka Drave. Za potrebe analize korišteno je osam osnovnih izvora, a to su: karta prve habsburške vojne izmjere 1:28800, karta druge habsburške vojne izmjere 1:28800, karta treće habsburške vojne izmjere 1:25000, karta vojne izmjere Mađarske iz 1941. god. 1:50000, topografska karta 1:50000 dopunjena 1956.

god., digitalna ortofoto snimka 1968. god., hrvatska osnovna karta 1:5000 s izvornikom 1982. god. i digitalna ortofoto snimka 2017. god. Uz ove izvore, kao pomoćni izvori korišteni su i izvori: specijalna karta 1:75000 iz 1879. god., specijalna karta 1:200000 nadopunjena 1910. god., topografska karta RH (TK25) s izvornikom iz 2003. god., i hidrografska karta iz Hidrografskog atlasa rijeke Drave 1972. god. koji također sadrži i detaljni prikaz stanja toka iz 1886./1887. god. Drugi pouzdani dostupni kartografski izvori poput TK 1:25000 iz 1970-tih godina u izdanju nekadašnjeg Vojnogeografskog instituta u Beogradu, nisu korišteni zbog gotovo jednakog prikaza kao i na odabranim izvorima što je posljedica sličnog vremena nastanka. Najvažnija metoda tako je bila usporedna analiza kartografskih izvora iz koje se vidjela jasna promjena pružanja korita. Analiza obuhvaća pregled svih korištenih kartografskih izvora i opis stanja korita na svakome od njih. Svaki sljedeći prikaz sadrži analizu promjene korita u odnosu na prošli izvor. Tako će se analizirati postepena promjena kroz vrijeme pošto je svaki sljedeći kartografski izvor novijeg datuma. Uz deskriptivnu usporednu analizu, na jednom će primjeru biti primijenjena metoda mjerenja i usporedbe kvantitativnih podataka (sl. 8) na užem području koje obuhvaća tri susjedna meandra. U obzir će se uzeti 7 različitih izmjerenih parametara meandara koji će se usporediti na prikazima druge i treće habsburške vojne izmjere, i to na području od Čambine do Velikog zimoležja. Parametri koje su izmjereni i uspoređeni su: dužina luka između infleksija (H), dužina između infleksija (h), visina krivine (m), širina luka meandra (D), raspon (R), vrijednost m/h , koja ukazuje na stupanj razvijenosti meandra te vrijednost H/h , koja ukazuje na dužine meandra i pravca, a ukazati može i na starost meandra (Bognar, 2008) (sl. 17). Prije mjerenja pojedinih parametara označene su infleksijske točke (crvenim i plavim točkama) (sl. 17).

Za potrebe opisivanja toka i njegovog pružanja u poglavlju Rezultati, u svakom kartografskom izvoru početna točka bila je najzapadnija točka, odn. stari repaški most. Referentne kilometraže korištene za približavanja smještaja elemenata u prostoru prilikom opisivanja jednake su udaljenosti od starog repaškog mosta do elementa koji se opisuje idući maticom rijeke. Za ovu analizu također je korišten GIS sustav, ArcGIS 10.5.1. softver i njegova komponenta *ArcMAP* i funkcije *Georeferencing* i *Editor*. Svi kartografski izvori morali su se najprije georeferencirati, odnosno staviti u prostor. Zatim se korito Drave na svakom kartografskom izvoru digitaliziralo, da bi se dobio prikaz pružanja korita u pojedinom razdoblju. Na kraju su se prikazi vizualizirali, čime su dobivene usporedne karte promjene. Za potrebe analize vršena su mjerenja duljine toka svakog kartografskog prikaza i površine šireg područja istraživanja, kao i drugih manjih elemenata prostora. Za

takva mjerenja korišteni su alati *Measure* unutar ArcGIS softvera, funkcija mjerenja duljine i površine unutar sučelja Geoportala DGU, te alat *Measure distance/area* unutar preglednika na web stranicama *Mapire*. Posebno su analizirane današnje mrtvaje odn. vrijeme i način presijecanja meandara kojim su nastale mrtvaje i čime je uvelike promijenjeno pružanje korita.

Izvor kartografskih prikaza Prve, Druge i Treće Habsburške izmjere te Mađarske vojne izmjere 1941. je internetski portal *Mapire* (URL 7). Ovaj internetski portal sadrži povijesne karte s prostora gotovo cijele Europe, kao i povijesne planove određenih gradova. Sučelje za upotrebu mu je iznimno praktično zbog nekoliko bitnih, u radu korištenih funkcija kao što su: mjerenje duljine i površine, prikaz geografskih koordinata i istovremeni prikaz georeferencirane povijesne karte i današnje karte određenog područja pomoću klizača prozirnosti.

Od 1764. do 1787. izvršena je prva vojna kartografska izmjera u Habsburškoj Monarhiji. Nazvana je jozefinska izmjera po caru Josipu II. u vrijeme čijeg vladanja je završena. Ukupno je dobiveno 3589 listova veličine 420x620 mm² u mjerilu 1:28800. Karte prve izmjere predstavljaju tlocrtni, geometrijski i sadržajno pouzdan topografski prikaz cjelokupnog teritorija (Slukan-Altić, 2003). Dio cijele izmjere u kojemu se nalazi istraživano područje je Warasdiner generalat, ili Varaždinski generalat, koje je kartirano u razdoblju od 1781. do 1782. godine.

Druga habsburška vojna izmjera ili franciskanska izmjera nazvana je po caru Franji I. Izrađena je od 1806. do 1869. u mjerilu 1:28800 kao i prva izmjera, za cijelu Habsburšku Monarhiju (Slukan-Altić 2003, Frangeš i dr., 2012, URL 6). Franciskanska izmjera Hrvatske, Slavonije i Vojne Krajine provedena je od 1865. do 1869. Sastavljena je od 224 lista veličine 20x20 inča i 27 svezaka topografskih opisa (Slukan-Altić 2003, Frangeš i dr., 2012, Timar i dr., 2006). Napredak u odnosu na prvu izmjeru je vidljiv u boljoj matematičkoj osnovi i točnosti, preciznijoj tehničkoj izradi i generaliziranju (Slukan-Altić 2003, Frangeš i dr., 2012, URL 6., Timar i dr., 2006).

Treća habsburška vojna izmjera provedena je od 1869. do 1887. godine kada je ponovno premjerena čitava Monarhija. Naziva se francjozefinska izmjera po caru Franji Josipu I. Provodi ju Vojnogeografski institut u Beču i to u mjerilu 1:25000 s 2860 sekcija. Njome su obuhvaćene sve hrvatske zemlje. Na temelju ove izmjere nastala je topografska karta Monarhije u mjerilu 1:75000. Reljef je bio prikazan kombinacijom šrafa i izohipsa s ekvidistancom od 100 m. To su bile prve tiskane karte dostupne javnosti nastale prema vojnoj izmjeri (Slukan-Altić, 2003). Ove karte su nadopunjavane i dotiskivane više puta

sve do 1914. godine, te su po njima izrađivane specijalne karte mjerila 1:200000 te pregledne karte još sitnijih mjerila (Frangeš i dr., 2012). Bitna razlika u odnosu na drugu izmjeru je egzaktnost zbog preciznije triangulacije koja se temeljila na trima početnim točkama u Beču, Budimpešti i Aradu (Frangeš i dr., 2012, Slukan-Altić, 2003, URL 6).

Razdoblje između treće habsburške vojne izmjere i mađarske vojne izmjere 1941. sadrži najveće promjene u položaju korita od svih razdoblja između dva kartografska izvora, ne računajući razdoblje između prve i druge habsburške izmjere zbog nepouzdanosti uslijed nekvalitetnog kartiranja i georeferenciranja prve izmjere. Ova izmjera prikladna je za potrebe ovog rada jer obuhvaća granična područja Mađarske i Hrvatske u kojemu je i područje istraživanja, a istodobno je to kvalitetan prikaz visoke točnosti, u mjerilu 1:50000 (Zentai i dr., 2018, URL 8). Specifični listovi na krajnjem jugu cjelokupne vojne izmjere koji pokrivaju istraživano područje nastali su izmjerom od 1939. do 1940. godine, kada je nastavljeno kartiranje iz 1927. godine (Zentai i dr., 2018, URL 8).

Zbog pravilnijeg rasporeda godišta izrade pojedinih kartografskih izvora kojim dobivamo podjednako dugačka razdoblja promjene, kao jedan od referentnih izvora uzeta je topografska karta mjerila 1:50000 nadopunjena 1956. godine. Karta je izrađena na osnovi reambulacije 1930. godine, od strane Vojnogeografskog instituta u Beogradu, koji je u tom razdoblju izrađivao veliku većinu karata prostora čitave Jugoslavije. Istraživano područje nalazi se na Listu 35 naslova Đurđevac. Reljef je prikazan konturama, crtežima stijena i sondažama. Izvor ove karte je kartografska zbirka Hrvatskog geografskog društva.

Digitalna ortofoto karta iz 1968. u mjerilu 1:5000 (skraćeno DOF5) obuhvaća 10770 listova koji pokrivaju 98,4% područja RH. Među izrađenim listovima postoje listovi koji nisu u potpunosti ispunjeni zbog nepostojanja aerofotogrametrijskog materijala. Točnost DOF5 snimke izrađene iz aerofotogrametrijskog materijala snimljenog prije 1968. iznosi od 5 do 10 m, a na pojedinim područjima (gorja, šume, stjenovita područja) odstupanja mogu biti i veća. DOF5 snimka 1968. dostupna je na internetskim stranicama Informacijskog sustava prostornog uređenja kojeg vodi Ministarstvo graditeljstva i prostornog uređenja (URL 9).

Hrvatska osnovna karta (HOK) osnovna je službena državna karta u mjerilu 1:5000. „HOK je izrađen u 5. i 6. zoni Gauss-Krügerove kartografske projekcije na Besselovom elipsoidu 1841, a od 2011. godine listovi HOK-a se izrađuju u novoj podjeli na listove te u novoj kartografskoj projekciji HTRS96/TM na elipsoidu GRS80. Cijeli teritorij Republike Hrvatske prekriven je s 9802 lista HOK-a.“ (URL 10). Sadržaj je prikazan s minimalnim stupnjem generalizacije. Šire istraživano područje pokriveno je na 12 različitih listova,

kojima je godina izvornika 1982. Upravo je zbog prikladne godine nastanka HOK uzet kao jedan od referentnih kartografskih izvora. Izvor pronalaska potrebnih listova je internetski portal Državne geodetske uprave, Geoportal, na kojemu su dostupni svi listovi tražene godine izvornika (URL 3).

Posljednji prikaz je onaj s kartografskog izvora DOF snimke nastale aerofotogrametrijskim snimanjem 2017. godine. Ova ortofoto snimka također je u mjerilu 1:5000 (DOF5), a nastala je metodama objašnjenima u opisu DOF5 snimke iz 1968. godine. DOF5 iz 2017. također je dostupan na Geoportalu Državne geodetske uprave (URL 3).

5.1.1. Hidrografski premjeri

Prvo kontinuirano hidrografsko snimanje Drave obavljeno je od 1842. do 1846. godine. Tom hidrografskom izmjerom nastala je, između ostaloga i pregledna hidrografska karta Drave te uzdužni i poprečni presjeci (Riba, 2004, Slukan-Altić, 2003). Nova sustavna hidrografska izmjera Drave učinjena je 1886 i 1887. godine. Zbog pravilnog i točnog dimenzioniranja korita, ova izmjera koristila se kao temelj za radove na regulaciji korita uključujući presijecanje korita (Slukan-Altić, 2003, Prevedan, 2006, Milas, 2012). Najpotpunija hidrografska izmjera Drave dolazi 1972. u obliku Hidrografskog atlasa rijeke Drave 0-237 km (Hidrografski atlas rijeke Drave, 1972). Atlas se temeljio na izmjerama učinjenim od 1966. do 1970. godine. U tri sveska sadržane su detaljne karte korita i prostora neposredno uz korito u mjerilu 1:10000 (njih 87) (Prilog 1.), uzdužni presjek te poprečni i dolinski presjeci (Hidrografski atlas rijeke Drave, 1972). Najzanimljivija značajka ove hidrografske karte je istovremeni prikaz stanja Drave koje je zabilježeno hidrografskom izmjerom 1886./ 1887. Važnost ovoga atlasa za rad je u točnom prikazu Drave s kilometražom za lakše određivanje područja istraživanja, i, još važnije, u istovremenom prikazu stanja korita iz 1886./1887. godine. Iz toga prikaza direktno se može vidjeti promjena u razdoblju između 1886. i 1972. Uz to, iz atlasa su preuzeti prikazi uzdužnog i karakterističnih dolinskih profila. Prikazi Drave iz ovih hidrografskih premjera nisu uzeti za usporedbu promjene jer su korišteni drugi kartografski izvori iz istog vremenskog razdoblja (Treća Habsburška vojna izmjera i digitalna ortofoto snimka iz 1968.), što znači jednak prikaz smještaja korita. Prikaz istraživanog područja na listovima hidrografskog atlasa 1972. umetnut je u rad kao (Prilog 1). Do danas učinjena je još jedna izmjera Drave na temelju čega je nastao Hidrografski atlas rijeke Drave konačno završen 2010 godine. Ovaj atlas zbog nedostupnosti nije korišten.

6. REZULTATI

6.1. Prva habsburška vojna izmjera

Prvi prikaz (sl. 14) u analizi promjene korita najstariji je i ujedno najmanje pouzdan što se tiče georeferenciranja odn. podudaranja točnih koordinata s koordinatama karata novijeg datuma. Svi elementi koji su u prostoru poznati i kojima je poznata lokacija na današnjim kartografskim prikazima, na karti prve habsburške vojne izmjere u određenom stupnju odudaraju od svoje prave lokacije. Time vidimo da je kartiranje obavljeno djelomično netočno na nekim područjima. Ipak, takvo saznanje je logično s obzirom na vrijeme nastanka. Zbog toga ga uzimamo s dozom rezerviranosti prema promatranju promjene u odnosu na druge izvore.



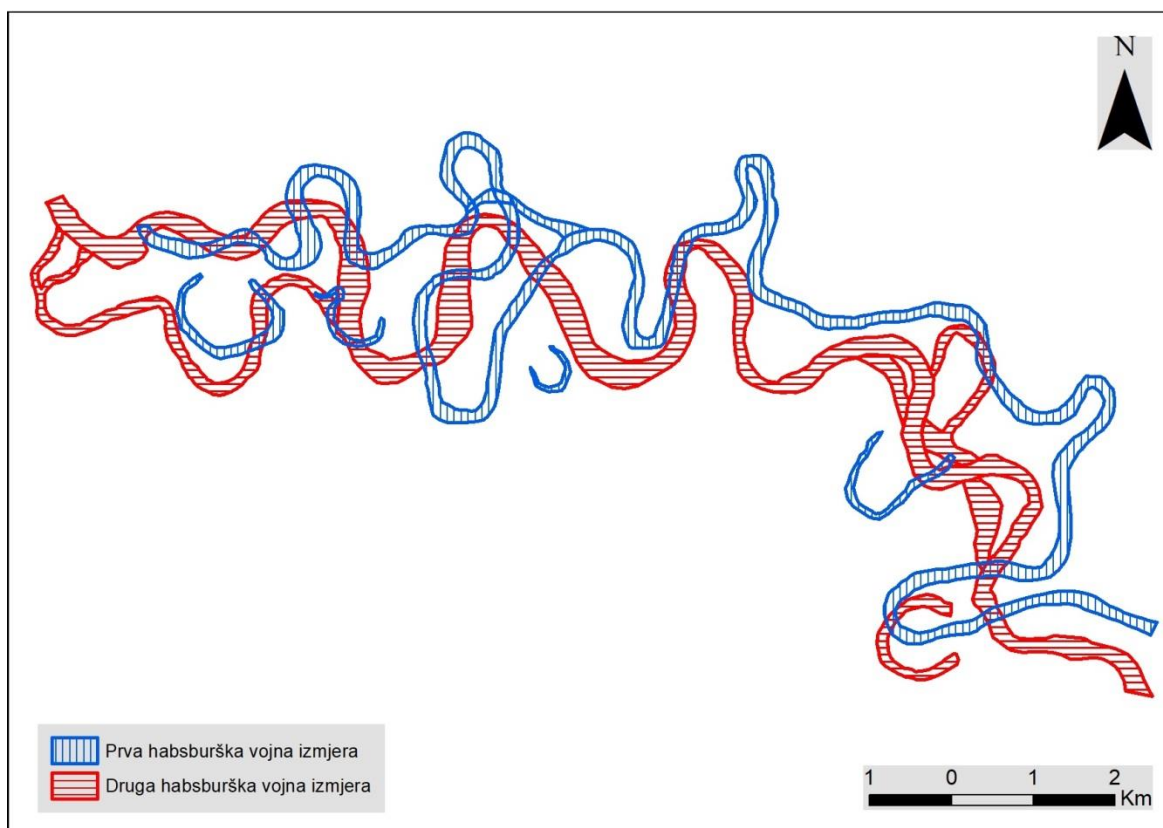
Slika 14: Isječak karte prve habsburške vojne izmjere

Izvor: URL 7, 6.2.2019.

Korito na prvom prikazu potpuno je prirodno, meandrirajuće, s velikim nepodudarnostima u smjeru pružanja u usporedbi s današnjim stanjem. Tok se čini nereguliran osim jednoga detalja, a to je činjenica da je na središnjem dijelu prikazanog isječka presječen veliki meandar desnog skretanja kanalom na kojem je oznaka „*neuer canal*“ (u prijevodu *novi kanal*). Na početku prikaza korita vidi se velika ada nakon koje korito skreće južno tvoreći manji meandar. Nakon nekoliko stotina metara matica skreće tvoreći meandar šireg luka i veće dužine između infleksija. Ubrzo nakon matica meandriira ulijevo s velikim sprudom uz lijevu konveksnu obalu. Nakon pravilnijeg kretanja u duljini

od 1,7 km, ponavlja se sličan meandar nakon kojega matica ide u smjeru juga tvoreći veliki meandar iznimno visokog raspona krivine koji je presječen spomenutim kanalom. Matica nakon njega ponovno skreće tvoreći naizmjenične meandre s konveksnom stranom na desnoj, lijevoj i ponovno desnoj obali. Treći meandar (današnja Čambina) je nepravilnog oblika i pri tjemenu se ovdje u korito ulijevaju pritoci Ždalica i Vetec. U sljedećih 4,3 km nema jačeg meandriranja nakon čega postoji manji meandar manje duljine između infleksija. Do kraja istraživanog područja još je izražen meandar zapadne orijentacije s konveksnom stranom na lijevoj obali. Meandar (današnja Stara Drava) ima visok raspon krivine (sl. 8), ali uzak vrat i nizak radijus krivulje meandra. Već na ovom prikazu prisutne su 4 mrtvaje ispunjene vodom, dvije na desnoj obali na dionici gdje korito tvori prva dva veća meandra, jedna uz desnu obalu uz najveći presječeni meandar, te jedna mrtvaja na oko 7 km od kraja istraživane dionice. Posljednja mrtvaja podudara se s današnjom suhom mrtvajom Kingovo. Ukupna duljina korita na istraživanoj dionici je 37,4 km računajući veliki nedavno presiječeni meandar, a 30,6 km ne računajući ga, nego postavljanjem matice duž novog kanala.

6.2. Druga habsburška vojna izmjera

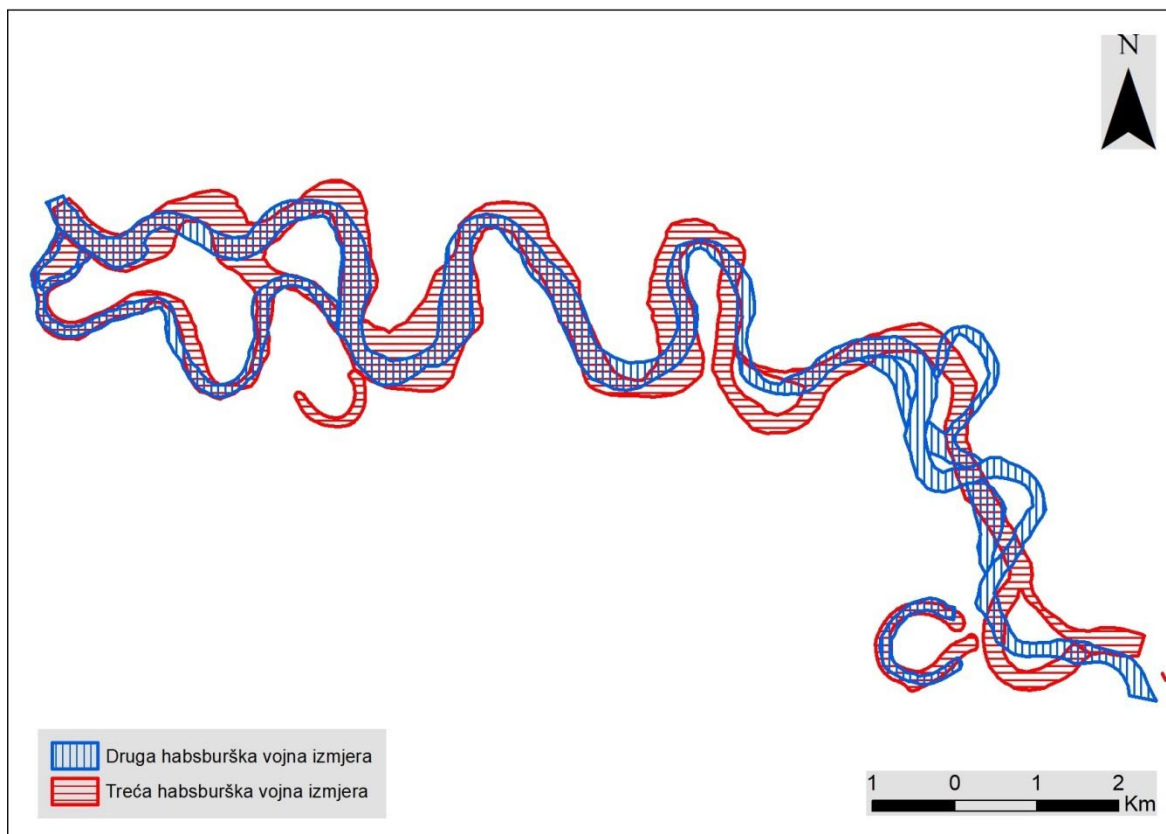


Slika 15: Usporedna karta prikaza korita Drave na istraživanoj dionici s kartografskih izvora prve i druge habsburške izmjere

Na (sl. 15) prikazana je usporedna karta prve i druge habsburške vojne izmjere na istraživanoj dionici Drave. Kao što je napomenuto u opisu prve habsburške izmjere, vidljive su nepravilnosti u metodi georeferenciranja i samog kartiranja prve izmjere, pa se mogu raspoznati mala odstupanja od druge izmjere na pojedinim lokalitetima, koja bi se trebala podudarati u prostoru. U razdoblju od 1782. do 1869. godine (razdoblje između završetka obaju izmjera) dogodile su se velike promjene korita odn. smjera toka Drave. U 87 godina između datuma nastanka dvaju prikaza očekivane su velike promjene u morfologiji korita, pružanja meandara i postojanja drugih elemenata riječnog toka kao što su npr. mrtvaje i ade. Na prikazu druge izmjere raspoznaje se glavni smjer pružanja toka zapad-istok, sve do oko 17,5 km od početne točke gdje glavni smjer postaje SZ-JI. Idući od početne točke nakon 0,7 km rijeka počinje meandrirati s dva manja meandra. Nakon još 1,8 km tok počinje stvarati veće meandre velikog raspona krivine i veće širine luka meandra. Tako se u sljedećih 13 km toka pravilno izmjenjuje 5 većih meandara, počevši od meandra s konveksnom stranom na desnoj obali koji je danas mrtvaja Parage, do kraja meandra koji je danas Čambina. Nakon toga tok skreće u spomenutom smjeru i meandrira tvoreći 3 srednje široka meandra sve do reguliranog dijela toka na kojemu je presječen meandar i stvorena mrtvaja Stara Drava. Zadnja 2 km matica započinje stvarati meandar konveksne strane na desnoj obali s velikim sprudom uz obalu. Uz glavno korito izražen je rukavac duljine 6,7 km koji počinje direktno na početnoj točki i meandrira s 4 naizmjenična manja meandra do ponovnog spajanja s glavnim koritom na 5,2 km od početne točke. Vidljive mrtvaje su uz desnu obalu na 5,7 km, 6,4 km i 18,5 km od početne točke. Bitne razlike između prve i druge izmjere su veća širina prvog meandra u nizu od pet, 2,5 km od početne točke na drugoj izmjeri nego na prvoj, potpuno drugačija morfografija 3 središnja meandra, pružanje meandra Čambina, veće odstupanje pružanja korita od 18,5 km od početne točke, do kraja dionice, te odvajanje meandra Stara Drava. Najveće promjene su upravo u središnjem dijelu dionice od 4,4 km do 18,5 km od početne točke gdje je pružanje meandara na drugoj izmjeri potpuno suprotni pružanju meandara u prvoj izmjeri. Veliki presječeni meandar iz prikaza prve izmjere ne postoji na drugoj, ali postoji ostatak u obliku suhe mrtvaje na samom tjemenu bivšeg meandra koji se nalazi na 6,4 km od početne točke i oko 0,6 km od desne obale korita. Nakon tog meandra na prvoj izmjeri postoji meandar konveksne strane na desnoj obali, dok je na drugoj izmjeri tu smješten meandar s konveksnom stranom na lijevoj obali. Odstupanje primijećeno na zadnjoj trećini prikaza je veće od mogućeg odstupanja povezanog s nekvalitetnim kartiranjem i georeferenciranjem. Tjemena meandara koji su jednakog skretanja i slične

širine infleksije u prosjeku su 1 km udaljeniji na drugoj izmjeri u odnosu na prvu. Ukupna dužina druge izmjere je 24,6 km što je 12,8 km kraće od prve izmjere računajući veliki presječen meandar na prikazu prve izmjere, te 6 km kraće ne računajući taj meandar. Ispravnije je u obzir uzeti prvu izmjeru bez meandra, jer kanal koji presijeca meandar, iako nedavnog nastanka, postoji na kartografskom izvoru što znači da matica prolazi kroz njega.

6.3. Treća habsburška vojna izmjera



Slika 16: Usporedna karta prikaza korita Drave na istraživanoj dionici s kartografskih izvora druge i treće habsburške izmjere

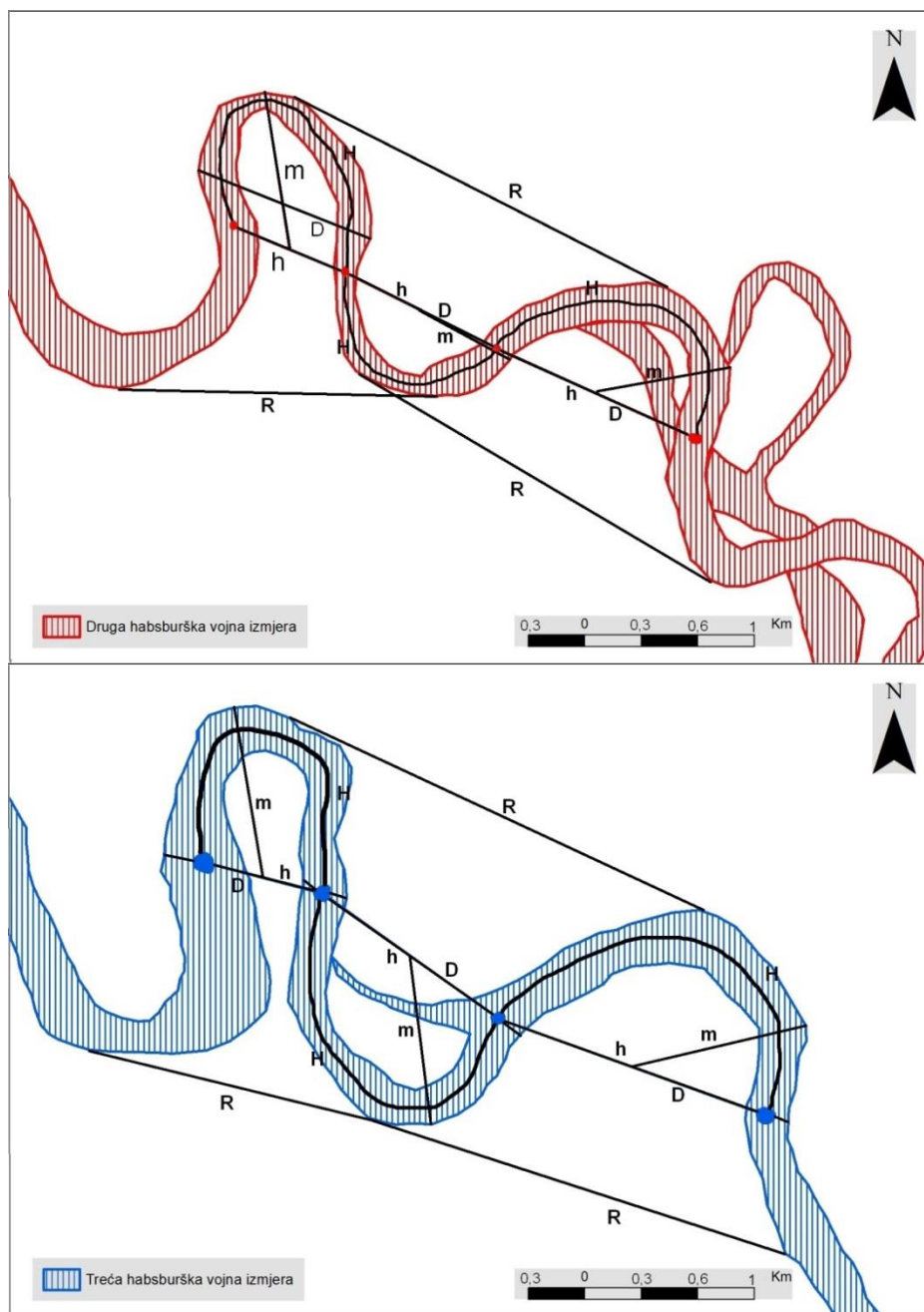
Zbog manje vremenske razlike između druge i treće izmjere od najviše 18 godina, može se zaključiti da nema mnogo promjena na kartografskim prikazima. Isto tako možemo zaključiti da je većina elemenata tekućice koji su slični na trećoj i drugoj izmjeri vjerojatno točniji na trećoj izmjeri zbog egzaktnije tehnike i predočavanja prostora na karti. Usporedni prikaz treće i druge izmjere prikazan je na (sl. 16). Prva i osnovna značajka usporedbe je sličnost prikaza koja se vidi u generalnom smjeru pružanja korita, smještaju gotovo svih meandara, veličini krivina i infleksije meandara te smještaju postojećih mrtvaja i rukavaca. Nekoliko je uočljivih razlika. Jedna je presječen prvi veći meandar u nizu od 5 (današnje Parage) na 3 km od početne točke. Druga razlika je meandar današnje

Čambine koji u usporedbi s drugom izmjerom ima uži vrat (najmanja udaljenost strana korita je oko 130 m) meandra što upućuje na veći stupanj razvoja meandra i približavanje prirodnom spajanju, promjeni toka matice i stvaranju mrtvaje. Zbog takvog, uočljivog prirodnog razvoja, prostor meandara Čambina, Velikog zimoležja i meandra između njih uzet je za analizu veličinskih parametara meandara (sl. 17) (tab. 6). Uz to je i presječen veliki sprud na meandru nakon Čambine koji postaje riječni otok. Cjelokupni prikaz treće izmjere je bogatiji označenim sprudovima, adama i riječnim otocima zbog kojih je na nekoliko lokacija dionice korito vrlo široko. Na 6,7 km od početne točke korito s riječnim otocima i rukavcima doseže širinu od preko 900 metara, na 11,4 km širina je iznad 500 m, te je na spomenutom meandru s presječenim sprudom i rukavcem širina 700 m. Posljednja velika promjena je ponovno na zadnjoj trećini odnosno na posljednjih 5,7 km korita na prikazu treće izmjere. Korito se na prikazu treće izmjere nakon meandra kojim svoj generalni smjer pružanja mijenja u SZ-JI, pruža gotovo potpuno ravno bez meandriranja u duljini od 2,3 km. Za usporedbu, korito na prikazu druge izmjere ovdje meandriralo s dva srednje široka meandra. Nakon ravnog dijela matica skreće udesno i radi meandar relativno veće širine luka s konveksnom stranom na lijevoj obali, koji se nalazi istočno od mrtvaje Stara Drava (današnja mrtvaja Mlađ). No taj meandar je presječen uskim rukavcem te se već formirala spomenuta mrtvaja u ranom stadiju nastanka (potpuno je spojena s dijelom korita kojim prolazi matica). Ukupna duljina istraživane dionice na prikazu treće habsburške izmjere je 23,4 km što je smanjenje od 1,2 km. Smanjenje se dogodilo prvenstveno zbog presijecanja meandra na 3. km.

Tab. 6: Vrijednosti parametara istraženih meandara na dva uzastopna prikaza

Parametri	Druga habsburška vojna izmjera			Treća habsburška vojna izmjera		
	Čambina	Meandar 2	V. zimoležje	Čambina	Meandar 2	V. zimoležje
H	2,27 km	1,50 km	2,05 km	2,32 km	2,50 km	2,70 km
h	0,75 km	1,06 km	1,35 km	0,76 km	1,34 km	1,76 km
m	0,99 km	0,63 km	0,84 km	1,08 km	1,06 km	1,10 km
D	1,15 km	1,23 km	1,56 km	1,16 km	1,66 km	2,00 km
R	1,96 km	2,58 km	2,52 km	1,87 km	2,90 km	2,74 km
m/h	1,32	0,59	0,62	1,42	0,79	0,63
H/h	3,03	1,42	1,52	3,05	1,87	1,53

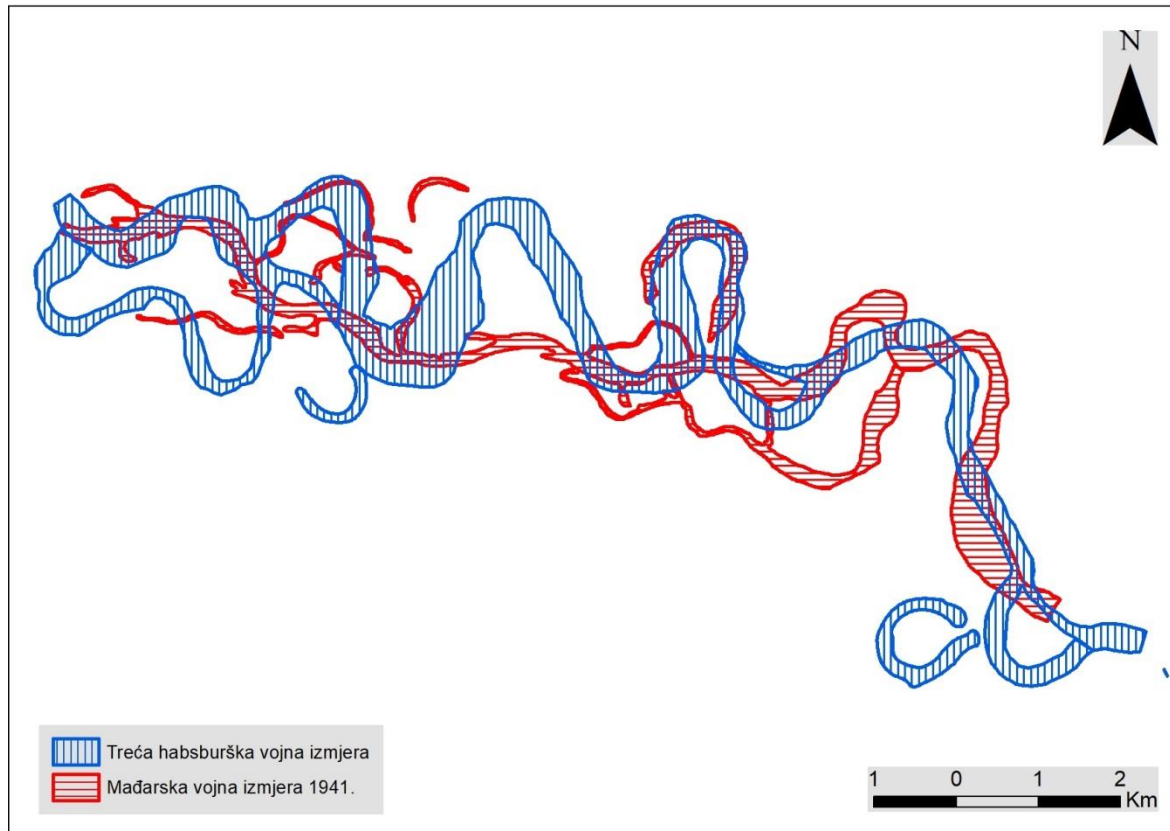
Izmjerene i izvedene morfometrijske vrijednosti meandara prikazane su u tab. 6. Uočava se da su sve izmjerene vrijednosti u većoj ili manjoj mjeri povećane u trećoj u odnosu na drugo izmjeru. Izuzetak je jedino raspon (R) meandra Čambina koji je neznatno smanjen. Kod izvedenih vrijednosti vidljivo je njihovo neznatno povećanje kod meandra Čambina te stagnacija vrijednosti kod meandra Veliko zimoležje. Za razliku od njih, kod „meandra 2“ primjećuju se značajne promjene vrijednosti m/h (s 0,59 na 0,79) i H/h (s 1,42 na 1,7).



Slika 17: Označeni izmjereni parametri na odabranom području na prikazima druge i treće habsburške vojne izmjere

6.4. Mađarska vojna izmjera 1941.

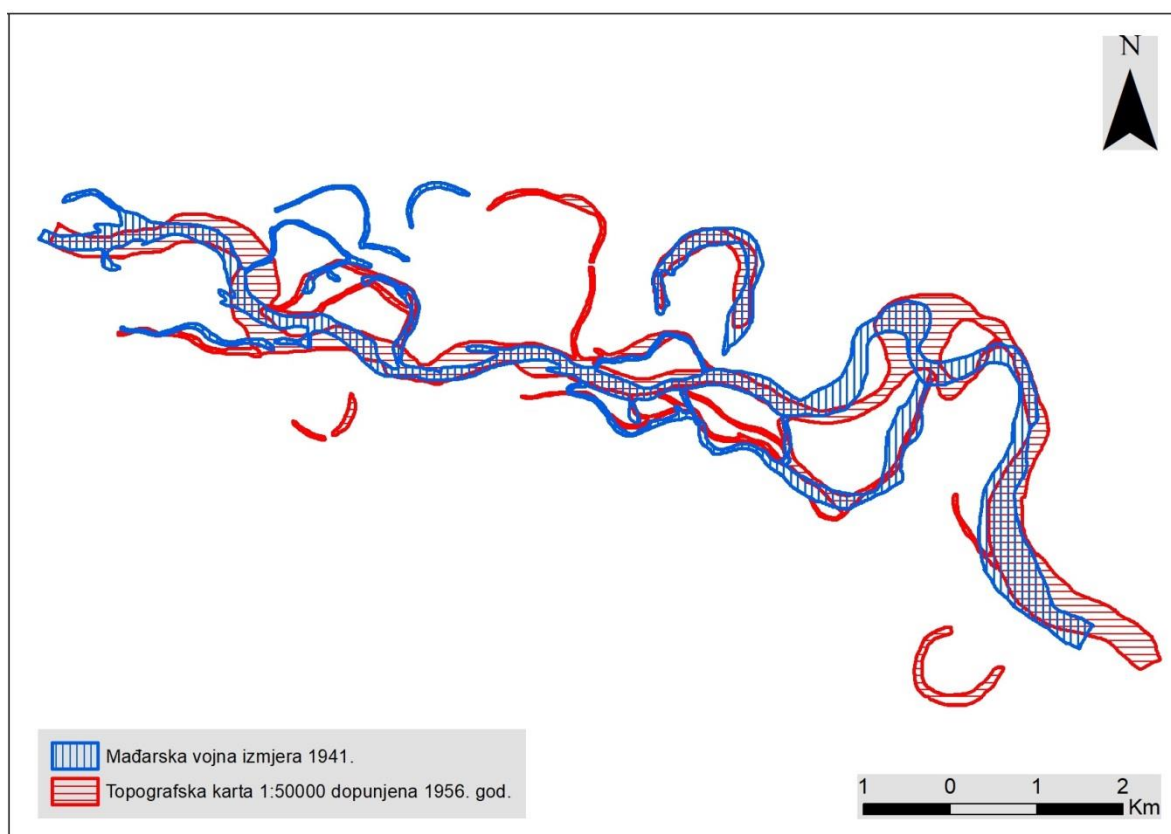
Između treće habsburške vojne izmjere i mađarske vojne izmjere (sl. 18) efektivno je prošlo 53 godine što je velika razlika kada promatramo promjenu toka, pogotovo uzrokovanu antropogenim putem. Najveća i naočitija promjena je presijecanje meandara i zaravnavanje pružanja korita što je dovelo do velikog smanjenja ukupne duljine istraživane dionice. Duljina korita na prikazu iz 1941. je 18,2 km što je smanjenje duljine od 5,2 km u odnosu na treću izmjeru iz 1887. Druga odmah uočljiva promjena je smanjenje širine korita na praktički cijeloj dionici. Razlog tomu može biti niži vodostaj u vrijeme kartiranja ili je razlog u pojačanoj regulaciji i metodama obrane od poplava. Od početne točke korito je položeno u smjeru istoka-jugoistoka te se tako kreće u duljini od 4,9 km blago meandrirajući i stvarajući 3 meandra vrlo niskog raspona krivine, od kojih prvi ima konveksnu stranu na desnoj obali. Prvi dio puno je različitiji od prikaza treće izmjere zbog potpuno presječenog meandra Parage, koji je u cijelosti spojen s maticom. Sljedećih 5 km toka jednako je prvom dijelu, osim potpuno istočnog smjera pružanja. Izmjenjuju se 4 vrlo mlada meandra blage zaobljenosti. Ova dionica je na prikazu treće izmjere veoma drugačija jer sadrži 2 iznimno velika meandra dugačkih raspona krivina i dužina luka, s konveksnom stranom na desnoj obali (Bukevje i Čambina).



Slika 18: Usporedna karta prikaza korita Drave na istraživanoj dionici s kartografskih izvora treće habsburške vojne izmjere i mađarske vojne izmjere 1941.

Ti meandri su presječeni i duljina toka je u ovoj dionici uvelike smanjena, a također je vidljiva i mrtvaja s vodom na mjestu Čambine. Sljedeća dionica je relativno slična na oba prikaza. Razlika je u tome što je na prikazu iz 1941. matica stvara 3 manja naizmjenična meandra i dalje nastavlja jugoistočno, praktički ravnim smjerom pružanja, dok je na prikazu treće izmjere vidljiv samo jedan veći meandar (Veliko zimoležje) prije ravnog nastavka. Na prikazu iz 1941. vidljivi su brojni rukavci uz korito koji oslikavaju današnje stanje tih lokaliteta, te mrtvaje ispunjene vodom. Najznačajniji rukavac je onaj koji omeđuje današnji prostor mrtvaje Karaš, za razliku od treće izmjere kada je izražen bio rukavac na lokaciji današnjeg kanala Bistra. Velika promjena prepoznata u razdoblju između treće izmjere i mađarske izmjere 1941. najvažnija je za razumijevanje presudnog utjecaja na promjenu korita zbog očitog prirodnog i antropogenog djelovanja na pružanje korita.

6.5. Topografska karta nadopunjena 1956.

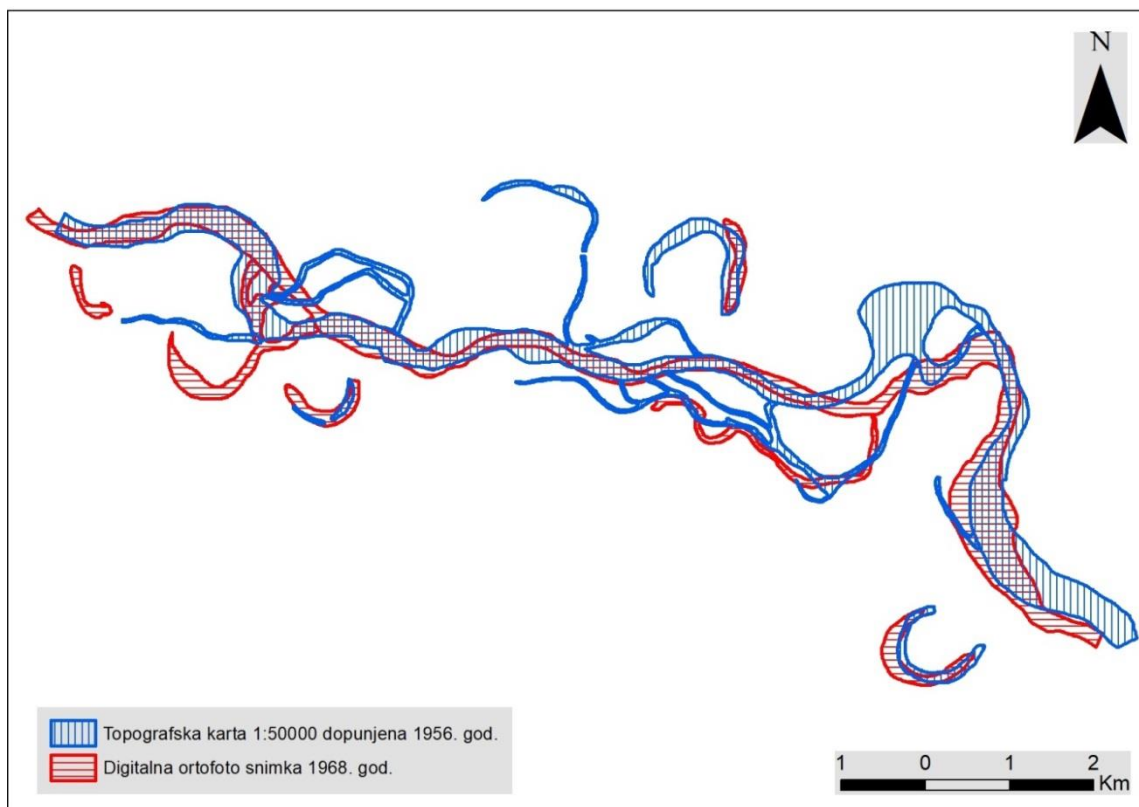


Slika 19: Usporedna karta prikaza korita Drave na istraživanoj dionici s kartografskih izvora mađarske vojne izmjere 1941. i topografske karte 1956.

Uspoređujući digitalizirani prikaz karte iz 1941. i 1956. (sl. 19) vidimo vrlo malo značajnijih razlika. Razdoblje između dva izvora od 15 godina je kratko u odnosu na druge izvore i razdoblja između njih. Stoga je za očekivati manji stupanj promjene. Nakon prvih 1,5 km prikaza 1956. matica meandrira stvarajući meandar konveksne strane na desnoj obali. Meandar je u ranoj fazi nastanka, s niskim rasponom krivina i velikom dužinom između infleksija. Matica nakon toga ponovno skreće tvoreći meandre konveksne strane na lijevoj, pa na desnoj obali. Ovaj dio se od prikaza 1941. razlikuje u tome što korito blago odstupa od linije pružanja kakva je bila 1941., i to zbog manjeg povećanja u rasponu krivina meandara. Još jedna primjetna razlika u prvih 7,2 km prikaza 1956. u odnosu na 1941. je širina korita cijelom dužinom, a posebno na tjemenu meandara. Smjer i izgled korita u sljedećih 3,2 km su jednaki na oba prikaza. Nakon jednakog dijela slijedi meandar veće dužine između infleksija na prikazu 1956., a poslije njega je segment najveće promjene između 1941. i 1956. Današnja mrtvaja Veliko zimoležje promijenila se tako što je nekadašnji prvi manji meandar presječen zbog čega je matica prebačena na rukavac između novonastalog riječnog otoka i desne obale. Nakon toga matica skreće duž nekadašnjeg proširenog rukavca i tako tvori jedinstveni veći meandar kakav je postojao u doba treće izmjere, dok je dio korita iz 1941. postao novi rukavac. Nakon Velikog zimoležja izgled i smjer pružanja korita je jednak na oba prikaza, s blagim meandrom konveksne strane na lijevoj obali i nekoliko većih ada i sprudova u koritu. Promjena na lokalitetu Veliko zimoležje jasno je vidljiva i objašnjiva, dok joj je uzrok vjerojatno i prirodnog i antropogenog porijekla. Rukavci vidljivi na kartografskim izvorima praktički su jednakog mjera i položaja na oba prikaza, dok su ostatci mrtvaja pod vodom različiti u nekoliko slučajeva, kod mrtvaja Parage, Brdina luka, Bukevje, Stara Drava i Ločica. Ukupna duljina korita na prikazu iz 1956. je 17,8 km, što je smanjenje od 0,4 km u odnosu na 1941. Uzrok smanjenju je promjena položaja matice na lokalitetu Veliko zimoležje.

6.6. Digitalna ortofoto snimka 1968.

U 12 godina između izvora topografske karte 1956. godine i DOF snimke 1968. godine nema mnogo velikih promjena, primjećuju se dvije veće promjene i nekoliko manjih. Prva 3 kilometra korita položaj i izgled su praktički jednaki. Nakon toga matica na prikazu 1968. ide ravno jer je presječen meandar kratkog raspona krivine, konveksne strane na lijevoj obali, koji postoji na prikazu 1956. godine (sl. 20). Ostatci meandra su 3 rukavca spojena s mrtvajom Sekulina. Sljedećih 6,5 km matica meandrira uobičajeno, izmjenjujući 4 meandra vrlo kratkog raspona krivine.

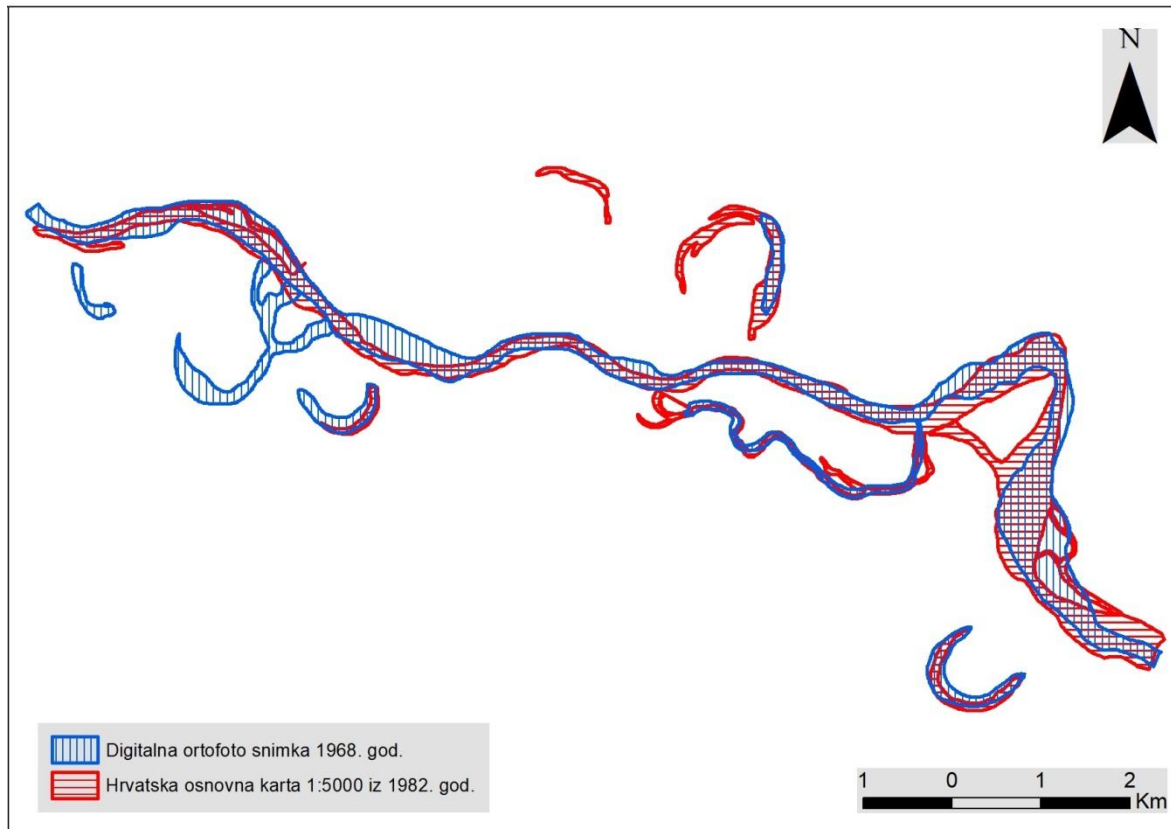


Slika 20: Usporedna karta prikaza korita Drave na istraživanoj dionici s kartografskih izvora topografske karte 1956. i DOF snimke 1968. godine

Razlika u odnosu na te meandre na prikazu iz 1956. je položaj, koji odudara na drugom i četvrtom meandru. Razlog je veća zbijenost i veličina meandara 1956. godine. Nakon ove dionice kreće meandar Veliko zimoležje koji je ponovno promijenjen, doduše u manjoj mjeri nego u prošlom razdoblju. Matica je počela intenzivnije meandrirati što je dovelo do promjene položaja prvog dijela meandra, te zaobilaska položaja matice na novonastalom rukavcu primijećenom na prikazu iz 1941. Ostatak dionice je sličan u smislu blagog meandra konveksne strane na lijevoj obali, dok je razlika u širini korita bogatog sprudovima i adama i položaju posljednjeg kilometra korita. Širina korita je podjednaka u prvih 5,5 km osim na dionici gdje matica prolazi novonastalim kanalom na mjestu presječenog meandra. Za ostatak dionice može se reći da je širina generalno manja osim na tjemenu posljednjeg uočljivog meandra. Ponovno je sadržan rukavac lokaliteta Karaš koji polako poprima današnji izgled, isto kao mrtvaje Čambina, Stara Drava i Ločica. Ukupna duljina korita 1968. je 17,1 km što je 0,7 km kraće u odnosu na prikaz 1956. godine, prvenstveno zbog presijecanja meandra na 3. km korita.

6.7. Hrvatska osnovna karta 1982.

Generalno gledajući, razlika u prikazu od 14 godina između DOF-a 1968. i HOK-a 1982. (sl. 21) gotovo i ne postoji, te se zasigurno može reći da je stupanj promjene najmanji u ovom razdoblju od svih do sada prikazanih međurazdoblja. Najveća promjena ponovno je na prostoru meandra Veliko zimoležje i na dionici od tog meandra do krajnje točke. Počevši od početne točke, smjer pružanja korita gotovo perfektno se poklapa s prikazom iz 1968., sve do udaljenosti od 4,3 km od početne točke gdje matica jače skreće udesno i tvori meandar razvijeniji od onog na prikazu 1968. Poklapanje se ponavlja sve do početka meandra Veliko zimoležje kada se vrat meandra sve više sužava gledajući posljednja 2 prikaza. Tjemenski dio meandra donekle prati smjer pružanja kao na prethodnom prikazu, no najveća razlika je u tome što je meandar na vratu presječen kanalom. Kanal je uzak i može se zaključiti da je nastao relativno nedavno, jer ostatak meandra je još uvijek aktivan u smislu velike širine i velikog protoka vode, iako matica sada prolazi kanalom. Ostatak dionice karakterizira velika širina korita zbog nastanka ada i riječnih otoka prirodnim putem. Širina korita kroz cijelu dužinu dionice je poprilično manja od prikaza 1968. godine.

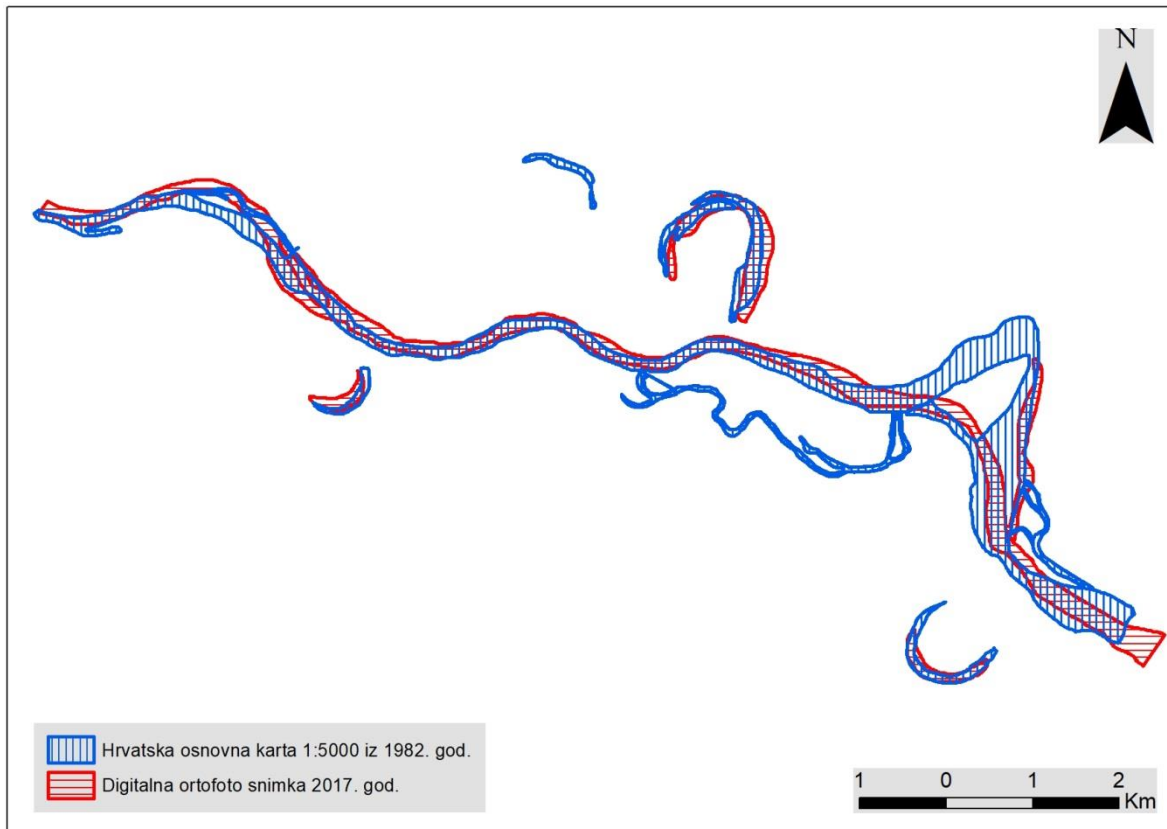


Slika 21: Usporedna karta prikaza korita Drave na istraživanoj dionici s kartografskih izvora DOF snimke 1968. godine i hrvatske osnovne karte iz 1982. god.

To se primjećuje u cijelom prvom dijelu dionice, od početne točke do početka meandra Veliko zimoležje. Iznimka je dionica od prvog do drugog kilometra gdje je korito šire zbog nastanka riječnog otoka. Osim samog korita, ponovno je na prikazu vidljiv rukavac na lokalitetu Karaš, te mrtvaje ispunjene ili djelomično ispunjene vodom, Čambina, Stara Drava, Bukevje i Ločica. Ukoliko se novonastali rukavac koji presijeca meandar Veliko zimoležje računa kao put matice, ukupna duljina korita je 15,06 km, što je smanjenje od 2 km, a to je signifikantna promjena. No, mišljenja sam da se rijeka do razdoblja nastanka ovog kartografskog izvora još nije dovoljno promijenila u smislu promjene najveće brzine i količine vode kroz novonastali kanal. U tome slučaju ukupna duljina je 16,9 km što je smanjenje od samo 0,2 km.

6.8. Digitalna ortofoto snimka 2017.

Uzimajući u obzir vrijeme od 35 godina koje je prošlo između snimanja za HOK iz 1982. i DOF 2017., razina promjene je minimalna (sl. 22). Postoji jedna veća promjena, a to je potpuno presijecanje meandra Veliko zimoležje. Promjena primijećena nakon 1 km od početne točke je jači razvoj meandra s konveksnom stranom na desnoj obali zbog kojega je položaj matice drugačiji u odnosu na prikaz iz 1982.



Slika 22: Usporedna karta prikaza korita Drave na istraživanoj dionici s kartografskih izvora Hrvatske osnovne karte iz 1982. god. i digitalne ortofoto snimke 2017. god.

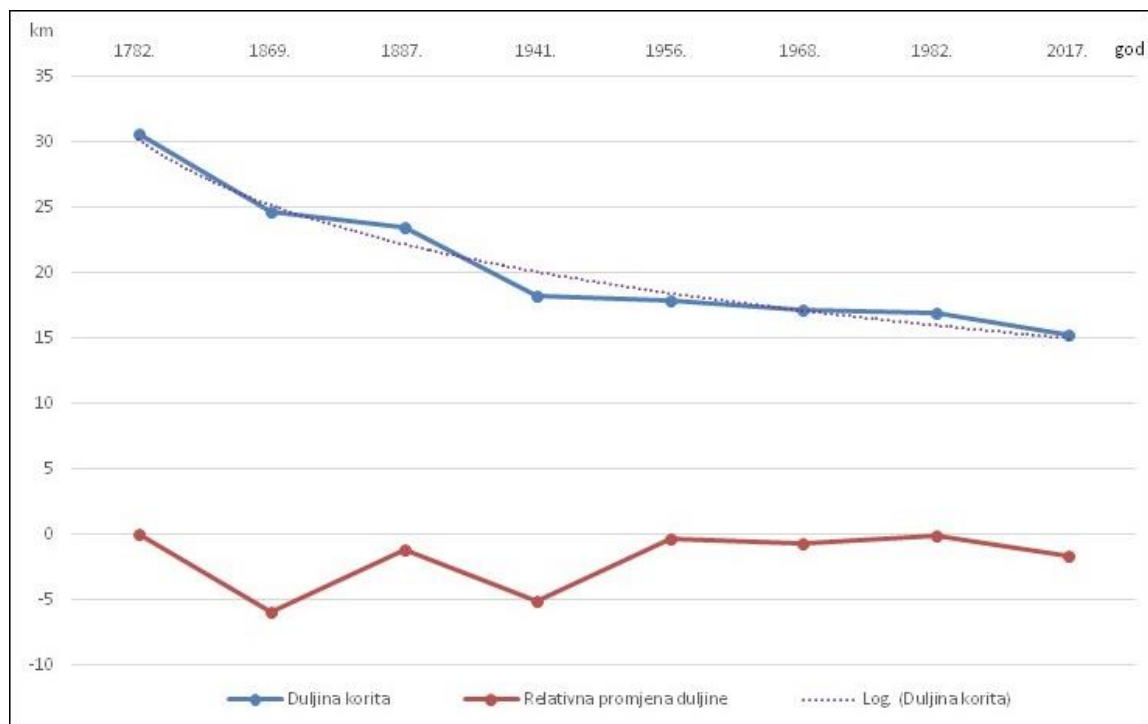
Sljedeća promjena koja se da primijetiti je povećanje širine na dionici od 3 km do 4,3 km što je rezultat nastanka riječnog otoka uz lijevu obalu. Središnji dio je identičan na oba prikaza, sve do skretanja matice rukavcem koji je na prikazu 1982. presjekao meandar Veliko zimoležje, a 2017. postao glavni i jedini dio korita kojim prolazi matica. Do kraja dionice prikaza korito je uže nego na prikazu 1982., iako se pruža identično. Ostatci nekadašnjeg meandra Veliko zimoležje su vidljivi u obliku rukavca na mjestu gdje je ranije išlo glavno korito. Uz to postoji i suhi i močvarni dio mrtvaje, no pošto je većina toga prostora u Republici Mađarskoj, nisu prikazani na izvoru. Ukupna duljina prikaza 2017. je 15,2 km što je jednako kao 1982. uzimajući u obzir tadašnji novonastali rukavac, te 1,7 km manje, ne računajući kanal.

6.9. Dinamika promjene korita u cijelom promatranom razdoblju

Ukupne promjene potrebno je sumirati jednostavnijim, zajedničkim prikazom kojim se dobiva dinamika promjene korita u cijelom promatranom razdoblju. Tab. 7 prikazuje duljinu istraživane dionice Drave po pojedinim krajnjim godinama svakog međurazdoblja analiziranih prikaza.

Tab. 7: Prikaz kilometraže istraživane dionice Drave u godinama pojedinog analiziranog prikaza

Godina pojedinog prikaza	Duljina prikaza	Razlika u odnosu na prošlo razdoblje
1782. godina	30,6 km	
1869. godina	24,6 km	-6 km
1887. godina	23,4 km	-1,2 km
1941. godina	18,2 km	-5,2 km
1956. godina	17,8 km	-0,4 km
1968. godina	17,1 km	-0,7 km
1982. godina	16,9 km	-0,2 km
2017. godina	15,2 km	-1,7 km
UKUPNO (1782.-2017.)		-15,4 km



Slika 23: Grafički prikaz promjene duljine korita i relativne promjene duljine u pojedinom razdoblju

Sl. 23 pokazuje grafički prikaz tablice 7, odnosno linijski grafički prikaz promjene duljine korita. U tablici i grafičkom prikazu se pregledno može vidjeti duljina svakog prikaza i razlika u odnosu na prošli prikaz. Dolazi do smanjenja duljine u svakom međurazdoblju što se uklapa u objašnjene promjene korita Drave. Također je prikazana ukupna promjena duljine u cijelom vremenu istraživanja. Ona je od 1782. do 2017. smanjena za 15,4 km ili 50,3 %. Tih 15,4 km je malo više od današnje ukupne duljine. To nam pokazuje veliku razinu ukupne promjene, prouzročenu prirodnim i najviše antropogenim procesima.

U cijelom vremenu istraživanja postoji kraćih i duljih međurazdoblja, s većim ili manjim promjenama. Za lakši ukupni prikaz svih promjena po razdobljima konstruirana je Tablica 8. (Tab. 8) je upravo pojednostavljeni i sumirani prikaz rezultata cijelog istraživanja. Sadrži dvije stavke za svako međurazdoblje koje su bitne za određivanje ukupnosti promjene i presudnog uzroka promjene. Najbitnije stavke za prikaz cjelokupne promjene su (prikazano u stupcima):

- A)** ocjena intenziteta promjene (**visok**, **srednji** ili **nizak** s ocjenama od 1 do 6 – po 2 ocjene za svaki stupanj - gdje je ocjena 1 najniži intenzitet promjene, a 6 najviši intenzitet promjene)
- B)** presudni utjecaj na promjene (*prirodni* ili antropogeni).

Tab. 8: Sumirani rezultati istraživanja promjene toka

Razdoblja između kartografskih prikaza	A) Intenzitet promjene	B) Presudni utjecaj
1782. – 1869. (87 godina)	visok , ocjena 5	<i>prirodni</i>
1869. – 1887. (18 godina) ¹	srednji , ocjena 3	<i>prirodni</i>
1887. – 1941. (54 godine)	visok , ocjena 6	<u>antropogeni</u>
1941. – 1956. (15 godina)	nizak , ocjena 2	<i>prirodni</i>
1956. – 1968. (12 godina)	srednji , ocjena 3	<u>antropogeni</u>
1968. – 1982. (14 godina)	nizak , ocjena 1	<u>antropogeni</u>
1982. – 2017. (35 godina)	nizak , ocjena 2	<u>antropogeni</u>

¹ U ovo međurazdoblje ne ulazi antropogena promjena presijecanja meandra Čambine jer na kartografskom izvoru završenom 1887. godine postoji kao meandar, iako se u stvarnom vremenu presječen prije 1887.

Uz tablicu sumiranih rezultata, konačni rezultat je i karta promjene (Prilog 2) u 2 segmenta. Razlog podjele na segmente je mogućnost kvalitetnije vizualizacije prikazom segmenata istraživanog područja u krupnijem mjerilu. Krupnije mjerilo omogućuje lakše snalaženje u pregledavanju pojedinih digitaliziranih prikaza, a to je potrebno pošto se na jednoj karti nalazi više (8) različitih prikaza.

7. RASPRAVA

7.1. Promjene u morfologiji korita

Analizom kartografskih izvora su utvrđene sve promjene koje su se dogodile od 1782. do 2017. godine. Opisom pojedinih meandara i karakteristika korita postignut je detaljan pregled promjena. Pregledom antropogenog utjecaja na području istraživanja dobivene su informacije o tome koje su od navedenih promjena uzrokovane regulacijskim radovima ili iskorištavanjem hidroenergetskog potencijala u Hrvatskoj. Krajnji rezultati dobiveni su nakon analize. Uzimajući u obzir sva znanja o geološkim, geomorfološkim i hidrološkim značajkama istraživanog područja, kao i prije spomenute preglede antropogenog utjecaja, doneseni su zaključci o krajnjim rezultatima prikazani u tab. 7. Prema mišljenju autora postavljeni su presudni utjecaji promjene za svako međurazdoblje analiziranih prikaza. Tri od sedam međurazdoblja ocijenjena su kao ona s najviše promjena uzrokovanih prirodnim putem. Isprva se zato čini kao da je nešto više od 40 % svih promjena prirodno, no to nije točno. Ovdje se dolazi do intenziteta promjene u pojedinom međurazdoblju. Najveće promjene dogodile su se u prvom i trećem međurazdoblju. Prvo međurazdoblje okarakterizirano je prirodnim promjenama kao što su: stvaranje prirodnog puta matice u središnjem dijelu, te razvoj meandara na prostoru Velikog zimoležja. No, ipak je tu također velik antropogeni utjecaj koji se vidi kroz presijecanje meandra Stara Drava i promjena izgleda toka na prostoru Čambine. Stoga je oko 40% promjena ovdje zapravo antropogeno uzrokovano.

Razdoblje između druge i treće habsburške izmjere dodatno je istraženo analizom kvantitativnih parametara meandara od Čambine do Velikog zimoležja. Izmjereni kvantitativni morfometrijski parametri potvrđuju da je meandar Čambina razvijeniji na prikazu treće habsburške izmjere. Iako mu je dužina između infleksija praktički ostala nepromijenjena, dužina luka između infleksija i visina krivine su se povećali, dok se raspon smanjio što sve ukazuje na veću razvijenost meandra (tab. 6). Vrijednosti m/h te H/h svojim povećanjem također pokazuju tendenciju razvoja i povećanje starosti meandra. Meandar nakon Čambine, tzv. „meandar 2“, pokazuje izrazito povećanje svih parametara, što također ukazuje na veliki prirodni razvitak između prikaza. Na prikazu druge habsburške izmjere meandar 2 je u ranoj fazi razvoja što se vidi iz svih parametara, a pogotovo iz širine luka meandra koja je najviša upravo na liniji koja spaja infleksijske točke. Na prirodan razvoj, velikim povećanjem vrijednosti ukazuju m/h i pogotovo H/h (tab. 6). Kod meandra Veliko zimoležje ne primjećuje se značajan razvoj u razdoblju

između dvije izmjere. Iako je došlo do povećanja vrijednosti svih veličinskih parametara, iz gotovo neprimjetne promjene vrijednosti m/h i H/h vidi se vrlo slab prirodni razvoj. Tomu je pridonijelo i antropogeno djelovanje koje se primjećuje na ovom području. Presijecanjem meandra nakon Velikog zimoležja, izravnilo se korito i spriječen je prirodni razvoj. To također objašnjava i povećanje raspona.

Međurazdoblje najveće promjene je ono između 1887. i 1941. Tada se dogodilo nekoliko velikih promjena kao presijecanje meandara Bukevje i Čambina, koje spadaju među 4 najveće promjene u potpunom vremenu istraživanja. Te promjene su definitivno antropogenog postanka. Za primjer može se uzeti i međurazdoblje od 1869. do 1887. koje, iako ukupno klasificirano u primarnu prirodnu promjenu, ima i čistih antropogenih promjena kao presijecanje meandra Parage.

Iz svih ovih saznanja vidljivo je da su antropogene promjene imale najveću ulogu u ukupnoj promjeni, gledajući cijelo vrijeme istraživanja. Aproksimativni postotak antropogene od ukupne promjene je 75 %. Ovaj rezultat je u jednu ruku očekivan zbog razumijevanja želje čovjeka za uređivanjem svog životnog okruženja i obranom od opasnosti prirode, koja je u ovom slučaju poprilična. No, ipak zapanjujuće zvuči podatak da je oko 75 % od ukupne promjene u 235 godina antropogeno.

Provedeno istraživanje može se usporediti sa sličnim istraživanjem profesora Bognara (Bognar, 2008). Istraživanje je provedeno u širem području naselja Križnica gdje su promatrane geomorfološke osobine te razvoj korita i poloja Drave u prošla dva stoljeća. Generalno je istraživanje slično istraživanju ovoga rada što se vidi u jednakim aspektima kao što su: pregled fizičko-geografskih karakteristika, pregled antropogenih utjecaja, usporedba nekoliko povijesnih kartografskih izvora, analiza kvantitativnih parametara meandara i karta promjene. Glavni zaključak Bognarovog istraživanja je da su najviše utjecaja na geomorfološke karakteristike kao što su: izmjena intenziteta erozijskih i akumulacijskih procesa, oblikovanje uzdužnog i poprečnog profila korita i oblikovanje reljefa poloja, imali mlađi tektonski pokreti i regulacijski i melioracijski radovi. Utvrđeno je da se izraziti lomovi krivulje vodnog lica (odn. izrazito meandriranje na uskom prostoru) mogu vezati za utvrđene rasjede S-I. Intenzivno meandriranje i promjena korita i poloja na uskom prostoru, koji je još k tome antropogeno izmjenjivan, definitivno pokazuje prisutnost tektonske aktivnosti. Tako intenzivnih procesa meandriranja ne nalazimo na prostoru istraživanja ovoga rada, što upućuje na to da nema izraženije tektonske aktivnosti, osim pretpostavljenog utjecaja tektonike na generalni smjer pružanja korita S-I i SZ-JI. Iz toga se vidi razlika u rezultatima Bognarovog istraživanja i istraživanja ovoga rada. U

području Križnice veći je utjecaj prirodnih procesa od antropogenih, dok se sličnost s ovim istraživanjem vidi u, ipak, visokoj razini antropogenog utjecaja na reljefne procese i oblike.

Još jedna studija koja se bavi proučavanjem uzroka promjene korita jačim meandriraњem je ona na dionici poluprirodnog kanala Bahr Youssef (Ashour i dr., 2017). Kanal se nalazi u središnjem Egiptu, oko 92 km jugozapadno od Kaira. On povezuje rijeku Nil s depresijom Fayoum, i formiran je u svrhu navodnjavanja provincija *El-Minya*, *El-Fayoum*, *Bani-Swif* i *Giza*. Cilj toga istraživanja bio je procijeniti veličinu problema terenskim mjerenjima i usporediti dobivene vrijednosti s raspoloživim tehnikama i teorijama predviđanja i procjene meandriraњa kanala (Ashour i dr., 2017). Problemi koje predstavlja meandriraњe kanala su: erozija nasipa, degradacija obale i nepravilnost poprečnog presjeka zbog erozije i akumulacije na konkavnim i konveksnim obalama. Nakon uvoda dan je prikaz karakteristika toka u koritu gdje se uvidjelo klasično meandriraњe matice pod utjecajem materijala u koritu i coriolisove sile. Glavno istraživanje obuhvaća analizu geometrijskih parametara meandara na užem području i međusobnu ovisnost istih. Rezultati su pokazali da Bahr Youssef ima iznadprosječnu zakrivljenost meandara, što ga smješta u kategoriju jednofaznih, ekvivalentno širokih meandarskih tipova tekućica prema meandarskoj klasifikaciji (Ashour i dr., 2017). U usporedbi s istraživanjem ovog rada, razlika je u tome što je Bahr Youssef visoko modificirani, poluprirodni kanal te se mnogo razlikuje od rijeke poput Drave. Veliki koeficijent meandriraњa i zakrivljenosti meandara upućuje na jače prirodne procese od vidno prisutnih antropogenih, u odnosu na jače izražene antropogene procese na prostoru istraživanja rijeke Drave.

Kada govorimo o posebnim lokacijama na istraživanom području, jedan lokalitet se ističe prema broju i rasponu intenziteta promjena, a to je prostor meandra Veliko zimoležje (ili mađ. Vizvar-Belavar). Korito u tom području se mijenjalo u svakom međurazdoblju, najviše prirodnim putem, sve do posljednjeg međurazdoblja kada je meandar presječen antropogenim djelovanjem. Danas je područje praktički močvarno, s velikim dijelom područja stalno ispunjenog vodom. Kiss i Andrasi (2019) predlažu revitalizaciju područja putem smanjenje brzine matice nakon koje bi došlo do smanjenja intenziteta bočne erozije zbog čega bi pak mrtvaja i njezini rukavci mogli biti normalno pražnjeni. To bi se učinilo putem stvaranja kanala (rukavca) koji bi išao od lijeve obale korita preko područja mrtvaje i natrag u korito. Time bi se postiglo smanjenje jačine matice jer bi se određena količina vode odvojila novim rukavcem, te pražnjenje područja mrtvaje. No, tim postupkom došlo bi do povratka dinamike poloja na tom području što može biti ekstremno opasno zbog

mogućih poplava (Kiss i Andrasi, 2019). Mišljenje autora je da se ova regulacija nebi trebala uspostaviti jer moguća opasnost nadilazi moguće dobitke revitalizacijom tog područja.

7.2. Značaj rezultata za stanovništvo

Gledajući konačne rezultate istraživanja, može se konstatirati da je značaj svih promjena za stanovništvo više pozitivan nego negativan. To se očituje upravo iz stupnja antropogenog uzroka promjena koje je, u svoju korist iniciralo stanovništvo. Mnogo je primjera negativnog utjecaja Drave na stanovništvo u prošlosti, prije velike većine promjena. Od jakih poplava koje su rezultirale ugrožavanjem i uništenjem ljudi i imovine, preko nesigurnih prijelaza rijeke zbog kojih je npr. 1930. kod Repaša došlo do pogibije 30-ak ljudi, pa do utjecaja na ljudsku djelatnost poput mlinarenja (Šadek, 2013). U 18. i početku 19. stoljeća mlinovi nisu redovito radili upravo zbog plavljenja velikog područja uz Dravu, a kasnije, sve do danas vidi se smanjenje broja mlinova, što je, između ostalog, uzrokovano upravo smanjenjem duljine korita (Miholek, 2013). Drava je svojim promjenama i direktno utjecala na smještaj i mogućnost života na nekim područjima. Jedno takvo je bivše naselje Brod, koje je postojalo uz desnu obalu Drave nešto južnije od kraja područja istraživanja. Zbog intenzivne poplave 1847./1848. Brod je pretvoren u adu i nije bilo moguće nastaviti život na tom prostoru. Zato se osnovalo novo naselje Ferdinandovac u koje se preselilo svo stanovništvo (Petrić i dr., 2019). Regulacijske promjene u obliku utvrđivanja i uređenja nasipa uzrokovale su približavanje stanovništva bliže samom koritu u posljednjih 150-ak godina u usporedbi s vremenom prije 18. stoljeća. Zbog toga pojačano je i iskorištavanje samih resursa rijeke, ponajprije vađenjem šljunka u, što legalnim, što ilegalnim šljunčarama. Posljedica toga je mjestimična devastacija korita, no takva događanja nisu česta u području istraživanja. Promjene Drave uvelike utječu i na ostatak živog svijeta. S jedne strane, u močvarnim područjima mrtvaja, život buja velikom raznolikošću, ali na ono što je čovjeku važno (mogućnost ribolova), promjene su se negativno odrazile. Smanjuje se raznolikost i brojnost riba regulacijom zbog koje nestaju mnoga staništa poput rukavaca i ritova.

8. ZAKLJUČAK

Navedenim metodama istraživanja utvrđeno je da se šire istraženo područje kroz vrijeme istraživanja od 235 godina definitivno mijenjalo. Promjena između početka i kraja vremena istraživanja je znatna u pogledu velikog skraćivanja korita.

Najveće promjene dogodile su se u prvoj polovici vremena istraživanja. Točnije, u prvom (od 1782.-1869. god.) i trećem (1887.-1941. god.) međurazdoblju dogodila se većina ukupnih promjena, s trećim međurazdobljem ocijenjenim najvišim intenzitetom promjene. Srednji intenzitet promjene zabilježen je u međurazdobljima od 1869. do 1887. god. te od 1956. do 1968. god., dok je u ostala tri međurazdoblja intenzitet promjene nizak.

Uzroci promjena su antropogeni, kroz regulacijske radove i prirodni, kroz prirodni proces meandriranja. Najveći uzroci, ukupno gledajući, su antropogeni s 75 % svih promjena, dok su prirodni uzroci presudni u samo tri međurazdoblja i ukupno zastupljeni s 25 % promjena. Međurazdoblje najvećeg intenziteta promjene gotovo potpuno je antropogeno uzrokovano, kao i veliki dio drugih međurazdoblja visokog i srednjeg intenziteta promjene. Najviše prirodno uzrokovanih promjena dogodilo se u dva najstarija međurazdoblja, pogotovo od 1869. do 1887. god. U tom međurazdoblju, primjernim mjerenjem parametara meandara dobiveni su kvantitativni podaci kojima je jasno dokazan prirodni razvoj meandara.

Kako bi se detaljnije istražile sve promjene na čitavom području istraživanja potrebna je sveobuhvatna analiza koja bi uključivala spomenuta kvantitativna morfometrijska mjerenja više parametara na cijeloj istraživanoj dionici. Time bi se provedeno istraživanje potpuno kvantificiralo i time unaprijedilo.

LITERATURA

1. Ashour, M, Sherif Saad, M., Kotb, M., 2017: Evaluation of alluvial channels meandering phenomenon (case study: Bahr Youssef), *Geographical Series* 17(2), 206-219.
2. Beraković, M., 2002: Režim voda rijeke Drave, *Hrvatska vodoprivreda* 11 (117-118), 7-15.
3. Bognar, A., 1985: Basic geomorphological problems of the Drava river plain in SR Croatia, *Geographical papers vol 6*, Department of geography, Faculty of sciences, Zagreb.
4. Bognar, A., 1990: Geomorfologija Baranje, Savez geografskih društava Hrvatske, posebna izdanja, svezak 7, Zagreb.
5. Bognar, A., 1992: Geomorfološke osobine Republike Hrvatske, *Geografski horizont* 38 (2), 15-25.
6. Bognar, A., 1995: Regulacije i njihov utjecaj na geomorfološko oblikovanje korita Drave i Dunava u Hrvatskoj, u: *1. Hrvatska konferencija o vodama-Održivi razvoj i upravljanje vodama* (ur. Gereš D.) Dubrovnik, 24.-27. 5. 1995, Hrvatska vodoprivreda, Zagreb, 449-461.
7. Bognar, A., 1996: Geomorfološke značajke bazena porječja Drave, *Geografski horizont*, 1/1996, 21-27.
8. Bognar, A., 2001: Geomorfološka regionalizacija Hrvatske, *Acta Geographica Croatica* 34, 7-29.
9. Bognar, A., 2008: Geomorfološka obilježja korita rijeke Drave i njenog poloja u širem području naselja Križnica, *Hrvatski geografski glasnik* 70 (2), 49-71.
10. Bonacci, O., 2008: Analiza osnovnih hidroloških parametara, *Hrvatska vodoprivreda* 17 (186/187), 16-21.
11. Bonacci, O., Oskoruš, D., 2010: The changes of the lower Drava River water level, discharge and suspended sediment regime, *Environmental Earth Sciences* 59 (8), 1661-1670.
12. Bonacci, O., Oskoruš, D., 2019: Human Impacts on Water Regime, u: *The Drava river: environmental problems and solutions* (ur: Loczy, D.), 125-137.
13. Frangeš, S., Ćosić, S., Alilović, M., Landek, I., 2012: *Topografske karte na području Hrvatske*, Državna geodetska uprava, Zagreb.
14. Friedkin, J. F., 1945: *A laboratory study of the meandering of alluvial rivers*, U.S. Army Mississippi river commission, Vicksburg.

15. Hećimović I., 1986a: Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, list Đurđevac L33-71, Savezni geološki zavod, Beograd.
16. Hećimović I., 1986b: Tumač za list Đurđevac L33-71, Savezni geološki zavod Beograd.
17. Kiss, T. i Andrási, G., 2019: Evolution of the Drava Floodplain in Hungary in the Last 100 Years, u: *The Drava river: environmental problems and solutions* (ur: Loczy, D.), Springer, Budapest, 157-173.
18. Lapaine, M., 2001: Topografska kartografija u Hrvatskoj, *Geografski horizont* 2, 4-52.
19. Matica, M., Turinski, M., 2013: Integrirano upravljanje rijekom Dravom, *Podravski zbornik* 39, 19-28.
20. Miholek, V., 2013: Dravske vodenice i mlinovi potočari đurđevačke podravine od polovice 18. do polovice 20. stoljeća, *Podravina* 12 (24), 120-140.
21. Milas, D., 2012: Izrada hidrografskog atlasa rijeke Drave od rkm 0 do rkm 70, *Hrvatske vode* 20 (81), 131-138.
22. Petrić, H., Tamas, E. A., Loczy, D., 2019: Flood History and River Regulation, u: *The Drava river: environmental problems and solutions* (ur: Loczy, D.), Springer, Budapest, 105-121.
23. Prevedan, F., 2006: Hidrografski atlas rijeke Drave, *Kartografija i geoinformacije*, 5 (5), 98-110.
24. Riba, D., 2004: Rijeka Drava-povijesne hidrografske promjene, *Tehnički vjesnik* 11 (1-2), 33-38.
25. Riđanović, J., 1993: *Hidrogeografija*, Školska knjiga, Zagreb.
26. Scheffers, A., May, S., Kelletat, D., 2015: *Landforms of the World with Google Earth*, Springer, Dordrecht.
27. Schwartz, U., 2007: Pilot Study: Hydromorphological Survey and Mapping of the Drava and Mura Rivers, *FLUVIUS Floodplain Ecology and River Basin Management*, Vienna.
28. Sečen, V., 1994: Uređenje i višenamjensko korištenje Drave: osvrt na projekt Novo Virje, *Gospodarstvo i okoliš* 2 (5), 294-298.
29. Slukan-Altić, M., 2002: Hidroregulacije Drave i njezini utjecaji na transformaciju prirodnog i kulturnog pejzaža Podravine, *Podravina* 2, 128-152.
30. Slukan-Altić, M., 2003: *Povijesna kartografija: Kartografski izvori u povijesnim znanostima*, Meridijani, Samobor.

31. Summerfield, M., 1991: *Global Geomorphology*, Longman, Harlow.
32. Šadek, V., 2013: Prilozi o utjecaju rijeke Drave na život stanovnika koprivničke i đurđevačke Podravine od 1918. do 1941. - poplave, regulacije, prometni i komunikacijski problemi, *Podravina* 12 (24), 141-149.
33. Tadić, L., Brleković, T., 2019: Hydrological Characteristics of the Drava River in Croatia, u: *The Drava river: environmental problems and solutions* (ur: Loczy, D.), Springer, Budapest, 79-90.
34. Timar, G., Molnár, G., Székely, B., Biszak, S., Varga, J., Jankó, A., 2006: Digitized maps of the Habsburg Empire – The map sheets of the Second Military Survey and their georeferenced version. Arcanum, Budapest.
35. Vujasinović, B., 2008: Radovi na uređenju rijeke Drave do kraja 19. stoljeća, *Hrvatske vode* 64, 235-239.
36. Zentai L., Buga L., Gercsák G., 2018: Hungarian military mapping abroad 1919–1990, *The Cartographic Journal* 55 (2), 159-169.
37. Živaković-Kerže, Z., 2013: Tržište i njegov utjecaj na regulaciju Drave i odvodnju slavonsko-dravske nizine (Osvrt na 19.stoljeće), *Podravina* 12 (24), 97-111.

IZVORI

1. Digitalna ortofoto snimka 1968. 1:5000, <https://ispu.mgipu.hr>, 2.1.2019.

2. Digitalna ortofoto snimka 2017. 1:5000, <https://geoportal.dgu.hr>, 6.1.2019.
3. Hidrografski atlas rijeke Drave, sv. 1, 2, 3, Republički sekretarijat za vodoprivredu SR Hrvatske, Zagreb u suradnji s Vodoprivredno naučno istraživačkim institutom NR Mađarske, Budapest, Zagreb, 1972.
4. Hrvatska osnovna karta 1:5000, <https://geoportal.dgu.hr>, 6.1.2019.
5. Prostorni plan uređenja općine Novo Virje, 2006, Urbane tehnike d.o.o., Zagreb
6. Stručna podloga za proglašenje područja Mura-Drava u Republici Hrvatskoj regionalnim parkom, 2009, Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb.
7. Topografska karta 1:28800 prve habsburške vojne izmjere, 1782, <https://mapire.eu/en/map/firstsurvey-varazdin/>, 19.12.2018.
8. Topografska karta 1:28800 druge habsburške vojne izmjere, 1869, <https://mapire.eu/en/map/secondsurvey-croatia>, 21.12.2018.
9. Topografska karta 1:25000 treće habsburške vojne izmjere, 1887, <https://mapire.eu/en/map/europe-19century-thirdsurvey>, 22.12.2018.
10. Topografska karta 1:50000 mađarske vojne izmjere, 1941, <https://mapire.eu/en/map/hungary1941>, 26.12.2018.
11. Topografska karta 1:50000 dopunjena 1956., list Đurđevac, Kartografska zbirka Hrvatskog geografskog društva, 1956.
12. URL 1. <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/af/Meandro.png>, 1.2.2019.
13. URL 2. <http://www.drava-life.hr/en/drava-river/>, 17.12.2018.
14. URL 3. <https://geoportal.dgu.hr>, 6.2.2019.
15. URL 4. maps.google.com, 4.1.2019.
16. URL 5. <http://hidro.dhz.hr>, 5.1.2019.
17. URL 6. <http://www.rodoslovlje.hr/clanci/zanimljivosti-iz-medija/karte-habsburske-monarhije-dostupne-na-webu>, 4.1.2019.
18. URL 7. <https://mapire.eu/>, 6.2.2019.
19. URL 8. <https://www.arcanum.hu/hu/online-kiadvanyok/Janko-janko-annamaria-magyarorszag-katonai-felmeresei-1/the-military-surveys-of-the-hungarian-kingdom-17631950-5BB/>, 5.1.2019.
20. URL 9. <https://ispu.mgipu.hr>, 6.1.2019.
21. URL 10. <https://dgu.gov.hr/proizvodi-i-usluge/sluzbene-drzavne-karte-i-ostale-karte/hrvatska-osnovna-karta-175/175>, 5.1.2019.

POPIS SLIKA

Slika 1: Elementi i razvoj meandara.....	3
Slika 2: Položaj rijeke Drave u Europi.....	5
Slika 3: Obuhvat i smještaj područja istraživanja.....	7
Slika 4: Položaj područja istraživanja unutar administrativnih jedinica.....	9
Slika 5: Smještaj područja istraživanja u regijama geomorfološke regionalizacije.....	10
Slika 6: Geološka karta područja istraživanja s legendom.....	11
Slika 7: Pregledna tektonska karta šireg područja	13
Slika 8: Parametri dimenzija meandra: J -infleksijske točke, H -dužina luka između infleksija, h -dužina između infleksija, m -visina krivine, M -raspon krivine, D -širina luka meandra i R -radijus meandra (krivine).....	18
Slika 9: Isječak uzdužnog profila rijeke Drave 0-237 km	20
Slika 10: Smještaj poprečnih profila (sl. 11) na isječku hidrografske karte.....	21
Slika 11: Primjer dolinskog profila 124 i međuprofila (124a, 124b, 124c, 124d) na manjim međusobnim udaljenostima.....	22
Slika 12: Mrtvaje na području istraživanja; A -Parage, B -Brdina luka, C -Bukevje, D -Čambina/ Ogorelo polje, E -Veliko zimoležje, F -Mlađ, G - Stara Drava, H -Kingovo, I -Karaš, J -Ločica, K -Sekulina, L -Sekulina/ Hambari.....	24
Slika 13: Prikaz velikog broja rukavaca uz glavno korito Drave 194. – 204. kilometra....	26
Slika 14: Isječak karte prve habsburške vojne izmjere.....	39
Slika 15: Usporedna karta prikaza korita Drave na istraživanoj dionici s kartografskih izvora prve i druge habsburške izmjere.....	40
Slika 16: Usporedna karta prikaza korita Drave na istraživanoj dionici s kartografskih izvora druge i treće habsburške izmjere.....	42
Slika 17: Označeni izmjereni parametri na odabranom području na prikazima druge i treće habsburške vojne izmjere.....	44
Slika 18: Usporedna karta prikaza korita Drave na istraživanoj dionici s kartografskih izvora treće habsburške vojne izmjere i mađarske vojne izmjere 1941.....	45

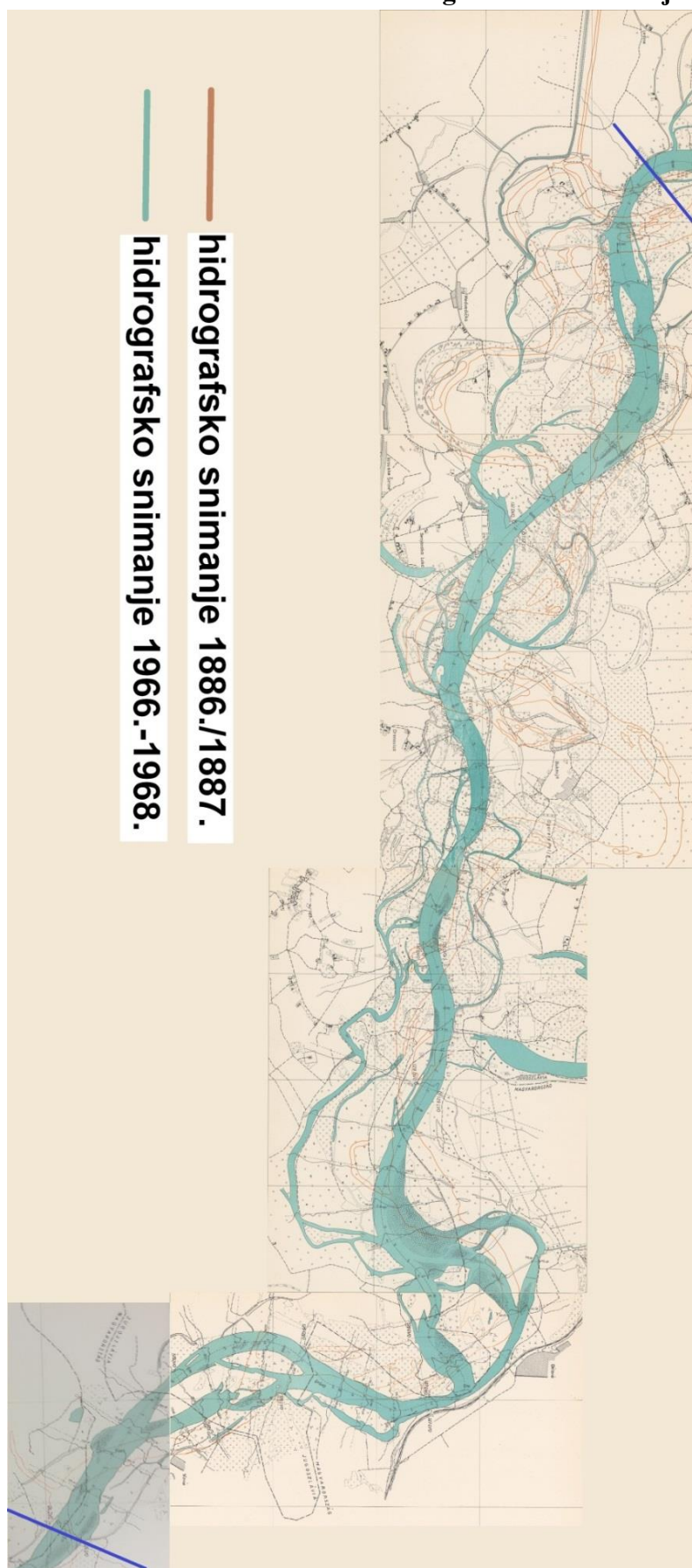
Slika 19: Usporedna karta prikaza korita Drave na istraživanoj dionici s kartografskih izvora mađarske vojne izmjere 1941. i topografske karte 1956.....	46
Slika 20: Usporedna karta prikaza korita Drave na istraživanoj dionici s kartografskih izvora topografske karte 1956. i DOF snimke 1968. godine.....	48
Slika 21: Usporedna karta prikaza korita Drave na istraživanoj dionici s kartografskih izvora DOF snimke 1968. godine i hrvatske osnovne karte iz 1982. god.....	49
Slika 22: Usporedna karta prikaza korita Drave na istraživanoj dionici s kartografskih izvora hrvatske osnovne karte iz 1982. god. i digitalne ortofoto snimke 2017. god.....	50
Slika 23: Grafički prikaz promjene duljine korita i relativne promjene duljine u pojedinom razdoblju.....	52

POPIS TABLICA

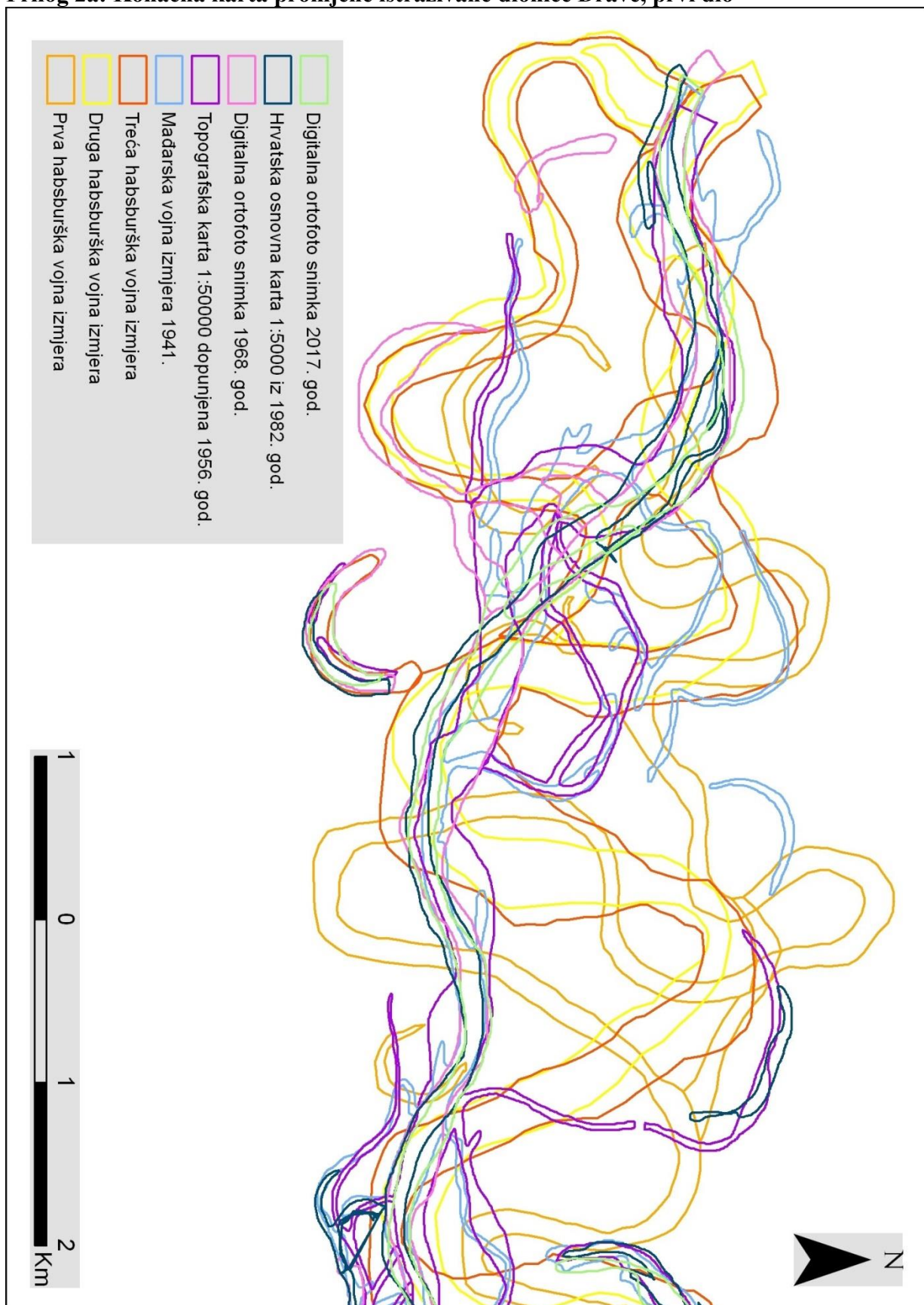
Tab. 1: Zastupljenost pojedinih kategorija nagiba u širem području istraživanja.....	15
Tab. 2: Zastupljenost pojedinih kategorija vertikalne raščlanjenosti u širem području istraživanja.....	16
Tab. 3: Pregled vrsta mrtvaja na istraživanom području s obzirom na prisustvo vode.....	25
Tab. 4: Karakteristični mjesečni i godišnji vodostaji (cm) za postaje Botovo i Terezino Polje.....	28
Tab. 5: Karakteristični mjesečni i godišnji protoci (m^3/s) za postaje Botovo i Terezino Polje.....	28
Tab. 6: Vrijednosti parametara istraženih meandara na dva uzastopna prikaza.....	43
Tab. 7: Prikaz kilometraže istraživane dionice Drave u godinama pojedinog analiziranog prikaza.....	51
Tab. 8: Sumirani rezultati istraživanja promjene toka.....	53

PRILOZI

Prilog 1: Prikaz istraživane dionice Drave u Hidrografskom atlasu rijeke Drave 1972.



Prilog 2a: Konačna karta promjene istraživane dionice Drave, prvi dio



Prilog 2b: Konačna karta promjene istraživane dionice Drave, drugi dio

