Geomorfološka obilježja drenažnog sustava središnje Istre

Sinožić, Iva

Master's thesis / Diplomski rad

2018

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:217:899252

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb

Iva Sinožić

Geomorfološka obilježja drenažnog sustava središnje Istre

Diplomski rad

predan na ocjenu Geografskom odsjeku

Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

radi stjecanja akademskog zvanja

magistra/magistre geografije

Zagreb

2018.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu

Prirodoslovno-matematički fakultet

Geografski odsjek

Diplomski rad

Geomorfološka obilježja drenažnog sustava središnje Istre

Iva Sinožić, JMBAG 0269059680

Diplomski sveučilišni studij, smjer *Geografski informacijski sustavi*

ISVU 46

124785 Diplomski rad s obranom

Izvadak: Voda koja teče nekim prostorom oblikuje njegov reljef. Cilj ovog istraživanja bio je objasniti kako su površinski tokovi oblikovali reljef u flišnom području središnje Istre. Metodama analize digitalnog modela reljefa i postojećih kartografskih prikaza istraživanog prostora, analizirane su opće i specifične morfometrijske značajke reljefa. Uspoređene su međusobno i s podacima o geološkoj podlozi. Kroz istraživanje određene su duljina, gustoća i obilježja drenažne mreže u tri bazena: Mirne, Pazinčice i Raše (Boljunčice).

45 stranica, 25 grafičkih priloga, 1 tablica, 22 bibliografske reference, izvornik na hrvatskom jeziku

Ključne riječi: geomorfologija, digitalni model reljefa, drenažna mreža, tokovi, bazeni, reljef

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

Povjerenstvo: izv. prof. dr. sc. Neven Bočić
izv. prof. dr. sc. Aleksandar Toskić
doc. dr. sc. Mladen Pahernik

Tema prihvaćena: 7. veljače 2017.

Rad prihvaćen: 8. veljače 2018.

Datum i vrijeme: 23. veljače 2018., 13 h

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

Geomorfological characteristics of the central Istrian drainage system

Iva Sinožić, JMBAG 0269059680

Graduate University Study of Geography: *Geographic Information Systems*

ISVU 46

124785 Master thesis with thesis defense

Abstract: Water that flows in the particular area shapes its relief. The aim of this thesis was to interpret how the water streams have shaped relief in the flysch area in central Istria. By analysing the digital relief model and existing cartographic data of researched area, general and specific morphometric characteristics were compiled. These data were compared mutually and also with data regarding geological structure. Length, density and basic characteristics of drainage network were determineted through this research in three basins: Mirna, Pazinčica and Raša (Boljunčica).

45 pages, 25 figures, 1 table, 22 references, original in Croatian

Keywords: geomorfologiy, digital relief model, drainage system, streams, basins, relief

Supervisor: Neven Bočić, Ph.D., associate professor

Reviewers: Neven Bočić, Ph D, Associate Professor
Aleksandar Toskić, Ph D, Associate Professor,
Mladen Pahernik, Ph D, Assistent Professor

Thesis submitted: 7. february 2017.

Thesis accepted: 8. february 2018.

Thesis defense: 23. february 2018., 13 h

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

Sadržaj

1. Uvod 5
1.1. Cilj istraživanja 5
2. Obilježja istraživanog područja 7
2.1. Geografski položaj 7
2.2. Geomorfološki položaj 8
2.3. Geološka obilježja 9
3. Metode rada 12
4. Rezultati 14
4.1. Opća morfometrijska obilježja reljefa 15
4.1.1.Hipsometrija 15
4.1.2.Nagib padina 17
4.1.3.Vertikalna raščlanjenost 20
4.1.4.Ekspozicija padina 21
4.2. Specifična morfometrijska obilježja 23
5. Rasprava 37
5.1. Opća morfografska obilježja 37
5.2. Specifična morfometrijska obilježja 38
6. Zaključak 42
7. Literatura 43
8. Popis grafičkih priloga 45

1. Uvod

Zbog naslaga fliša i velike zastupljenosti gline sive boje, središnja Istra naziva se i Siva Istra. Taj prostor obuhvaća središnji dio istarskog poluotoka. Fliš je sedimentna stijena koja se sastoji od konglomerata, pješčenjaka, lapora i glina. Kao najveći flišni kompleks u Hrvatskoj, Istarsko flišno pobrđe izrazito je mikroreljefno raščlanjeno, što je posljedica intenzivne disekcije nepropusnog reljefa brojnim vodotocima (Magaš, 2013). Takav prostor je pod velikim utjecajem erozije. Fliš koji je položen na platformi središnje Istre ima debljinu od 450 m i eocenske je starosti (Šikić i Polšak, 1963). Flišne naslage su nepropusne i radi toga je na tom prostoru došlo do razvitka razgranate mreže tokova s brojnim pritokama i istaknutim oblicima erozije u reljefu (Magaš, 2013). Za vrijeme intenzivnih oborina dominira površinsko otjecanje koje je često bujičnog karaktera, te je Siva Istra jedno od najzahvaćenijeg područja bujičnim i erozijskim procesima u Hrvatskoj (Gulam i dr, 2014). Istarsko pobrđe je izduženo u smjeru sjeverozapad–jugoistok i tu su oblikovane doline tokova Mirne, Dragonje, Pazinčice i Boljunčice. Prije izdizanja morske razine u pleistocenu i holocenu, te su rijeke snažno usijecale doline u reljefu. Nakon toga jači su procesi zatrpavanja od usijecanja (Magaš, 2013).

1.1. Cilj istraživanja

Ovaj rad se bavi geomorfološkim istraživanjem drenažnog sustava središnje Istre. „Drenažni sustav je skup prirodnih kanala kojima stalno ili povremeno teče voda, a koji se povezuju u jedinstveni vodotok i predstavlja najmanju neovisnu geomorfološku sastavnicu“ (Marković, 1983). Na prostoru gdje postoji razgranata drenažna mreža reljef se oblikuje fluviodenudacijskim procesima. Fluviodenudacijski reljefni oblici nastali su djelovanjem tekućica i padinskih procesa.

Cilj istraživanja je bio utvrditi geomorfološke značajke drenažnog sustava istraživanog područja, dovodeći u odnos geološku građu, tektoniku i sastav stijena s oblicima u reljefu nastalih od denudacijskog djelovanja drenažne mreže. Analiziran je odnos starosti i sastava stijena sa reljefnom slikom, odnosno kako su izvjesne stijene zbog svojeg mineralnog sastava trošene kroz prošlost i kakav im je izgled danas. S obzirom na sastav, stijena se troši na drugi način i omogućava događanje drugačijih procesa. Cilj je utvrditi uzročno-posljedičnu vezu denudacijske snage tekućica i litološke podloge s obzirom na sastav i tektoniku sa današnjim izgledom reljefa.

Drenažni sustav središnje Istre nalazi se na prostoru Istarskog pobrđa. Glavni tokovi ovog područja jesu Mirna, Pazinčica, Raša i Boljunčica, te je stoga istaživanje provedeno na tri bazena: Mirne, Pazinčice i Raše, odnosno Boljunčice. U literaturi se mogu naći razni nazivi za ove bazene (Pazinski, Labinski, itd), te toponimi za tokove (Pazinski potok, Boljunšćica) no u radu će se oni nazivati kao što je navedeno u prethodnoj rečenici.

Objekt ovog istraživanja je površinski drenažni sustav na flišnom području središnje Istre. Analizirani su geološka, opća i specifična morfometrijska obilježja reljefa na temelju podataka iz raznih izvora (više o izvorima i metodama u drugim poglavljima).

1.2. Pregled dosadašnjih istraživanja

U prošlosti istarski je poluotok bio geološki istraživan većinom od strane austrijskih i talijanskih autora (Polšak i Šikić, 1973). Prvi put Istra je prikazana na preglednoj geološkoj karti mjerila 1:864 000 autora Haidingera (1845). Stratigrafsku raspodjelu krednih naslaga u Istri daje Stache 1859.g. Waagen 1906. objavljuje rad o skretanju bora, koji je „značajan za opću tektonsku sliku Istre“ (Polšak i Šikić, 1973). Između dva svjetska rata većinu radova objavljuju talijanski geolozi, od kojih je najvežnije spomenuti Sacca (1924) koji izdaje „geološku kartu Istre i susjednih područja“ (Polšak i Šikić, 1973) u mjerilu 1:200 000 te opširni tumač karte. U tumaču je dao „prikaz stratigrafske i tektonske građe Istre te kratke opise orografskih, hidrografskih, speleoloških, klimatoloških i paleontoloških prilika“ (Polšak i Šikić, 1973). Nakon Drugog svjetskog rata detaljno geološko istraživanje Istre predvode jugoslavenski autori.

O flišu na području središnje Istre pisali su Bergant i dr. (2003), Toševski i dr., Gulam i dr (2014) (2012), te Babić i dr. (2007).

O istarskom pobrđu i procesima denudacije na tom prostoru pisao je Mihljević (1995).

Morfometrijskim obilježjima reljefa kopnenog dijela Republike Hrvatske bavila se Lozić (1995, 1996)

Digitalnu analizu drenažne mreže na primjeru Papuka napravili su Kvetek i Bočić (2015), a geomorfološke promjene u dolinama u ušćima rijeka Dragonje, Mirne i Raše istraživali su Benac i dr (2017).

2. Obilježja istraživanog područja

2.1. Geografski položaj

Istraživano područje nalazi se na Istarskom poluotoku, odnosno u sjeverozapadnom dijelu istog (Sl. 1). Okvirno, to je područje Istarskog pobrđa. Istarsko pobrđe nalazi se u središnjem dijelu Istarskog poluotoka s površinom od 700 km² (Mihljveić, 1995). Izduženo je u smjeru SZ-JI. Gorja Ćićarija i Učka nalaze se sa sjeveroistočne i istočne strane, na jugu se nastavlja tok rijeke Raše, jugozapadni dio čini ponor Pazinčice u Pazinsku jamu i prelazak u istarsku zaravan, na zapadu nastavak toka Mirne prema njenom ušću, a na sjeverozapadu, unutar granica Republike Hrvatske, rijeka Dragonja (Mihljević, 1995).

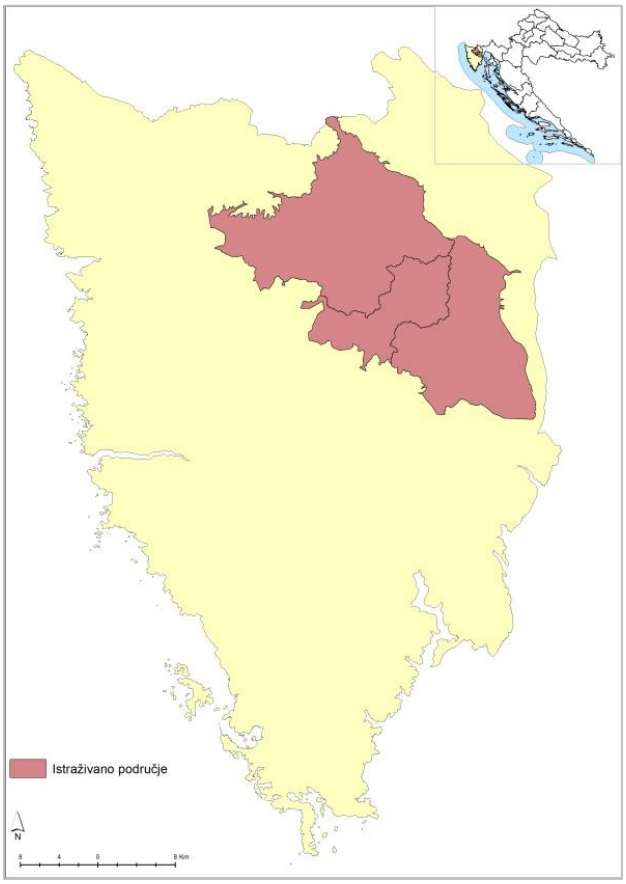
S administrativnog gledišta, područje se prostire kroz sljedeće općine: Buzet na sjeveru, Lupoglav i Kršan na istoku, Pićan i Gračišće na jugozapadu, Pazin i Motovun na zapadu te Cerovlje u središnjem dijelu područja, koje je ujedno i jedina općina koja je cijelim svojim obuhvatom unutar istraživanog područja. Također treba spomenuti da se mali dio područja nalazi na području općina Vižinada, Karojba, Grožnjan i Oprtalj na zapadu. Najveće naselje na prostoru je Pazin, administrativno središte Istarske županije koje je prema popisu 2011. godine brojalo 8 638 stanovnika.

Najdulji tok područja je Mirna, ujedno i najdulja rijeka Istre. Izvire južno od Huma na oko 220 m nadmorske visine. Porječje Mirne ukupno iznosi 458 km², a ulijeva se u Jadransko more 3 km istočno od Novigrada (zaljev Luka Mirna). Donji dio toka kanaliziran je 1631. g., a močvarišta se na tom području navodnjavaju i obrađuju. Na pritoci Butoniga izgrađeno je istoimeno jezero koje služi za vodoopskrbu Istre (URL1).

Pazinčica je tok koji izvire sjeverno od mjesta Borut, a ponire kod Pazina u Pazinsku jamu.

Raša je tok koji nastaje spajanjem Krbunskog i Vlaškog potoka kod mjesta Potpićan. Raša ima razgranat izvor bogat pritokama. Pritoke se mogu podijeliti na desne i lijeve. Desne pritoke kreću od najsjevernije, Letanski potok, s izvorištem južno od mjesta Paz. Potom se Banovski potok spaja sa Gradinskim, koji utječe u Krbunski. Letanski i Krbunski potok utječu u Vlaški. Lijeve pritoke su Grajanski i Švički potoci koji se ulijevaju u južni Krbunski potok. Ukupna duljina Raše je 23 km, a ako se računa i gornji tok Letanskog potoka ukupna duljina je oko 35 km. Ušće je u 12 km dugom Raškom zaljevu, koji je zapravo morem potopljeni dio doline Raše.

Boljunčica izvire južno od Lupoglava. Desetak kilometara nizvodno u nju se ulijeva Rušanski potok koji sa sobom nosi bujične vode s obronaka Učke. Nakon spajanja ova dva toka, 1970. g. sagrađena je brana Letaj visine 35 m i širine 90 m, koja je izvorno trebala štititi 85 hektara obradive površine od poplava, međutim nikad nije profunkcionirala u potpunosti (URL2). Na donjem toku nalazi se meliorirano Čepićko polje, gdje kanale za navodnjavanje puni Boljunčica. Boljunčica na jugu polja ponire u umjetno izgrađen tunel koji vodi do Plominskog zaljeva. Samo u vrijeme najviših voda Boljunčica se prirodno spaja s Rašom, dok je u ostalim slučajevima iskanalizirana do Vlaškog potoka.



Slika 1: Geografski položaj istraživanog područja

2.2. Geomorfološki položaj

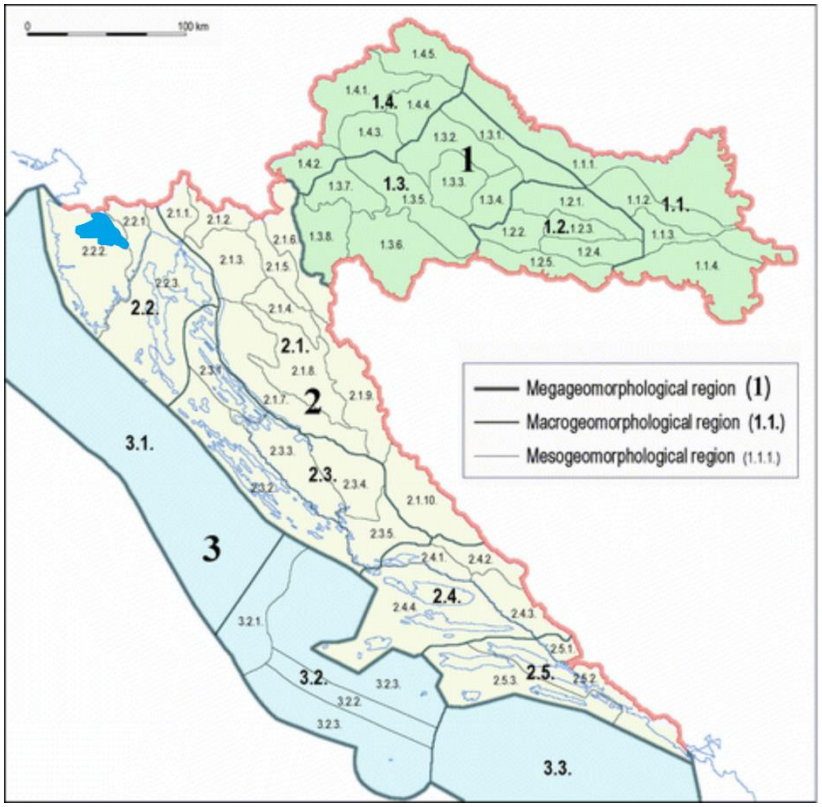
Geomorfološki položaj područja predstavlja njegov položaj u geomorfološkoj regionalizaciji Hrvatske (Bognar, 2001). Prema toj regionalizaciji (Sl. 2), područje istraživanog područja se svrstava u sljedeće kategorije:

Megamakrogeomorfološka regija – Dinarski gorski sustav

Makrogeomorfološka regija – Istarski poluotak s Kvarnerskim primorjem i arhipelagom

Mezogeomorfološka regija – Južnoistarska zaravan s Istarskim pobrđem

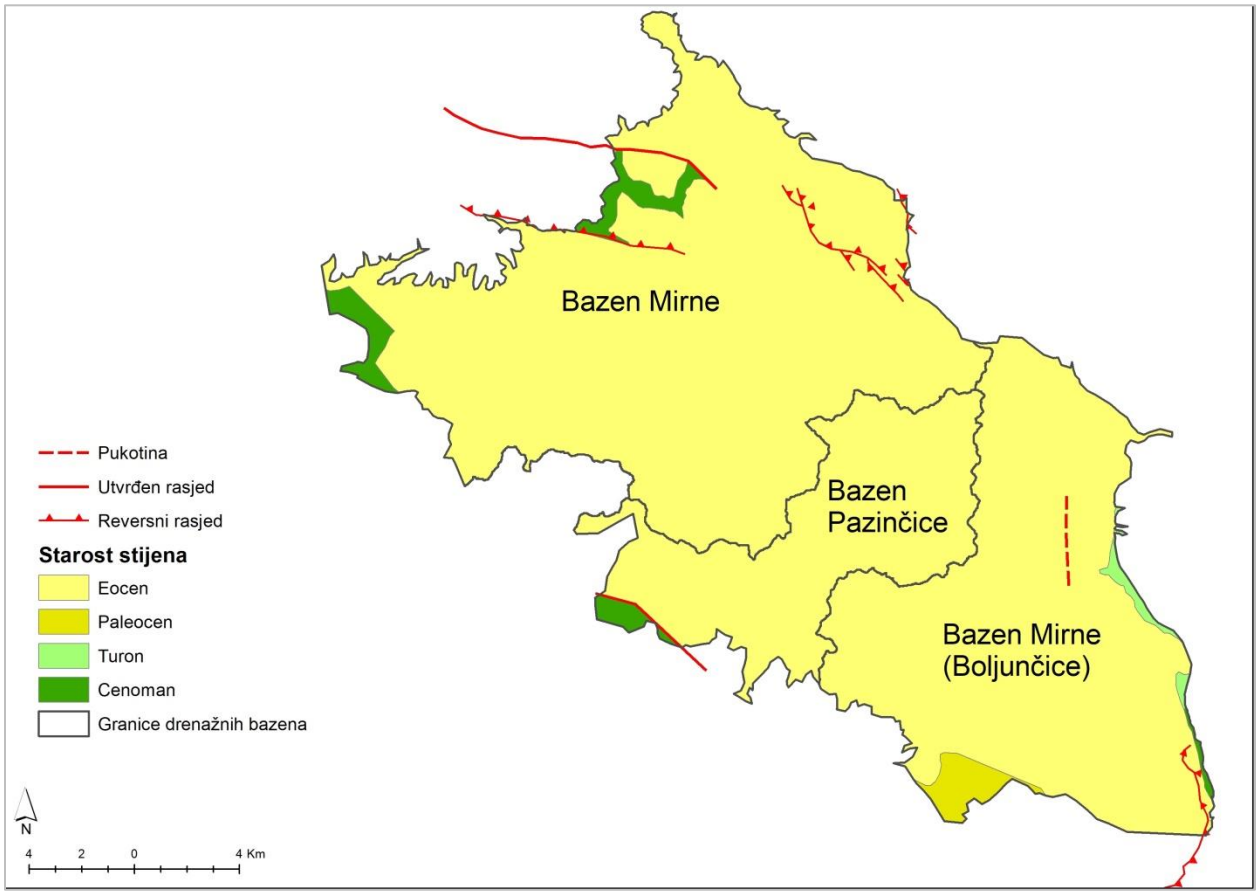
Subgeomorfološka regija – Istarsko pobrđe



Slika 2: Geomorfološki položaj istraživanog područja (plavo) prema geomorfološkoj regionalizaciji Hrvatske (Bognar, 2001.)

2.3. Geološka obilježja

Za prikaz geološke građe istraživanog područja, korištene su Osnovne geološke karte i njihovi odgovarajući tumači u izdanju Saveznog geološkog zavoda Beograd. Geološke karte i tumači relevatntni za područje ovog istraživanja jesu Ilirska Bistrica (Šikić i dr., 1967), Trst (Babić i dr., 1965 – karta; Pleničar i dr., 1965 - tumač), Rovinj (Polšak i Šikić, 1963) i Labin (Šikić i dr., 1963).



Slika 3: Geološka građa i tektonika (prema Polšak i Šikić, 1963, OGK Rovinj; Šikić i dr., 1967, OGK Ilirska Bistrica,; Babić i dr., OGK Trst, 1965; Šikić i dr., 1963, OGK Labin)

Prostor istraživanja nalazi se na prostoru „Sive Istre“, odnosno eocenskog flišnog bazena (Gulam i dr., 2014). Flišna sedimentacija odvijala se u periodu od eocena do oligocena, na području Pazinskog sinklinorija.

Gotovo cijeli prostor je izgrađen od paleogenskih naslaga (žuta boja na Sl. 3). Kredne naslage (zelena boja na Sl. 3) grade podlogu preko čijih različitih članova su transgresivno taloženi različiti članovi paleogena. Gornji liburnijski slojevi sastoje se od gustih, homogenih,

tamno do svjetlo smeđih vapnenaca. Negdje su pločasti do škriljavi, negdje dobro uslojeni, a javljaju se u izmjeni s brečastim vapnencima. Na sjevernom i sjeverozapadnom dijelu kredne naslage izlaze na površinu kao naslage cenomana. Javljaju se u uskim zonama na dubokim dolinama. To su mikrozrnati i grumulozni vapnenci, a kršje je različitih dimenzija.

Od paleogenskih naslaga mogu se pronaći foraminiferske naslage, iako samo kao uske trake na obodima bazena. Tu se nalaze alveolinski vapnenci, većinom smeđe boje i nepravilnog loma. Trošenjem se raspadaju pločasto, crijepoliko i u kršje. U gornjem dijelu su čvršći i tvore krševito tlo. Slojevitost im je slaba. Debljina im ne prelazi 30 m. Iz alveolinskih vapnenaca postepeno se razvijaju numulitni vapnenci. Oni su najčešće smeđi, ponekad žućkasti i sivi, a u gornjem djelu brečasti vapnenci. Stijene su homogenije i kompaktnije od alveolinskih te su nepravilnog loma, a debljina im je jednaka. Ove stijene označavaju kraj sedimentacije paleogenskih naslaga. Talože se kontinuirano na foraminiferskim vapnencima.

Flišne i fliškolike naslage su sastavljene od breča, konglomerata, pješčenjaka, lapora, glinovitih lapora i glina. Pripadaju srednjem eocenu. Lapori fliškolikih naslaga dolaze zajedno s pjeskovitim laporima, a boja im je zelenkasta, siva i žućkasta. Lapori i flišne naslage protežu se od Tršćanskog zaljeva do hrpta Učke na istoku (Benac i dr., 2017). Položaj njihovih slojeva je horizontalan, što ukazuje na slabu tektonsku poremećenost. Takve su stijene podložne brzoj razgradnji i izrazito su erodibilne.

Velika paleogenska depresija središnje Istre proteže se od Tršćanskog zaljeva, preko Umaga, Pazina do Plomina na jugu. Ona je dugačkom krednom pregradom (Savudrija-Buzet) podijeljena na dva dijela: Tršćanski i Pazinski bazen. Jedan krak Pazinskog bazena odvaja se u Labinski, odnosno bazen rijeke Raše. S istočne strane je ograničena područjem Ćepićkog polja i Učkom. Bušotinama je ustanovljeno da danas naslage Čepićkog polja tvore blagu sinklinalu nagnutu prema Učki, spuštenoj uz sjeverni dio polja i podvučenu pod Učku na njenom južnom dijelu. Ta je struktura formirana istarsko-dalmatinskim i mlađim tektonskim pokretima. Tokom potoka Boljunčice nalazi se istočno krilo sinklinalne depresije.

Kako glavninu stijenske mase tvore flišne naslage, ona je izrazito podložna brzoj razgradnji i eroziji. Tijekom pleistocena i holocena događala se značajna erozija terena izgrađenog od paleogenskih stijena (Benac i dr, 2017). Na otpornijim dijelovima terena

(pješčenjaci, konglomerati, breče) nastala su uzvišenja, a udubljenja su ispunjena erodiranim sedimentima.

Siva boja klastičnih naslaga i bujna vegetacija u bazenu Pazinčice uvjetovali su čest naziv za ovo područje – siva ili zelena Istra.

3. Metode rada

Za istraživanje ovog područja korišteni su podaci digitalnog modela reljefa područja Istarskog poluotoka (DEM), veličine ćelije 25x25.

Uz DEM, korištene su Osnovne geološke karte u mjerilu 1:100 000 u izdanju Saveznog geološkog zavoda Beograd. Geološke karte i tumači relevantni za područje ovog istraživanja su Ilirska Bistrica, Trst, Rovinj i Labin. Autori karte Ilirska Bistrica su Šikić, Pleničar i Šparica, izrađene 1967. godine, a tumača Šikić i Pleničar (1967). Kartu Trst izradili su Babić i dr, 1965. godine, a tumač Pleničar, Polšak i Šikić (1965). Kartu i tumač Rovinj izradili su Polšak i Šikić a izdana je 1963. g.. Autori karte Labin su Šikić, Polšak i Magaš (1963), a tumača Polšak i Šikić (1963). Objašnjenje karata nalazi se u tumačima za pripadajuće listove.

Topografske karte korištene prilikom analize ovog područja su mjerila 1:25 000, u izdanju Vojno-geografskog instituta u Beogradu, izdane između 1971. i 1986. godine. Korištene su u svrhu boljeg uvia u prostor istraživanja te provjere točnosti digitalnog modela reljefa koji uvijek ima određena odstupanja od stvarnog stanja radi grešaka prilikom unosa podataka. Iz tih karata također su preuzeti toponimi tokova, vrhova te se daje uvid u općenito stanje u reljefu.

Za pomoć u određivanju granica prostora istraživanja korišteni su alati za analizu hidroloških značajki nekog područja računalnom analizom digitalnog modela reljefa, koji se nalaze u ArcGIS programu pod *Spatial Analyst Tools*. Pomoću tih alata izdvojeno je područje bazena središnje Istre sa glavnim vodotocima Mirne, Pazinčice, Raše i Boljunčice s pritokama. Svrha korištenja ovih alata je, osim dobivanja drenažne mreže, precizno određivanje granica bazena središnje Istre.

Koristeći digitalni model reljefa, moguće je analizirati opća i specifična morfometrijska obilježja. Morfometrija predstavlja kvantitativnu analizu reljefa kojom se utvrđuju razni veličinski parametri istraživanog područja. Opća morfometrijska obilježja koja su opisana u

ovom radu su hipsometrija, nagib padina, raščlanjenost reljefa i ekspozicija. Hipsometrijska karta je prikaz područja prema visinskim razredima. Nagib padina (kut koji padina zatvara s horizontalnom ravninom) određen je alatom *slope*. Vertikalna raščlanjenost reljefa (visinska razlika najniže i najviše točke na jedinici površine) određena je alatom *focal statistics*. Ekspozicija padina (orijentacija padine s obzirom na strane svijeta) određena je alatom *aspect*.

Specifična morfometrijska obilježja su obilježja drenažne mreže. Da bi se generirala drenažna mreža, potrebno je dobiti određene podatke iz digitalnog modela reljefa. Izrada započinje korištenjem funkcije *fill* u Hydrology dijelu Spatial Analyst Tools-a. Nakon toga, primjenjuje se funkcija *flow direction* čiji je ishod prikazati smjer kojim se kreće tekućica. Moguće je otjecanje u osam smjerova prema stranama svijeta. Slijedi *flow accumulation* čiji je rezultat raster akumulacije svake ćelije, odnosno vrijednost svake ćelije predstavlja broj ćelija koje se akumuliraju u njoj. Zatim su određene *pour points*, odnosno točke najvećeg otjecanja s određenog područja. S obzirom da se na ovom području promatraju tri veća toka, izdvojene su tri točke, na završnim pikselima svakog toka. Nakon što su određene točke najvećeg otjecanja, korišten je alat *watershed*. Taj alat, koji s obzirom na točke najvećeg otjecanja i akumulacije vode, određuje porječje određenog toka. Time se u konačnici formira istraživani prostor. Nastaju tri bazena s glavnim tokovima Mirnom, Pazinčicom i Rašom i njihovim pritokama.

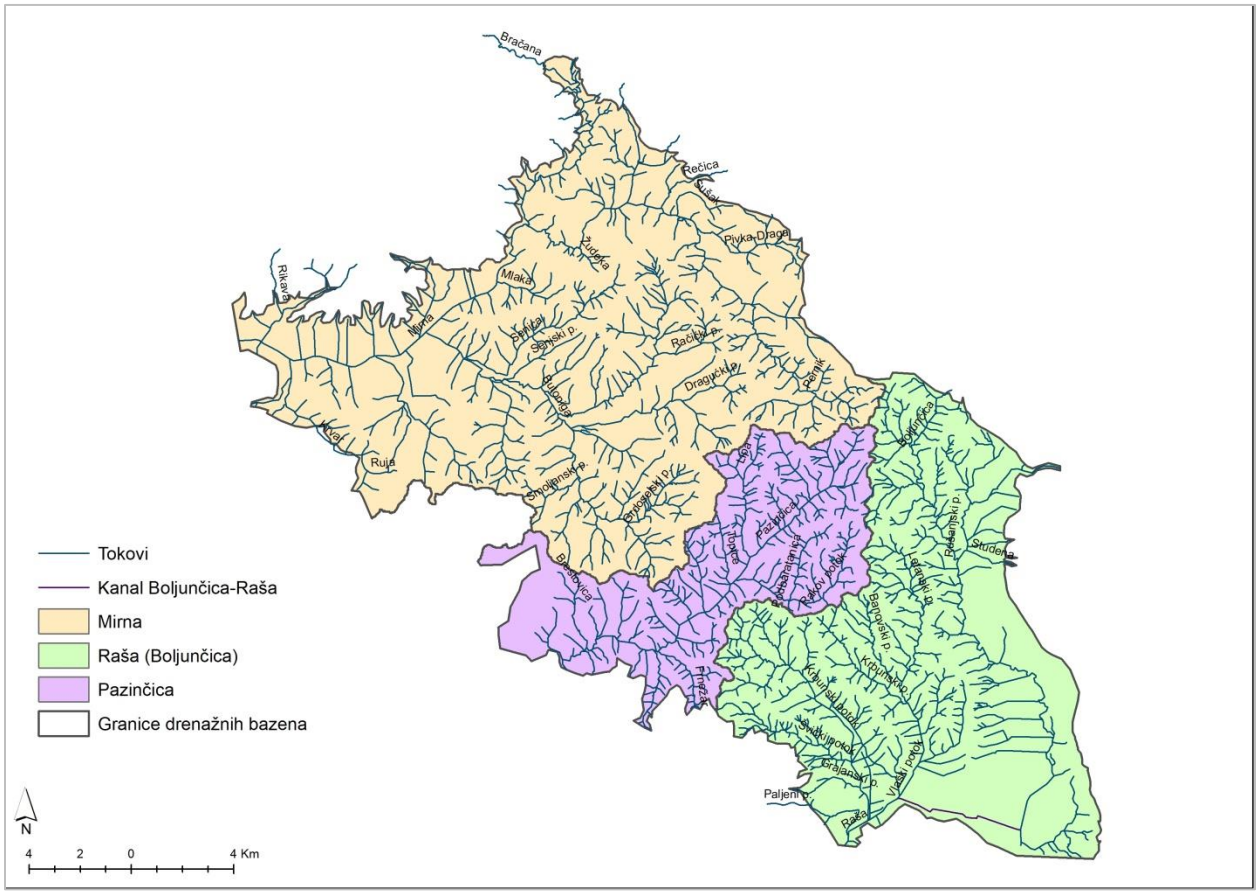
Nakon usporedbe drenažne mreže nastale alatom *flow accumulation* i stanja na terenu prema TK25, uviđena je nepodudarnost u određenoj mjeri. Sukladno tome, svi su tokovi vektorizirani kako bi odgovarali stanju na TK25. Potom je ta vektorizirana drenažna mreža analizirana Strahlerovom metodom klasifikacije tokova funkcijom *Stream order*. Navedenu klasifikaciju su osmislili R. Horton (1945) i A.N. Strahler (1957; prema Marković, 1983), a temelji se na hijerarhiji da dva toka prve kategorije daju tok druge kategorije, dva druge daju tok treće itd (Kvetek i Bočić, 2015.).

Potom je napravljena analiza gustoće drenažne mreže alatom *Kernel density*. Za površinu susjedstva odabran je radijus od 1 km².

Za izračun koeficijenta korelacije gustoće drenažne mreže s obilježjima opće morfometrije, korišteni su alati *Block statistics* i *Values to point*. Radijus susjedstva iznosi 1 km².

4. Rezultati

Računalnom analizom digitalnog modela reljefa te vektorizacijom tokova, utvrđeni su glavni tokovi i njihovi pripadajući bazeni. To su bazen Mirne, Pazinčice i Raše, odnosno Boljunčice (Sl. 4). Bazen Raše i Boljunčice određen je kao jedan, iz razloga što je Boljunčica rijeka ponornica koja se kanalizira u Rašu na području Čepićkog polja gdje i ponire (Sl. 4), te koje je isto obuhvaćeno u tom bazenu.



Slika 4: Drenažni bazeni i pripadajući tokovi

Granice područja određene su kombinacijom računalne analize digitalnog modela reljefa i prostora gdje se nalazi fliš u Istri. Najprije je određena približna granica istraživanog područja koje se istraživalo, a nakon što se izvela analiza hidroloških karakteristika tog prostora, odlučeno je odrediti granice kakve su prikazane u radu. Na ovom se prostoru javlja najveći broj tokova koji su utjecali na oblikovanje reljefa. Tip reljefa je fluviodenudacijski i fluvijalni.

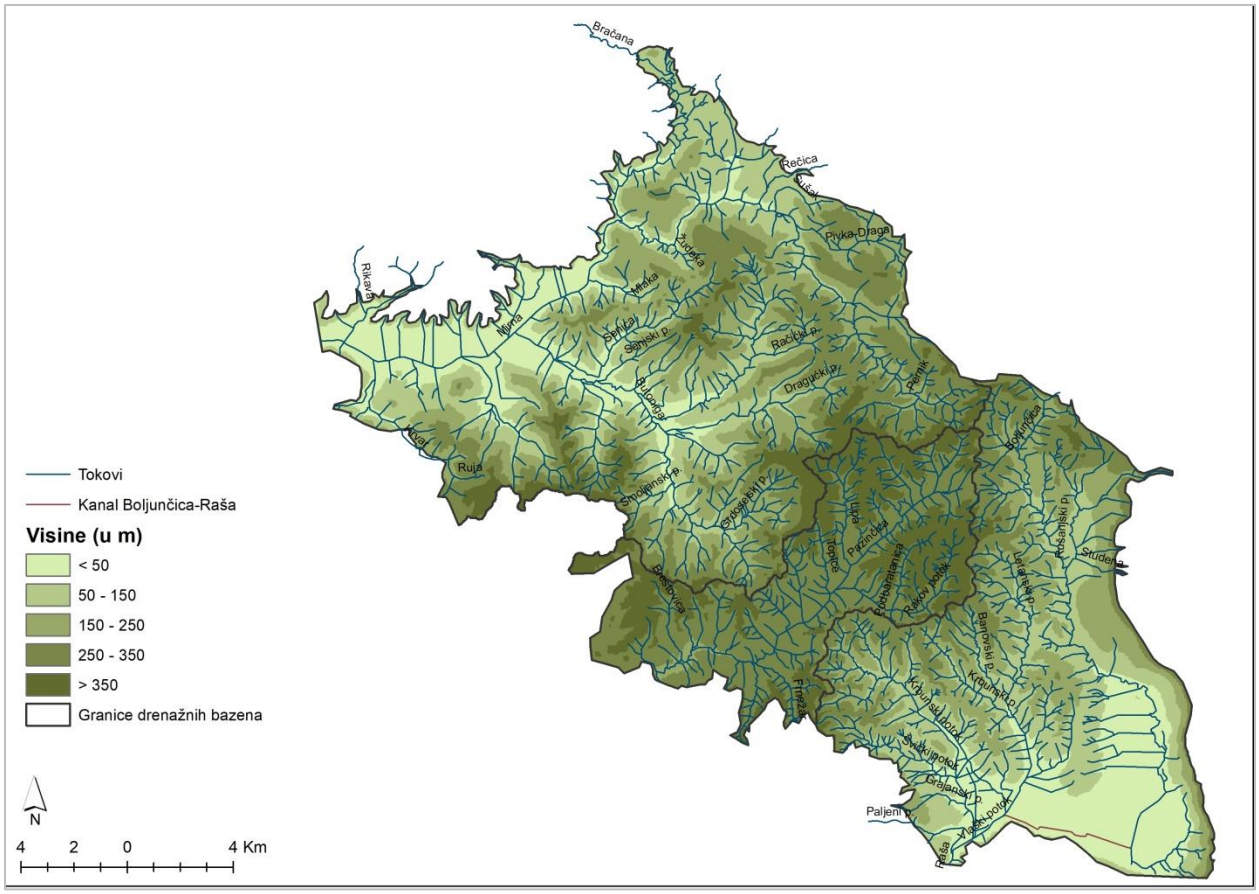
U ovako oblikovanim granicama istraživanog prostora tokovi Pazinčice i Boljunčice teku cijelom svojom dužinom do svojih ponora. Bazeni Mirne i Raše obuhvaćaju dotične tokove do određene granice, a ne u cijelosti. Razlog tome je prelazak u nizinske dijelove istarskog poluotoka, gdje dominira drugačiji tip stijenske podloge i morfogenetski tip reljefa.

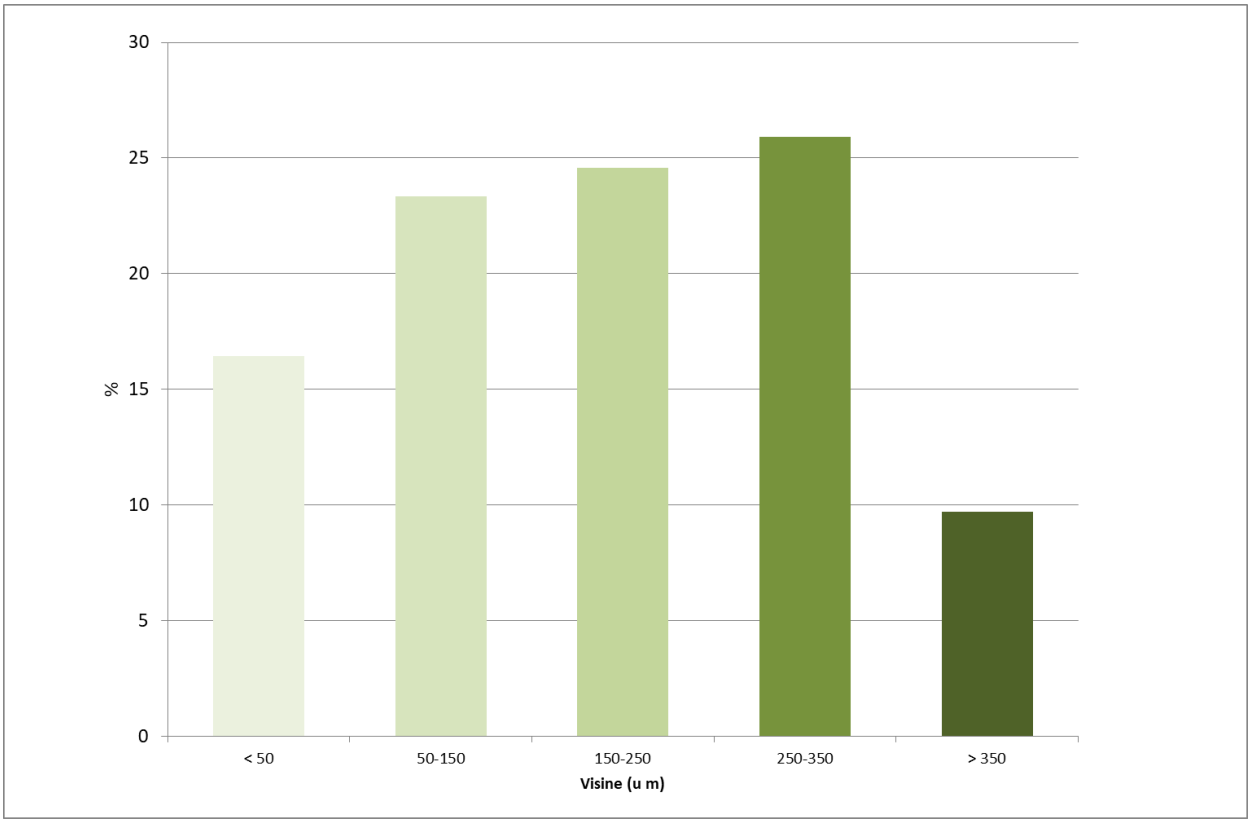
4.1. Opća morfometrijska obilježja reljefa

4.1.1.Hipsometrija

Hipsometrija je skup postupaka i metoda kojima se analiziraju visinska obilježja reljefa. Hipsometrijske značajke nekog prostora su važan pokazatelj reljefne strukture, te su korisne u kombinaciji s ostalim morfometrijskim pokazateljima prilikom uočavanja mogućnosti iskorištavanja prostora za razne potrebe (Lozić, 1996). Reljef se po visini može svrstati u sljedeće kategorije:

0 – 200 m	Nizinski reljef
200 – 500 m	Brežuljkasti reljef
500 – 1500 m	Sredogorja
> 1500 m	Visokogorski reljef


Bračana
Rečica
Sušak
Pivka-Draga
Žrnovka
Mlinica
Mlinica
Rikavac
Mlinica
Mlinica
Rječica
Rječica
Rječ



Slika 6: Udio visinskih razreda (u %) u ukupnoj površini

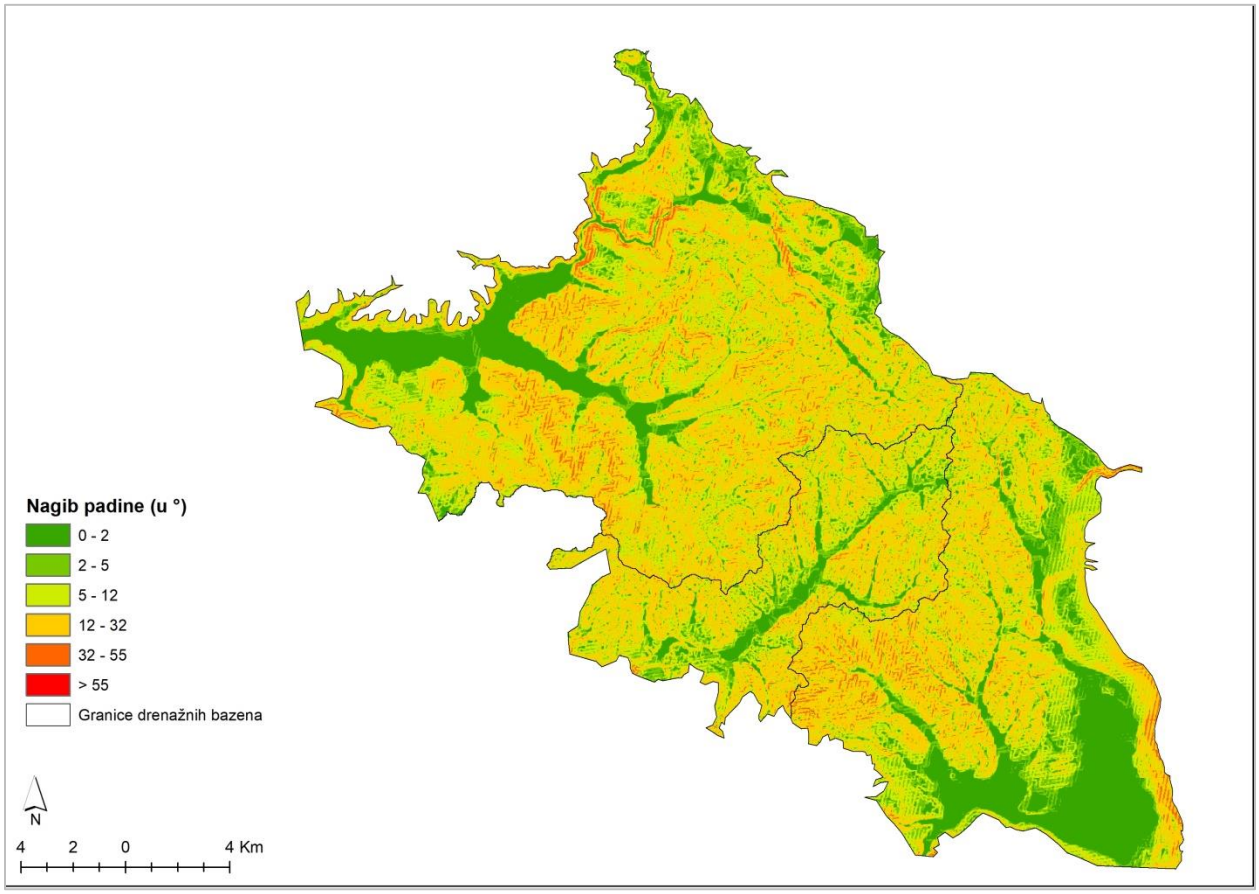
Istraživani prostor odlikuje se umjerenim nadmorskim visinama (Sl. 5, 6). Visine do 350 m su uglavnom zastupljene u sličnom udjelu: najniži razred do 50 m nadmorske visine čini 16, 44 %, visine od 50 do 150 m čine 23,36 %, razred od 150 do 250 m visine čini 24,57 % te visine od 250 do 350 m zastupljene su sa 25,91 %. Najviše visine, iznad 350 m, zauzimaju 9,71 % površine i ujedno i najmanje. Najviša točka iznosi 501 m (vrh Stari draguč u središnjem dijelu područja), a najniže točke nalaze se u Čepićkom polju na jugu područja, gdje se nalaze iskanalizirani tokovi Boljunčice i gornjih pritoka Raše. Niske dijelove predstavlja i iskanalizirana dolina rijeke Mirne na sjeverozapadu, dok je tok Pazinčice usiječen u više stijene. Središnji dio prostora predstavlja i najviši dio.

4.1.2.Nagib padina

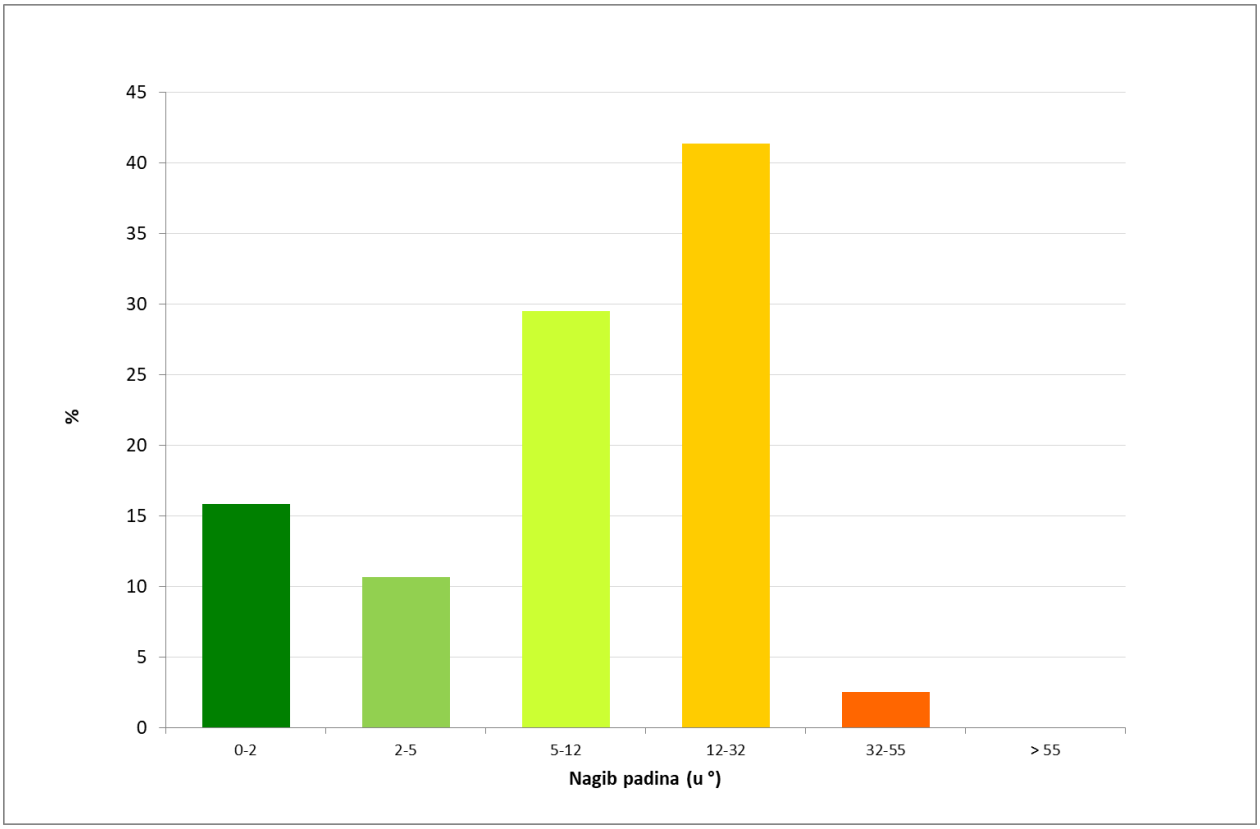
Nagib padine je kut koji padina zatvara s horizontalnom ravninom (Lozić, 1996). Ukazuje na morfostrukture i geomorfološki je pokazatelj dominantnih egzogenih procesa i

njihovih intenziteta, a izražava se u stupnjevima. Univerzalna kategorizacija koja se primjenjuje za određivanje nagiba je sljedeća (određeno od IGU; prema Lozić, 1996):

0° - 2°	Prostor bez nagiba, zaravnjen prostor, kretanje masa se ne opaža
3° - 5°	Slabo (blago) nagnut teren, blago spiranje
6° - 12°	Nagnut teren, pojačano spiranje i kretanje masa
13° - 32°	Značajan nagib, snažna erozija, spiranje i izrazito kretanje masa
33°- 55°	Strmi teren, destrukcija
> 55°	Litice, strmci, eskarpmani; urušavanje



Slika 7: Nagib padina



Slika 8: Udio razreda nagiba padina (u %) u ukupnoj površini

Na istraživanom području mogu se uvidjeti svi razredi nagiba (Sl. 7, 8). Zaravnjen prostor nalazi se u područjima dolina Mirne, Pazinčice i Boljunčice i Čepićkom polju. Ta područja uglavnom okružuju dijelovi sa slabim ili blago nagnutim terenom, a negdje i nagnutim terenom. Najmanji udio čine strmci koji se nalaze na području uz Učku i na strmijim stranama bazena Mirne.

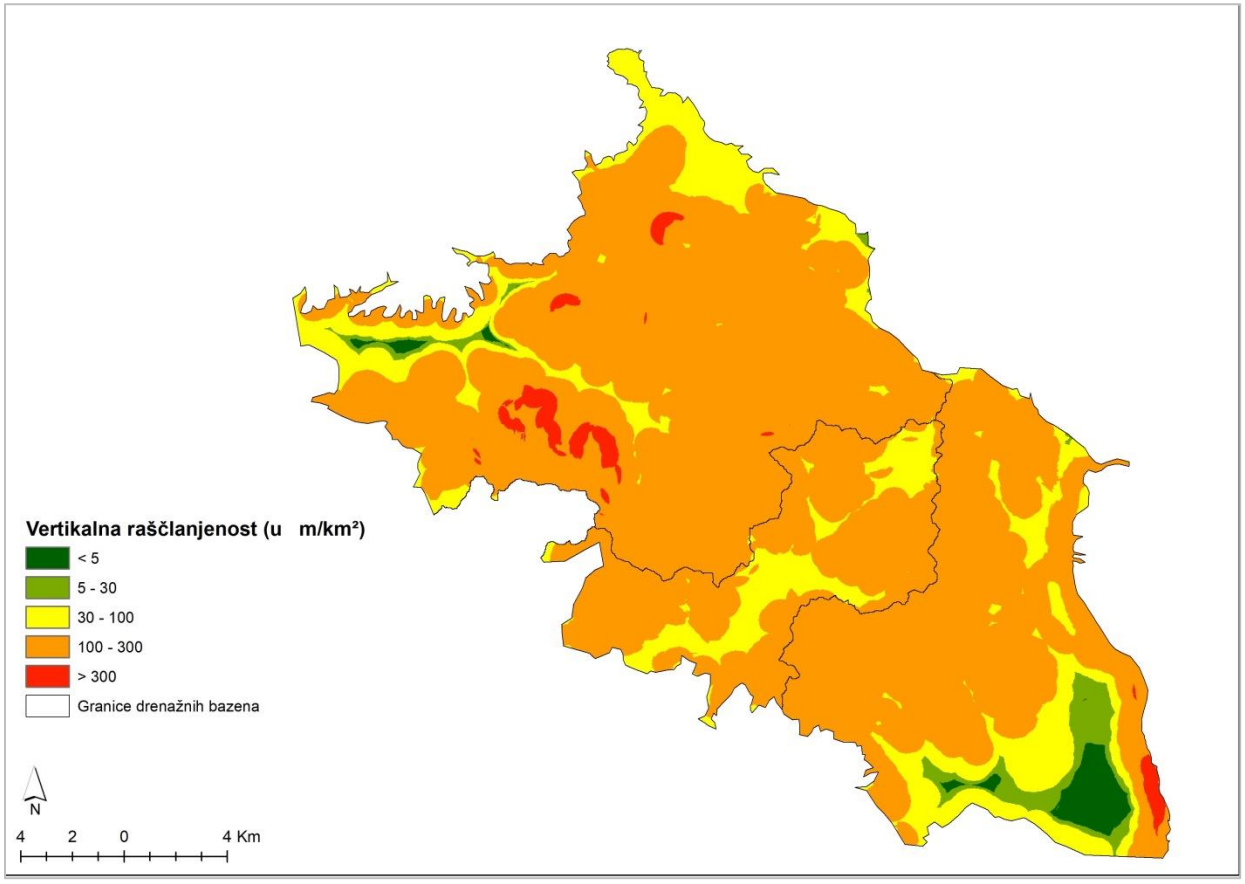
Nagibi padina prate orografsku strukturu prostora. Najmanji nagib, manji od 2°, čini 15,87 % ukupne površine i preklapa se s najnižim dijelovima terena (Sl. 7, 8). To su Čepićko polje na jugu, tok Boljunčice, Krbunskog, Vlaškog i Letanskog potoka koji se spajaju u rijeku Rašu na jugu; cijeli tok Pazinčice, njene pritoke Rakov potok, Lipa, Frnežar, Brestovica; (gotovo) cijeli tok Mirne i pritoke Draga i Bračana. Jasno se vidi i pritoka Butoniga i mjesto gdje je istoimeno umjetno jezero u koje utiču Grdoselski, Dragućki i Račićki potok.

Najveći udio prostora zauzimaju nagibi od 12-32° (41,39 %).

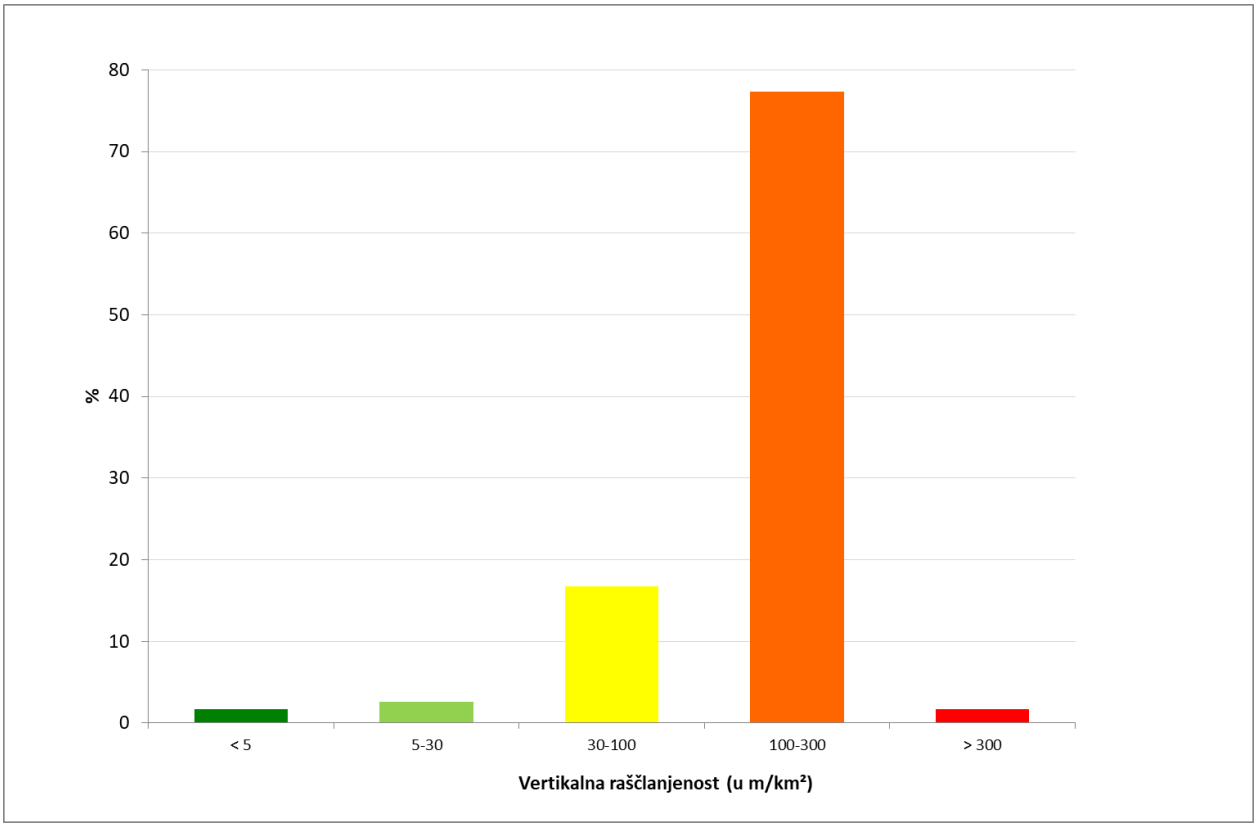
4.1.3.Vertikalna raščlanjenost

Vertikalna raščlanjenost predstavlja visinsku razliku najniže i najviše točke na jedinici površine (Lozić, 1995). Označava se mjernom jedinicom m/km². Standardne kategorije raščlanjenosti reljefa Repubike Hrvatske (Gams i dr. 1981, prema Lozić, 1995) jesu:

0 – 5 m/km²	Zaravnjen reljef - nizine
5 – 30 m/km²	Slabo raščlanjene ravnice
30 – 100 m/km²	Slabo raščlanjen reljef
100 – 300 m/km²	Umjereno raščlanjen reljef
300 – 800 m/km²	Izrazito raščlanjen reljef
> 800 m/km²	Izuzetno reščlanjen reljef



Slika 9: Vertikalna raščlanjenost



Slika 10: Udio razreda vertikalne raščlanjenosti (u %) u ukupnoj površini

Na ovom području prevladava umjereno raščlanjen reljef (Sl. 9, 10). Više od 70 % (77,38%) ovog prostora pripada tom razredu. Raščlanjenost od 30 do 100 m/km² je razred s drugim najvećim postotkom udjela u površini sa 16,70 %. Te vrijednosti pojavljuju se nastavno na najmanje i prate uglavnom glavne tokove. Ostali razredi ne predstavljaju velik postotak u ukupnoj površini. Najmanji udio (1,64 %) čini raščlanjenost do 5 m/km² i ona preko 300 m/km² (1,66 %), odnosno najmanja i najveća raščlanjenost. U nizinama Mirne i na Čepićkom polju prevladavaju nizine, odnosno zaravnjen reljef. Na manjem dijelu istraživanog područja može se primjetiti izrazito raščlanjen reljef, i to na jugoistočnom dijelu gdje se reljef počinje izdizati prema Učki i na rubovima bazena Mirne, gdje se nalaze strmije stijene.

4.1.4.Ekspozicija padina

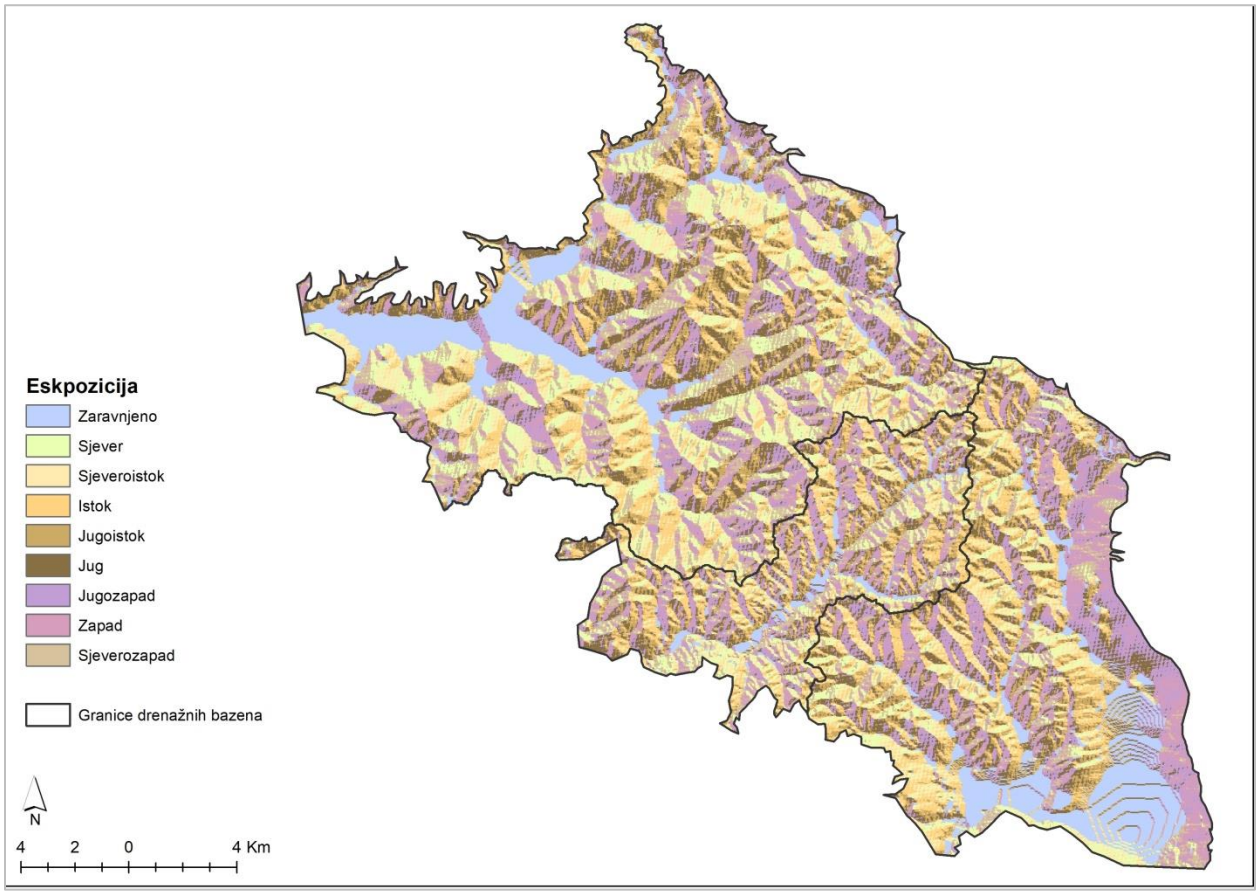
Ekspozicija padine označava njenu orijentaciju s obzirom na strane svijeta. Kut orijentacije se određuje od smjera sjevera u smjeru kazaljke na satu. (Radoš i dr., 2012) Utjecaj

ekspozicije padina na geomorfološke procese je važan jer „različito eksponirane padine primaju različitu količinu kratkovalnog zračenja, što utječe na karakteristike klimatskih elemenata kao egzogeno-geomorfološkog agensa“ (Radoš i dr., 2012) Opća pogodnost ekspozicije dijeli se na:

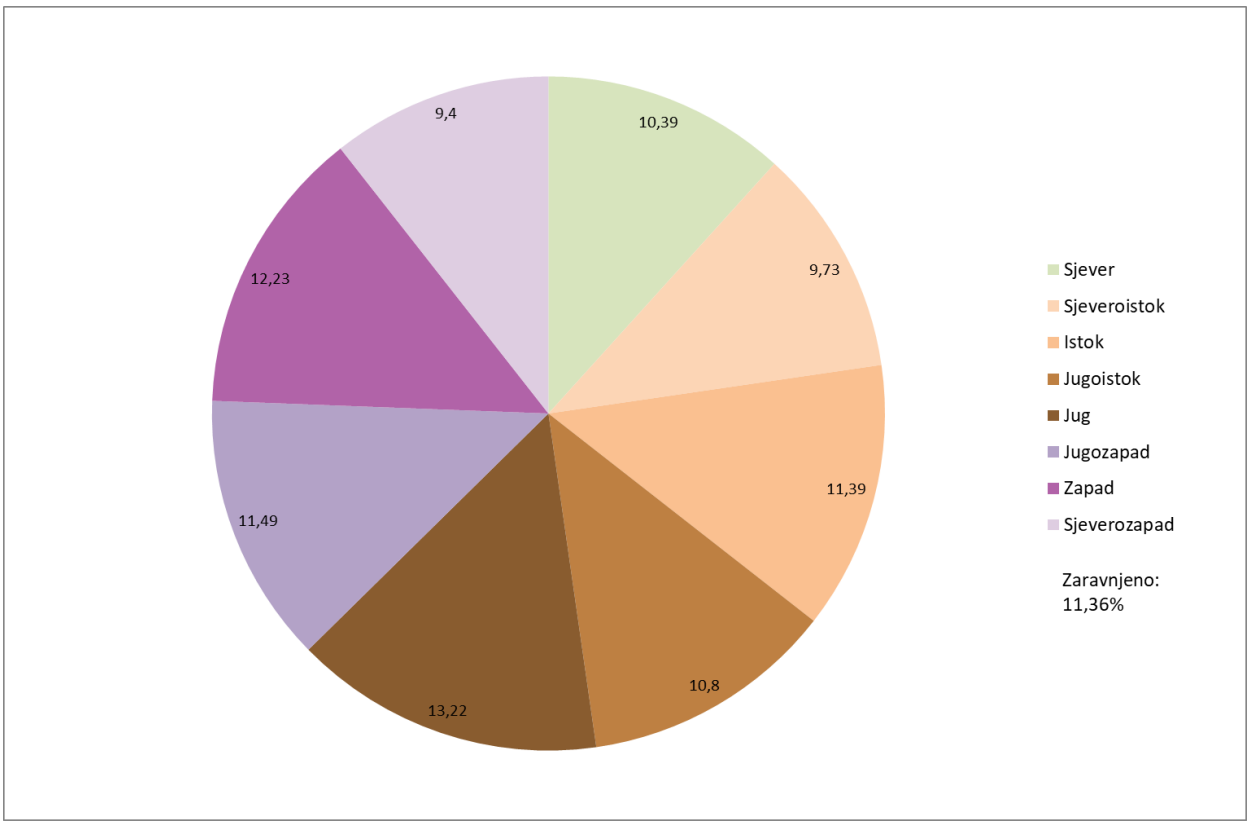
Sjever	hladna ekspozicija
Sjeveroistok, sjeverozapad	umjereno hladna ekspozicija
Istok, zapad	neutralna ekspozicija
Jugoistok, jugozapad	topla ekspozicija
Jug	vrlo topla ekspozicija

Zaravnjena područja

(prema Radoš i dr., 2012)



Slika 11: Ekspozicija padina



Slika 12: Udjeli razreda ekspozicije padina (u %) u ukupnoj površini

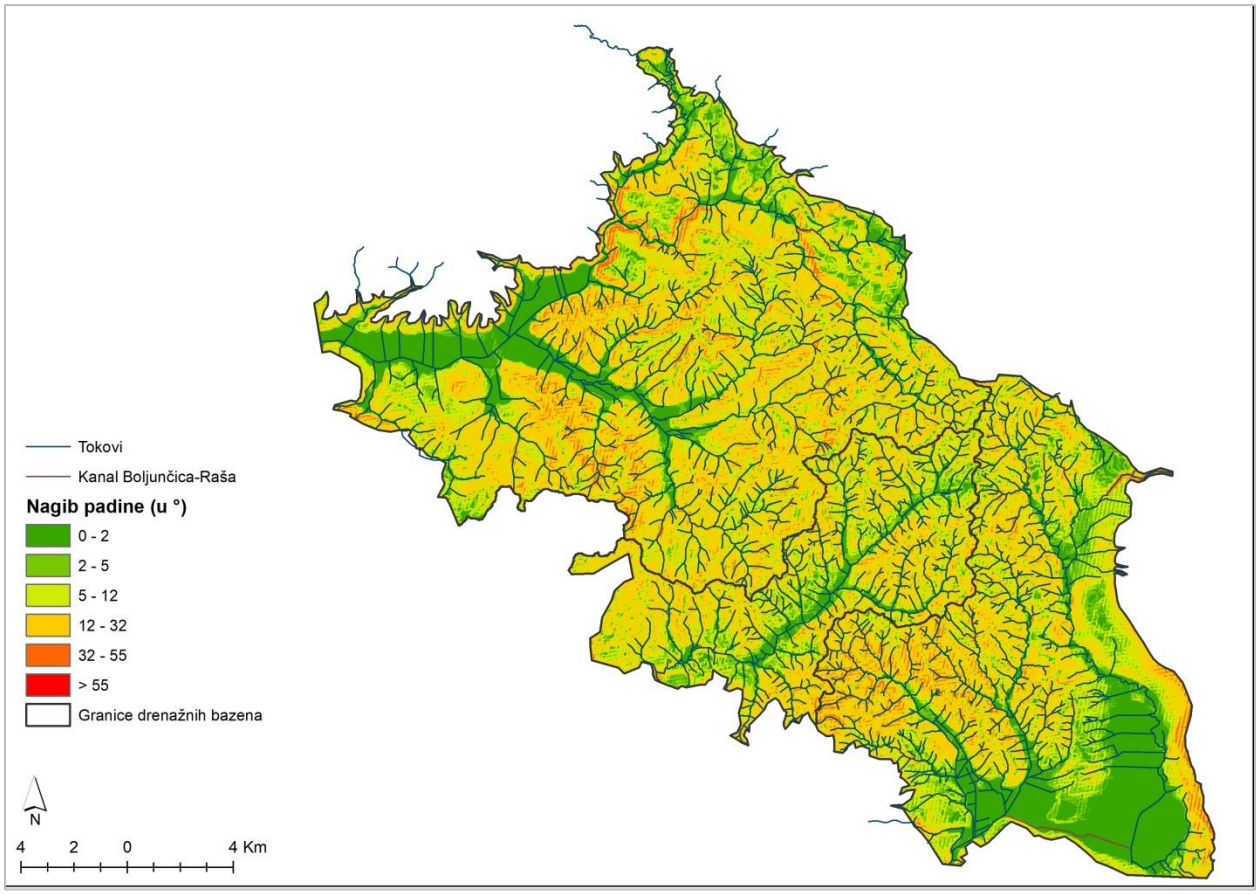
Područja bez ekspozicije ili zaravnjena područja nalaze se na području dolina toka Mirne i njenim pritokama, na Čepićkom polju te manjim dijelovima Pazinčice i pritoka Raše (Sl. 11). Dijelovi koji se spuštaju od Učke na jugoistoku i istoku orijentirani su prema jugozapadu i zapadu. Svi su razredi ekspozicije zastupljeni u približno istom omjeru (Sl. 12).

4.2. Specifična morfometrijska obilježja

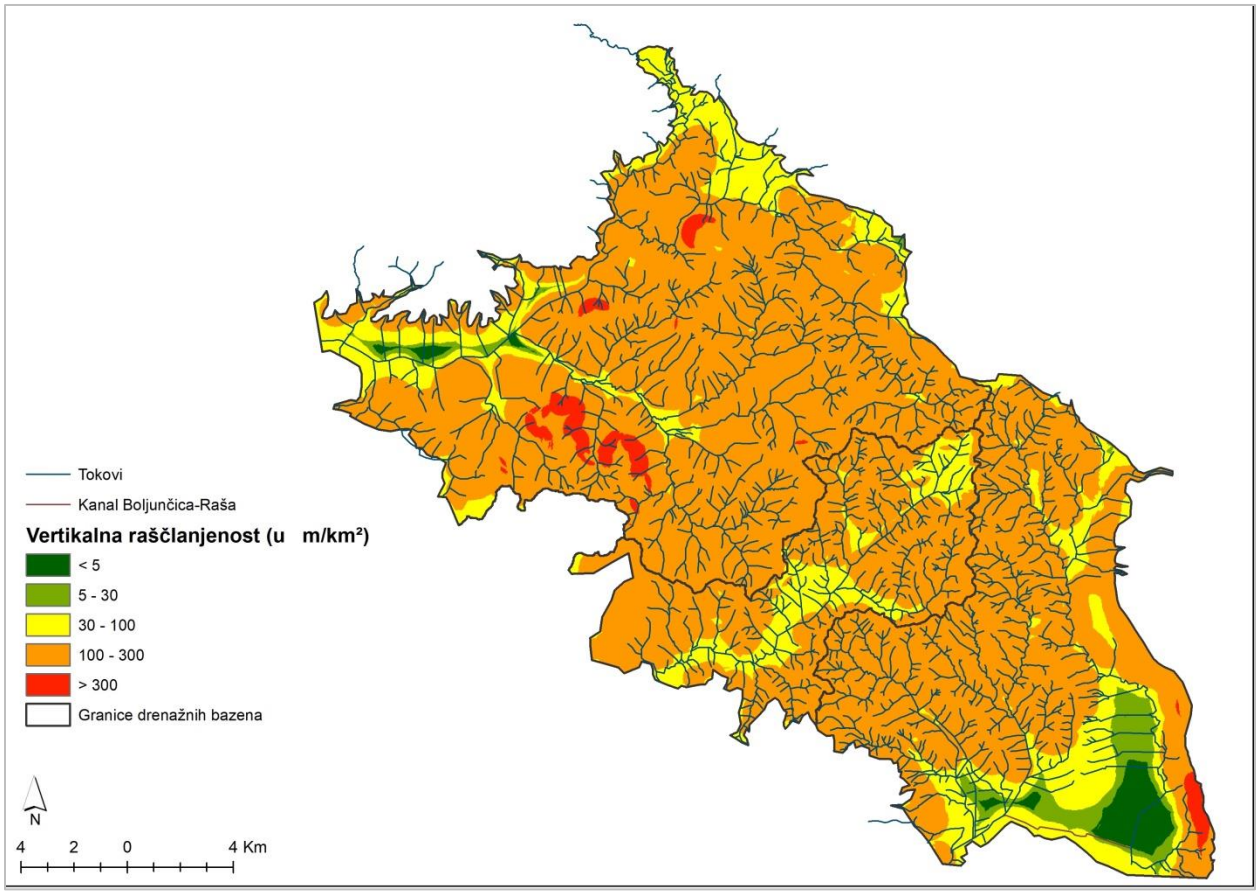
Bazen Mirne ima površinu 376,20 km². Rijeka Mirna predstavlja najduži tok na istraživanom prostoru (Sl. 4) te od izvora do granice područja mjeri duljinu od 35 km, a ukupna duljina je 53 km. Bitnije pritoke su Bračana (14 km), Butoniga (7 km), Rikava (4 km) i Krvar (6 km). Na donjem toku Butonige izgrađeno je umjetno jezero istog imena, u koji se ulijevaju Grdoselski (10 km), Dragućki (8 km) te Račićki potok (8 km).

Površina bazena Pazinčice iznosi 123,94 km². Pazinčica je tok dugačak 16 km, a važnije pritoke su Rakov potok (7 km), Lipa (5 km), Frnežar (3 km) i Brestovica (4 km).

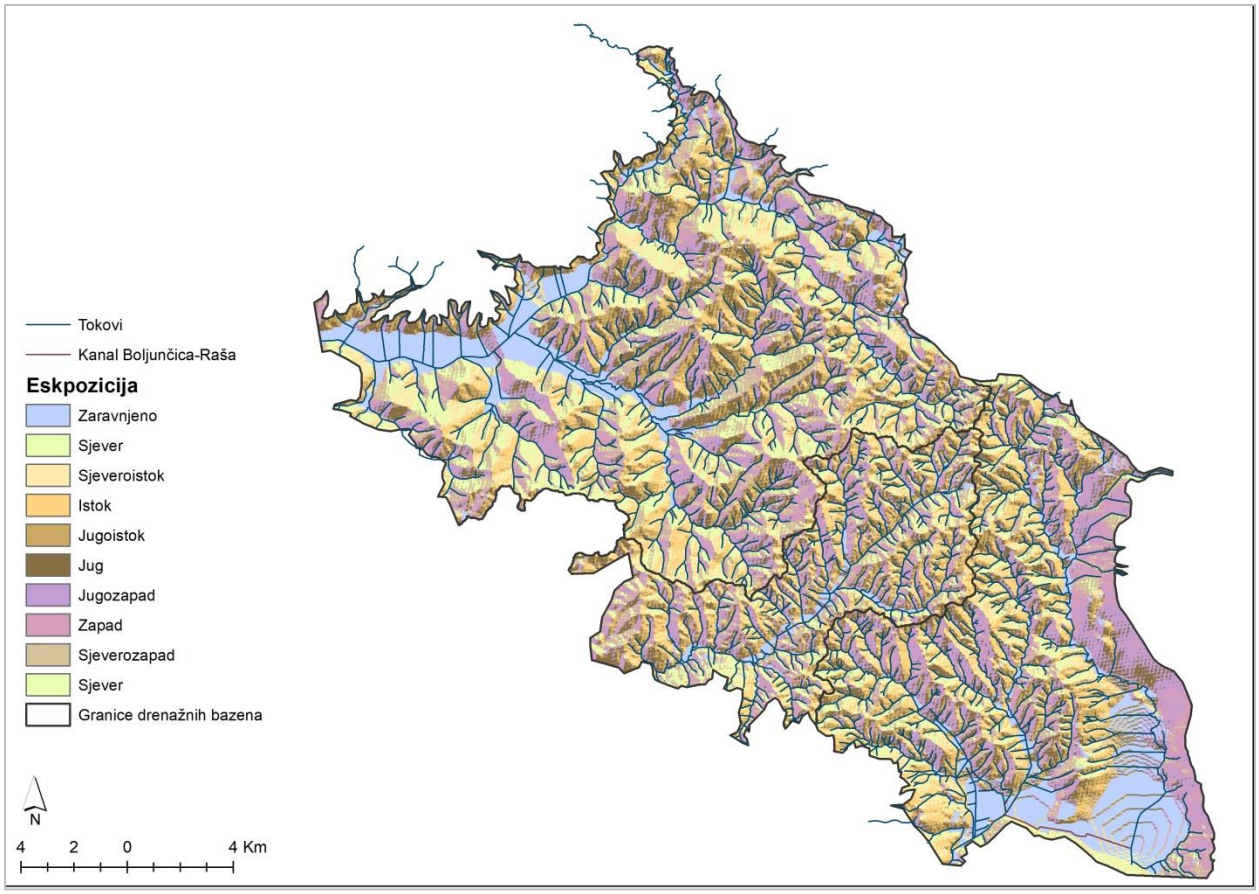
Bazen Raše (Boljunčice) ima površinu od 247,37 km². Rijeka Raša u istraživanom prostoru broji samo 1 km, ali je značajan tok jer se u nju ulijevaju Krbunski potok (11 km), Vlaški potok (6 km) i Letanski potok (9 km) te mnogi drugi manji tokovi. Ukupna duljina rijeke Raše do ušća je 23 km. Tok Boljunčice dug je 26 km, s jedinom značajnijom pritokom, Rušanjskim potokom (6 km).



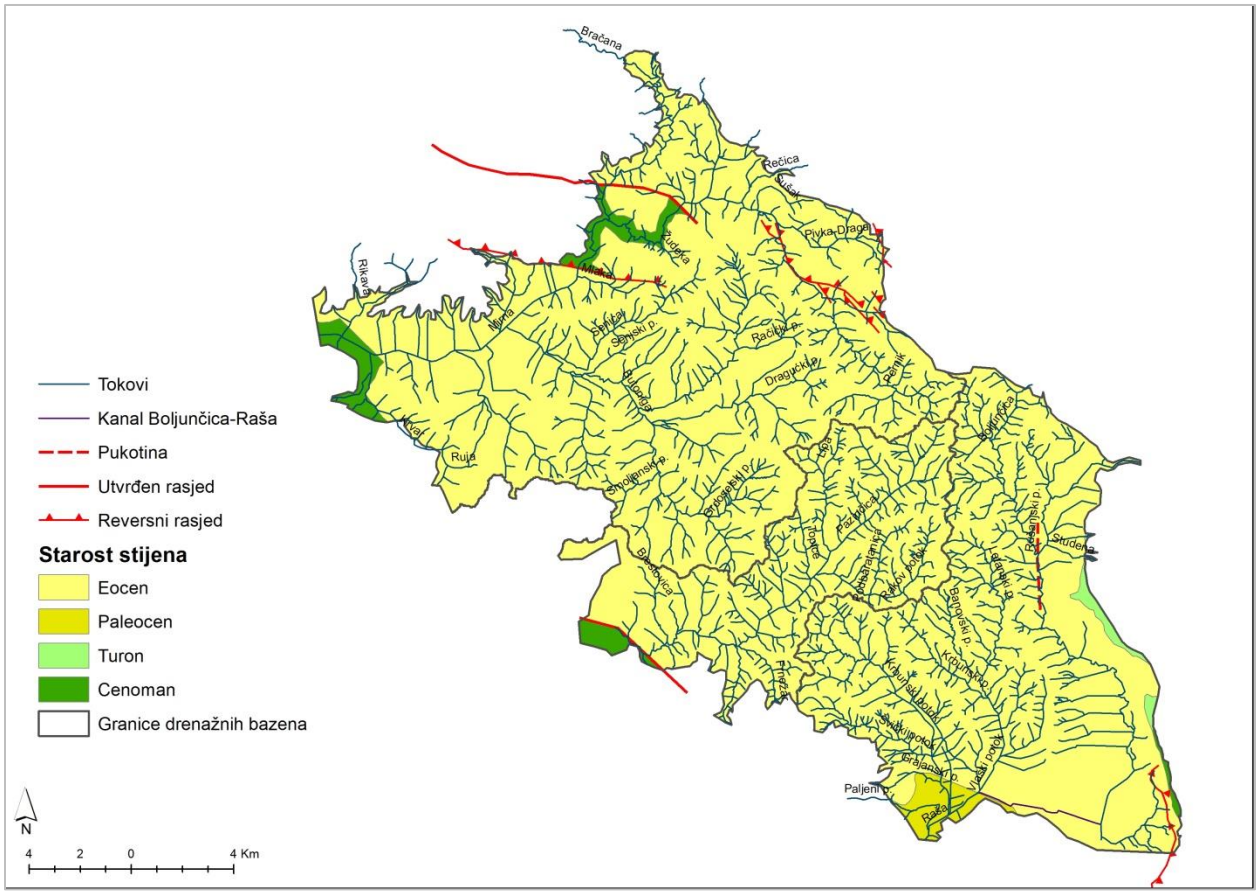
Slika 13: Nagib padine i drenažna mreža



Slika 14: Vertikalna raščlanjenost i drenažna mreža



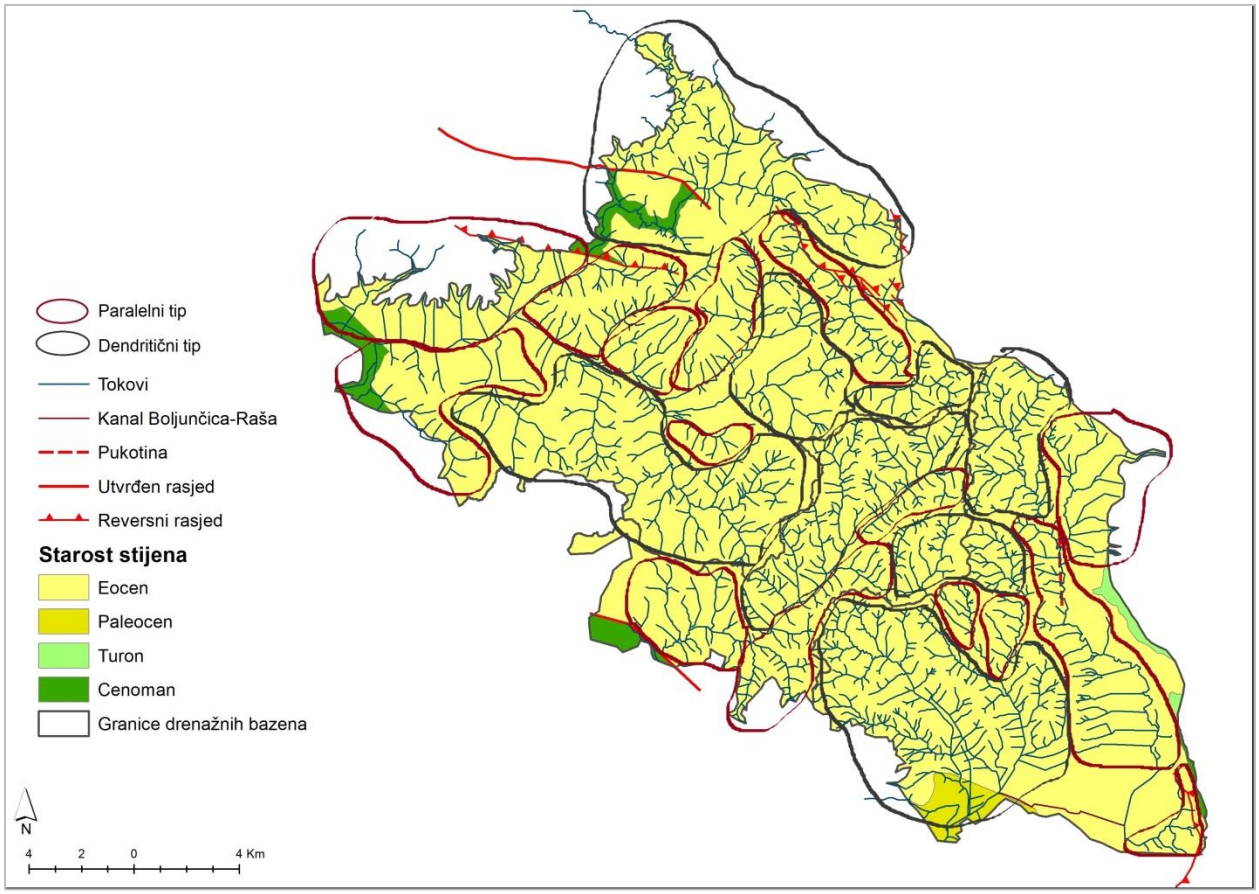
Slika 15: Ekspozicija i drenažna mreža



Slika 16: Geološka građa i tektonika i prikaz tokova (prema Polšak i Šikić, 1963, OGK Rovinj; Šikić i dr., 1967, OGK Ilirska Bistrica,; Babić i dr., OGK Trst, 1965; Šikić i dr., 1963, OGK Labin)

Ukupna duljina drenažne mreže iznosi 976 km, a broji 1 212 tokova.

Svaki bazen obilježava njegova drenažna mreža koju čine glavni tok i sve njegove pritoke. Drenažna mreža može biti geometrijski raznolika, s obzirom na prostorni raspored tokova, njihovu orijentaciju i duljinu. Ta raznolikost ovisi o veličini i nagibu bazena, tektonskim pokretima, ali najviše o geološkoj strukturi. Na istraživanom području mogu se utvrditi dva tipa drenažne mreže: dendritični i paralelni (Sl. 17) (Summerfield, 2014).



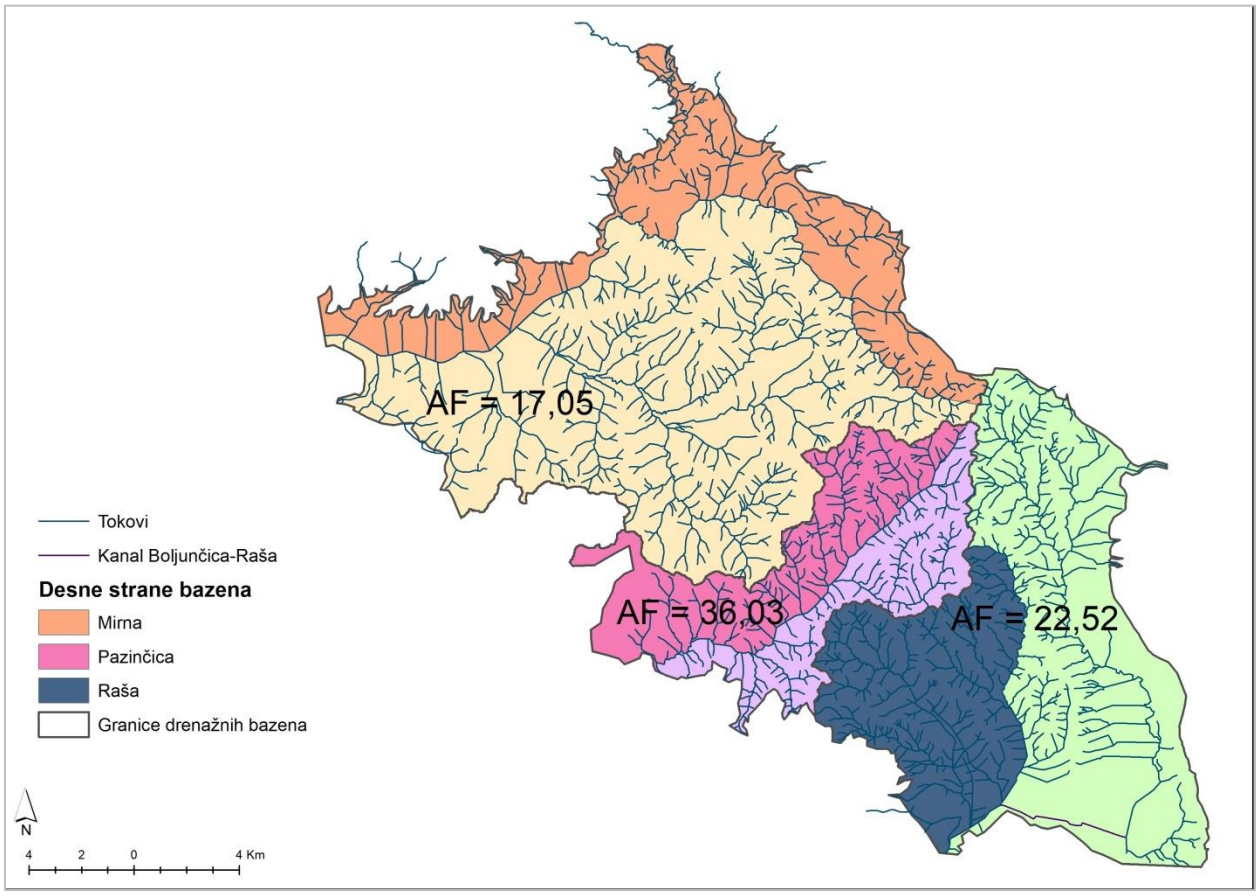
Slika 17: Tipovi riječne mreže i geološka osnova (prikaz geološke podloge prema Polšak i Šikić, 1963, OGK Rovinj; Šikić i dr., 1967, OGK Ilirska Bistrica,; Babić i dr., OGK Trst, 1965; Šikić i dr., 1963, OGK Labin; tipologija riječne mreže prema Summerfiled, 2014)

Kako bi se utvrdilo jesu li tektonski pokreti imali utjecaj na nagib bazena, izračunata je asimetrija drenažne mreže. Računa se pomoću formule

$$AF = \frac{Ar}{At} * 100$$

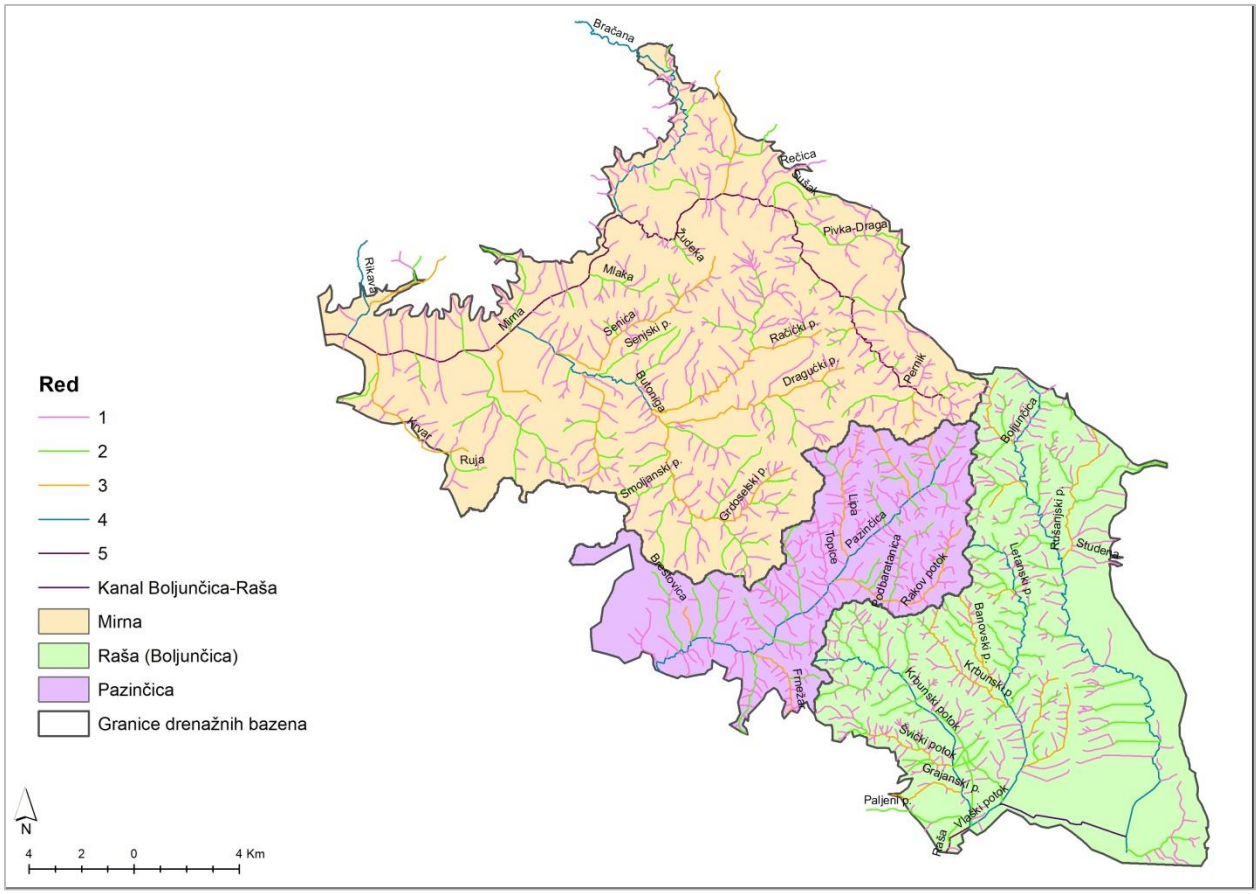
gdje *Ar* predstavlja površinu desne strane bazena gledajući nizvodno po glavnom toku, a *At* ukupnu površinu bazena. Vrijednost 50 predstavlja simetričan bazen bez tektonskih pokreta koji bi utjecali na simetriju drenažne mreže. Vrijednosti znad 50 ukazuju na asimetričan bazen, odnosno da je pod utjecajem tektonskih pomicanja moglo doći do nagiba bazena na lijevu stranu u odnosu na glavni tok, gledajući nizvodno. Obrnuto, vrijednosti ispod 50 također označavaju asimetričan bazen, ali je nagib bazena na desnu stanu pod mogućim utjecajem tektonike.

Međutim, pojava asimetrične drenažne mreže ne mora biti posljedica tektonskih pomaka, jer postoje i drugi čimbenici koji utječu na razvoj drenažne mreže (npr. zbog nagiba granica među litološki različitim stijenama i dr.) (Matoš i dr, 2013). Bazeni Mirne, Pazinčice i Raše (Boljunčice) imaju vrijednosti ispod 50 (Sl. 18), što ih svrstava u asimetrične bazene s nagibom u desno u odnosu na glavni tok nizvodno.

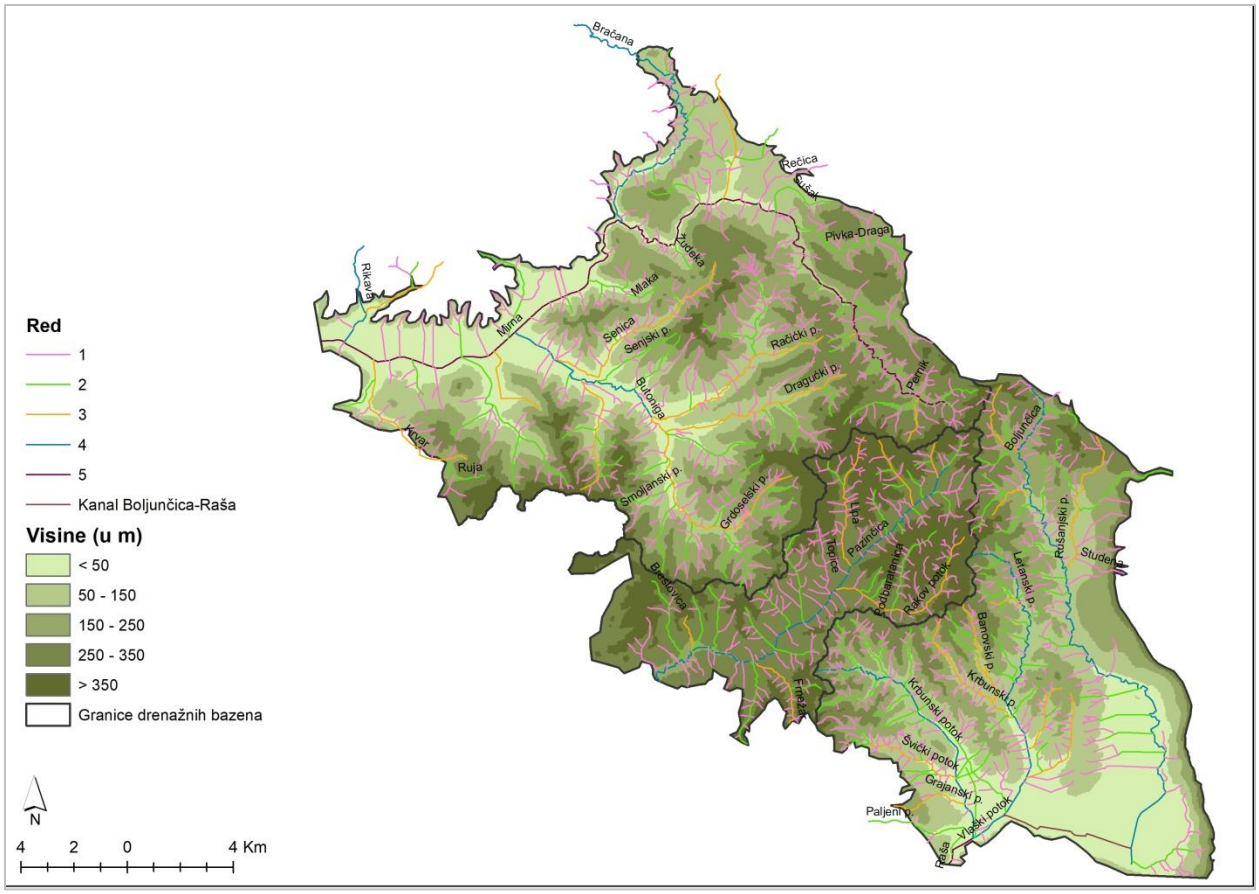


Slika 18: Asimetrija drenažne mreže

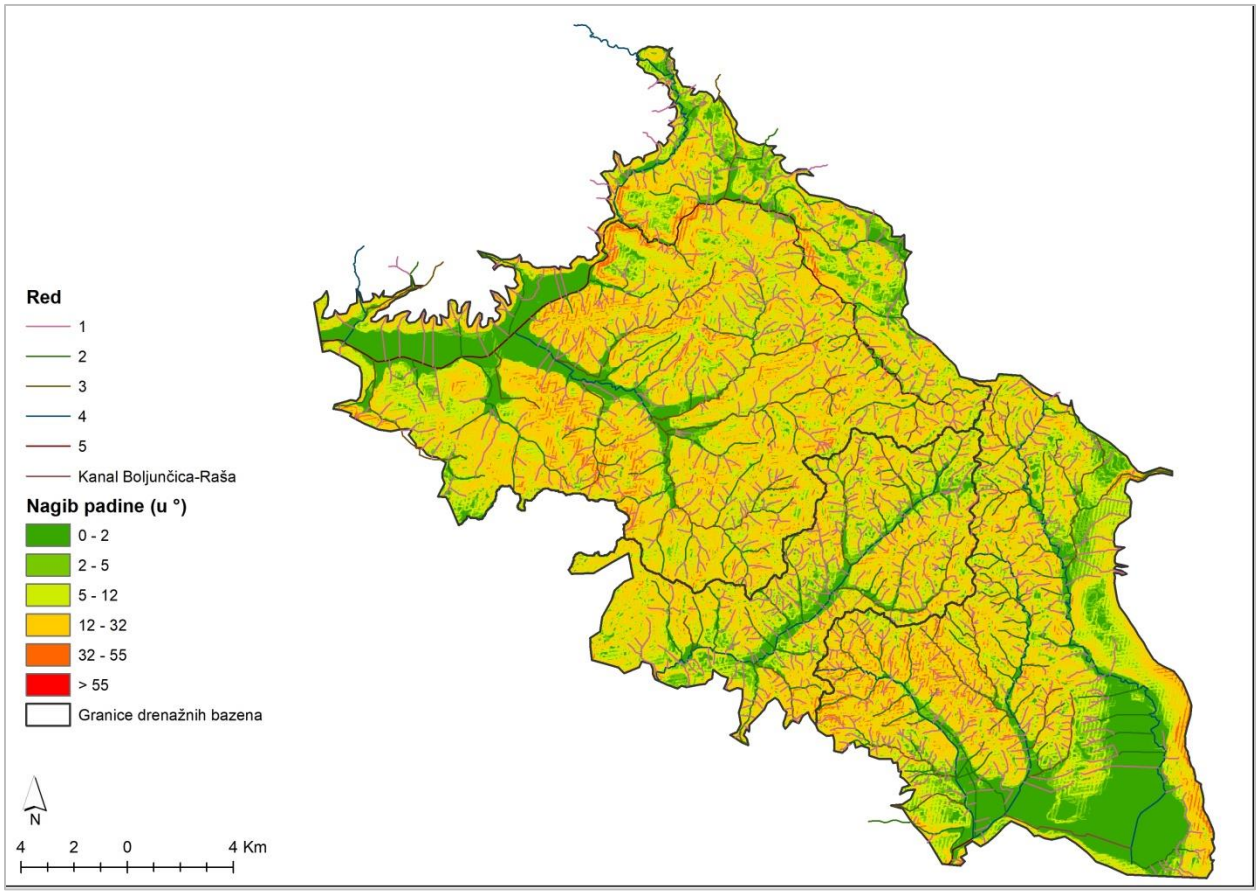
Metodom Straherove klasifikacije reda tokova utvrđeno je 5 redova tokova (Sl. 19-24). Najviši, 5. red predstavljaju rijeke Mirna i Raša, u koje se ulijeva najveći broj tokova. Pazinčica i Boljunčica se mogu svrstati u 4. red jer su to manji tokovi s manje pritoka.



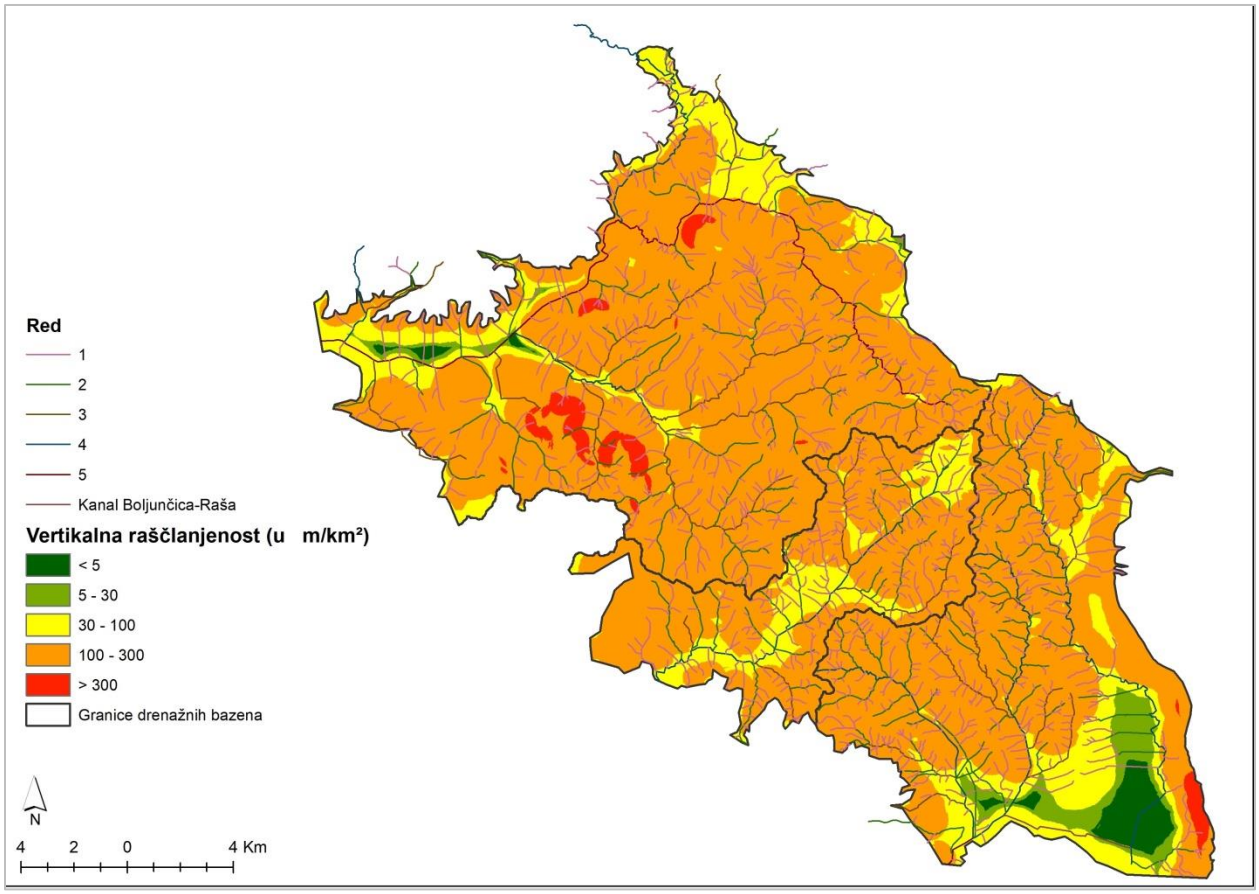
Slika 19: Drenažni bazeni i tokovi prema Strahlerovoj klasifikaciji (Strahler, 1957, prema Marković, 1983)



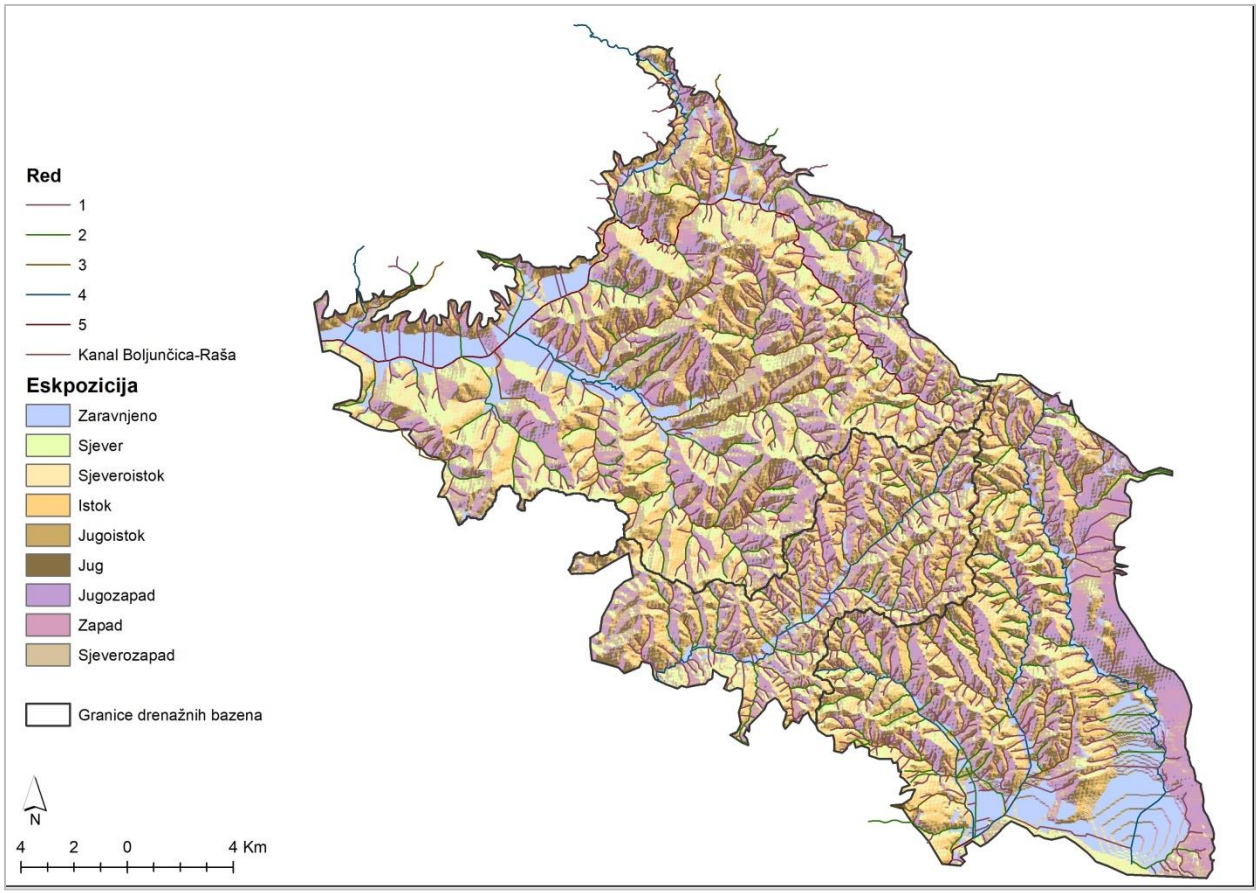
Slika 20: Hipsometrijska karta i tekućice prema Strahlerovoj klasifikaciji (Strahler, 1957, prema Marković, 1983)



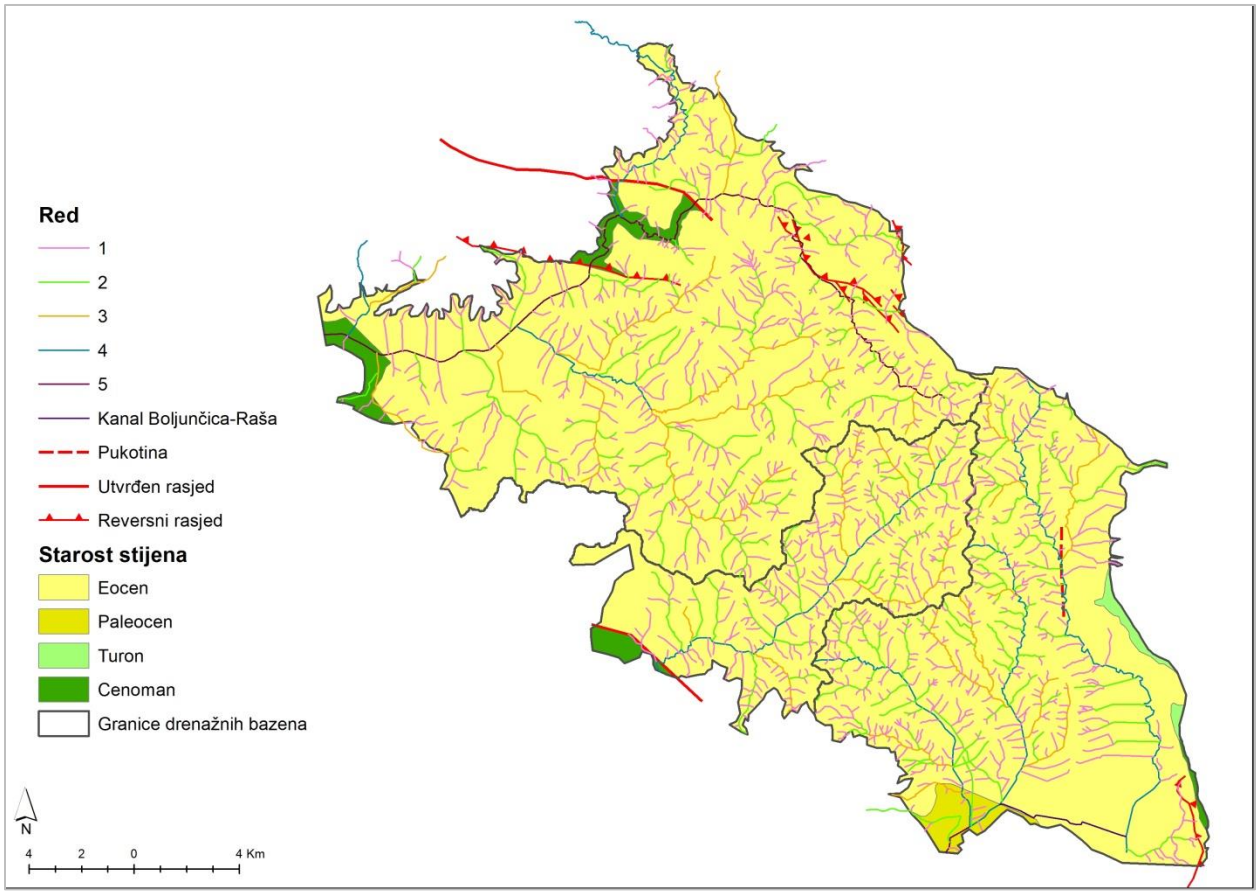
Slika 21: Nagibi padine i tekućice prema Strahlerovoj klasifikaciji (Strahler, 1957, prema Marković, 1983)



Slika 22: Vertikalna raščlanjenost i tekućice prema Strahlerovoj klasifikaciji (Strahler, 1957, prema Marković, 1983)



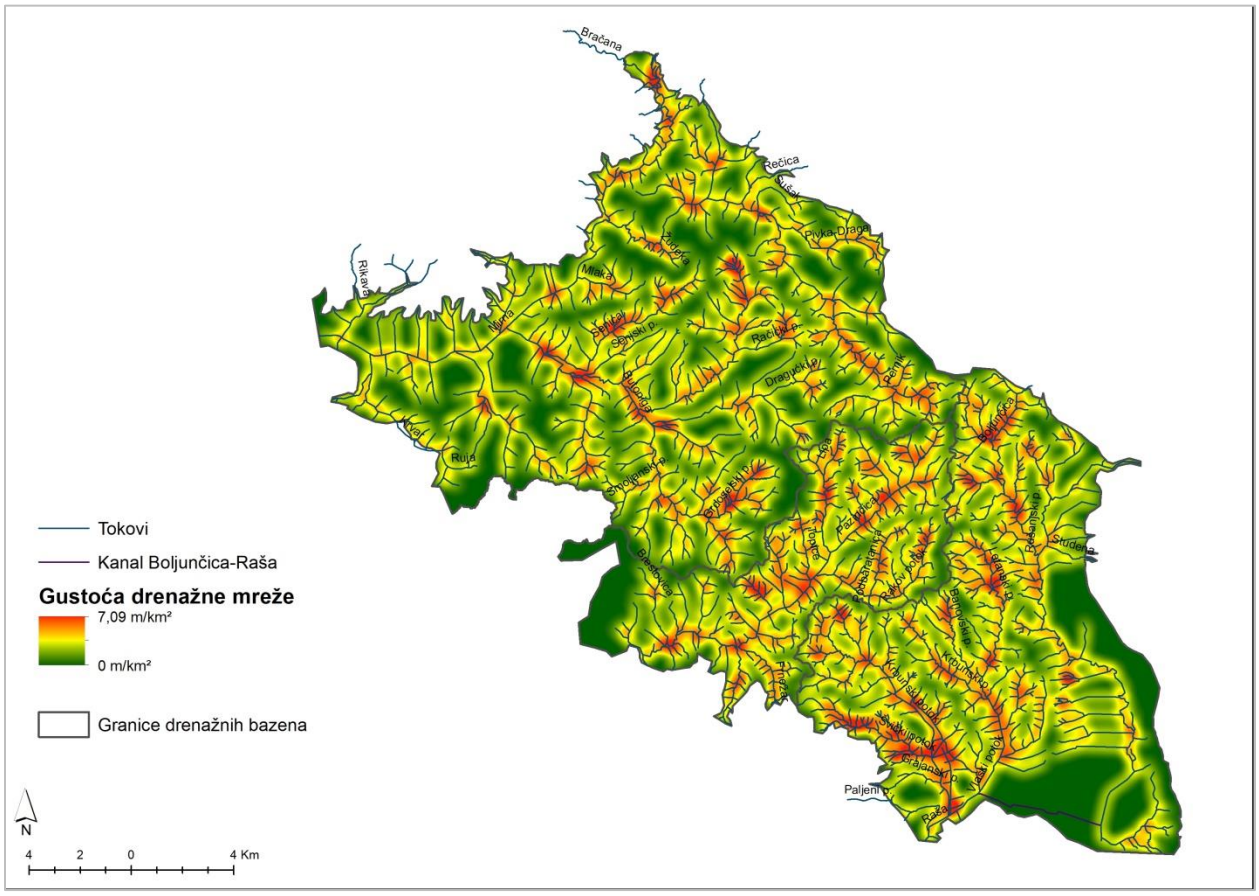
Slika 23: Ekspozicija padina i tekućice prema Strahlerovoj klasifikaciji (Strahler, 1957, prema Marković, 1983)



Slika 24: Starost stijena i tektonika i prikaz tokova prema Strahlerovoj klasifikaciji (prema Polšak i Šikić, 1963, OGK Rovinj; Šikić i dr., 1967, OGK Ilirska Bistrica,; Babić i dr., OGK Trst, 1965; Šikić i dr., 1963, OGK Labin; Strahler, 1957, prema Marković, 1983)

Prema Strahlerovoj klasifikaciji tokova, na ovom području postoje dva toka s najvišim redom, a tu su Mirna i Raša (Sl. 19), jer su to tokovi s najviše pritoka. Postoji 8 tokova 4. reda, što čini 0,66 % od ukupnog broja, među kojima su Pazinčica i Boljunčica. Ti tokovi su kraći, siromašniji vodom i broje manje pritoka. Među tokovima ovog reda nalaze se i pritoke Mirne: Butoniga, Bračana i Rikava, i Raše: Krbunski, Vlaški i Letanski potok. Broj tokova 3. reda iznosi 28, odnosno 3,39 %. Ti tokovi nisu nužno kraći od tokova 2. reda, ali su često povremeni. Značajniji su Grdoselski, Dragućki i Račićki potok koji se ulijevaju u Butonigu (umjetno jezero), pritoke Pazinčice Lipa, Frnežar, Rakov potok te pritoka Boljunčice, Rušanjski potok. Izdvojena su 143 toka 2. reda (11,80 %), a ulijevaju se u sve važnije tokove. Najviše ima tokova 1. reda, odnosno 1030 (84,98%), i to su povremeni, kratki, često bujični tokovi.

Gustoća drenažne mreže je jedan od pokazatelja intenziteta erozije. Što je drenažna mreža razgranatija, odnosno što je veća duljina tokova po jedinici površine, to je erozija snažnija (Kvetek i Bočić, 2015). Prosječna gustoća drenažne mreže računa se tako da se ukupna duljina tekućica podijeli s ukupnom površinom. Za ovo područje prosječna gustoća iznosi 2, 19 km/km². Maksimalna vrijednost gustoće iznosi 7,09 m/km² (Sl. 25).



Slika 25: Gustoća drenažne mreže (u m/km²)

Najveća gustoća primjećena je na izvoru Mirne te na području Butonige i njenih pritoka, kao i na izvorima pritoka koji se ulijevaju u istu. Pazinčica ima povišenu gustoću na izvorima pritoka, mjestima gdje se one ulijevaju u nju i u blizini ponora. Izvori pritoka Raše pokazuju veću gustoću, kao i izvor Boljunčice. Kanal Boljunčica-Raša nije uzet u obzir pri izračunu gustoće jer je to umjetno napravljen kanal koji kroz prošlost nije utjecao na izgled reljefa.

Prilikom izračuna koeficijenta korelacije, nije uočena povezanost gustoće mreže tokova s općim morfometrijskim značajkama reljefa. Vrijednost R^2 predstavlja koliko dvije varijable zajedno doprinose korelaciji. Vrijednost 1 označava doprinos od 100%. Gustoća drenažne mreže, uspoređena s kategorijama nadmorske visine, nagiba padina, raščlanjenosti reljefa i ekspozicije, ima vrijednosti ispod 0,05 (Tab.1), što označava ne postoji značajnija korelacija.

Tablica 1: Korelacija općih morfometrijskih obilježja sa gustoćom drenažne mreže

Opće morfometrijsko obilježje	**R^2**
Visine	0,045
Nagibi	0,039
Raščlanjenost	0,026
Ekspozicija	0,045

5. Rasprava

5.1. Opća morfografska obilježja

Orografska struktura prventstveno je određena „trasama dominantnih sustava rasjeda i pukotina i s njima povezanim tipovima dolinske mreže“ (Mihljević, 1995). Kao što je objašnjeno u poglavlju o geološkim obilježjima, ovo je područje izgrađeno uglavnom na flišu i manjim dijelom na vapnenačkim stijenama, što je prouzročilo razlike u oblikovanju reljefa. Vapnenačke stijene nalaze se na platou Savudrija-Buzet i području oko Grdosela i Kašćerge. Reljef se ovdje odlikuje strmije usječenim dolinama, većem nagibu padina, većoj stabilnosti padina i manjem taloženju materijala (Mihljević, 1995). S druge strane, u flišnom području razvile su se riječne, potočne i derazijske doline, gdje se nalazi značajna prisutnost jaruga i vododerina. Njihov nastanak je povezan s vodonepropusnoću fliša i povećanim površinskim otjecajem. Zbog slabe propusnosti i poroznosti fliša, nema veće prisutnosti vode u vodonosniku, što rezultira slaboj izdašnosti izvora. Izvori su ovdje česti i nisu stalni.

Važnost dijela područja s nagibima od 12° do 32°, što predstavlja najveći dio istraživanog područja (Sl 7, 8, 13), je u tome što su na tim područjima naintenzivniji procesi spiranja i kliženja, a javlja se i jaružanje (bujičenje). Spiranje djeluje pod utjecajem atmosferske

vode i gravitacije na padini. Oblikuju se sitne brazde na površini, a kada se površinsko otjecanje poveća, pojačava se i okomita komponenta usijecanja, te se kišne brazde daljnjim trošenjem formiraju u vododerine i jaruge. Intenzitet jaružanja ovisi o duljini jaruge, nagibu padine te obliku glavnog bujičnog toka. Osim što se na taj način vrši destrukcija padine, prenosi se i materijal koji se taloži na dnu padine. „Stvaranje i prenošenje nanosa određeno je značajkama fliša na površini terena“ (Mihljević, 1995). Klizanja su na ovom prostoru rijetka. Uglavnom se radi o klizanju ratresitog ili poluvezanog materijala na dnu padine. Češće se odvijaju na rubnim dijelovima, odnosno strmcima Učke i Ćićarije. (Mihljević, 1995)

Zanimljivo je što rubni dijelovi bazena Pazinčice nemaju toliku vertikalnu raščlanjenost, iako imaju veće visinske vrijednosti (Sl. 14). Reljef na tom prostoru ima visinu između 250 i 350 m (Sl. 5), ali nema postepenog spuštanja u niže razrede visina, kao što se može primijetiti kod ostalih tokova. Pazinčica ima usku dolinu u odnosu na Mirnu, Rašu i Boljunčicu, ali su njene strane relativno sličnih visina i nemaju velik pad.

Ekspozicija padine zastupljena je gotovo jednako u svim razredima (Sl. 12). Najviše su to padine južne i zapadne orijentacije. Sjeverna (sjeverozapadna i sjeveroistočna) orijentacija najviše se primjećuje na lijevoj obali rijeke Mirne, gledajući nizvodno (Sl. 15). Cijela lijeva obala Pazinčice ima orijentaciju prema sjeverozapadu, a desna prema jugu i jugoistoku, sa zaravnjenim ulomcima na dnu korita. Mirna od mjesta Sv. Stjepan (Istarske toplice) otječe u sličnom smjeru kao i Pazinčica, pa se mogu primijetiti sličnosti u ekspoziciji padina njihovih korita. Mirnin tok od izvora do Sv. Stjepana može se usporediti sa tokom Boljunčice od njenog izvora do ulaska u Čepićko polje. S obzirom na to da Mirna teče od izvora u smjeru sjevera, desna strana toka gledajući nizvodno ima jugozapadnu i zapadnu orijentaciju. Boljunčica od izvora teče u smjeru juga, te je njena lijeva strana orijentirana prema jugozapadu i zapadu. Zaravnjeni dijelovi su Čepićko polje, iskanalizirana dolina Mirne i dijelovi korita Pazinčice.

5.2. Specifična morfometrijska obilježja

Dobivenu drenažnu mrežu moguće je usporediti s obilježjima terena koji su analizirani u okviru opće morfometrije.

Geološka građa terena i tektonika na nekim su mjestima utjecala na oblikovanje današnjeg izgleda drenažne mreže. Moguće je uočiti značajne veze između položaja određenih tokova i rasjeda, odnosno pukotina (Sl. 16, 24). Na sjeveroistoku se nalazi reversni rasjed kojeg tok prati gotovo u cijeloj duljini. Na sjeveru je primjećeno skretanje glavnog toka Mirne, koje je možebitno uvjetovano tektonskim djelovanjem. Spušten blok na sjeveru usmjerio je tok prema jugu, gdje se nalazi reversni rasjed. Pritoka Mlaka poklapa se s pružanjem tog rasjeda.

Kod ponora Pazinčice nalazi se rasjed koji također dijeli kredne od paleogenskih naslaga. Na mjestu tog rasjeda Pazinčica završava svoj nadzemni tok, što je vjerojatno i uvjetovalo njen ponor baš na tom mjestu. S obzirom da su gotovo sve lijeve pritoke Pazinčice (i desne na donjem toku) paralelnog mrežnog sustava tokova, te je tok Pazinčice u skoro cijelom svom cijelom toku pravocrtan, do skretanja na jugozapadu, može se pretpostaviti da je kroz prošlost na tom mjestu bilo tektonske aktivnosti, zbog koje taj bazen danas ima ovakav izgled.

Dominantne naslage na cijelom području su paleogenske starosti i sastoje se uglavnom od flišnih naslaga, odnosno breča, konglomerata, lapora i glina. To znači da je tlo nepropusno i izrazito podložno eroziji. Radi toga se na ovom se području nalaze brojni tokovi. Većinom su kratki i povremeni, a često u dodiru sa propusnijim stijenama poniru u podzemlje. Ovakav sastav stijena uvjetovao je i mogućnost da tokovi kroz prošlost usjeku svoje doline. Na prostorima u čijem sastavu prevladavaju flišne naslage, tokovi imaju razgranatu mrežu pritoka, s kojima su oblikovale prostrana proširenja. Na prostorima u čijem sastavu prevladavaju karbonatne stijene, tokovi su uz pomoć vodom nošenoga materijala usjekli kanjonske doline (URL3). Kroz prošlost, te su tekućice imale veću snagu trošenja i mogle su mijenjati teren svojom destrukcijskom snagom. U recentno vrijeme, kao što je navedeno, tokovi slabe i prilagođavaju se uvjetima na terenu – sastavu stijena i tektonici.

Sagledavši odnos visinskih razlika i drenažne mreže (Sl. 5), primijećen je konzistentan odnos tokova s nizinama i visinama. Veliki tokovi visokog reda izgradili su svoja korita i njih prate nizinska područja. Pritoke, odnosno tokovi nižeg reda, se spuštaju s viših visina i ulijevaju u glavne tokove (Sl. 20). Ti tokovi tvore mnogobrojne jaruge koje se nalaze u reljefu. Dolina Mirne, velika je zaravnjena površina koja prati njen tok od blizine Sv. Stjepana (Istarske toplice), gdje kreće njena naplavna dolina. Korito Pazinčice je više usječeno i uže od Mirne, Raše i Boljunčice. Ona teče prostorom gdje su veće visine, a i njena snaga kroz prošlost i napose sada

nema toliku moć formiranja široke doline. Pritoke Raše, Vlaški, Krbunski i Letanski potok, također su sa svojim pritokama stvorile doline. Čepićko polje predstavlja najveću zaravnjenu površinu. Mjesto gdje je nekada bilo jezero, danas je obradiva površina s kanaliziranim tokovima iz pritoka Raše i Boljunčice.

Prostori s najmanjim nagibom padine prate korita tokova kroz gotovo cijeli prostor istraživanog područja (Sl. 13). Najmanji nagib ima područje Čepićkog polja i doline Mirne, mjesto gdje je umjetno jezero Butoniga i dio toka Pazinčice. Na slici se vidi kako se tokovi nižih redova često spuštaju sa područja višeg nagiba prema toku višeg reda u koji se ulijevaju (Sl. 21). Može se zaključiti da je odnos reda toka i nagiba padine obrnuto proporcionalan, odnosno što je red tekućice viši, nalazit će se na području s manjim nagibom padine, i obrnuto; tekućica s manjim redom nalazi se u prostoru višeg nagiba. Razlog tome je već spomenuta snaga velikih tokova te njihova stalna opskbljenost vodom.

Glavnina tokova nalazi se na području male vertikalne raščlanjenosti reljefa (Sl. 14). Dolina Mirne i Čepićko polje očekivano predstavljaju prostore s najmanjom raščlanjenosti, sukladno sa svojom zaravnjenom površinom. Na području s većim stupnjem raščlanjenosti nalaze se tokovi niskog reda koji se spuštaju s tih grebena (Sl. 22). Na lijevim pritokama Mirne, južno od umjetnog jezera Butoniga, nalazi se prostor s visokom raščlanjenosti. Razlog tome je što se na relativno malom prostoru padine spuštaju s više od 350 m visine na manje od 50 m.

Ekspozicija padine prati njen nagib i visinu. Zaravnjena područja su u već spomenutom Čepićkom polju, dolini Mirne, umjetnom jezeru Butoniga i dijelovima Pazinčice (Sl. 15, 23). Postoje sličnosti s glavnim tokovima, s obzirom na smjer kojim teku, pa su im tako i ekspozicije padina u sličnom odnosu, što je objašnjeno u prethodnom poglavlju.

Tipovi drenažne mreže ukazuju na tektonsko djelovanje na nekom području. Dendritični tip mreže nastaje na prostorima homogenog stastava stijena gdje nema značajnog litološkog ili strukturnog utjecaja na izgled reljefa. Takva mreža formira uzorak nalik granama stabla s pritokama pod raznim kutevima, najčešće manjim od 90°, a nema definiranu orijentaciju (Summerfield, 2014). Paralelni tip nastaje na mjestima gdje postoji litološki pomak u prostoru i gdje su stijene strmije. Tokovi su paralelni jedni s drugima i ulijevaju se pod oštrim kutem. Prostori gdje postoji paralelni tip mreže su oni na glavnim rasjedima (bazen Mirne i Raše, Sl. 17), te na cijelom lijevom i donjem desnom toku Pazinčice, što bi moglo dovesti do pretpostavke

da je na tom području u jednom trenutku bilo tektonske aktivnosti. Kako na velikom dijelu područja nema značajnih tektonskih pokreta, najviše se razvio dendritični tip drenažne mreže na homogenim stijenama.

Tokovi na istaživanom području su brojni i većinom kratki. Gustoća drenažne mreže u prosjeku iznosi 2,19 m/km², a maksimalno 7, 09 m/km² (Sl. 25). Općenito na prostoru cijelog Istarskog pobrđa, reljef koji je bio pod utjecajem snažnih procesa denudacije ima gustoću drenažne mreže veću od 3 m/km², a prosječna gustoća tokova na iznosi 6,1 m/km² (Mihljević, 1995). Zbog velikog dijela umjetno zaravnjenih površina, ovo područje nema veliku gustoću drenažne mreže. Svi tokovi koji teku u blizini donjeg toka Mirne, napose njene desne pritoke, i donjeg toka Boljunčice su umjetno preusmjereni u kanale koji čine Čepićko polje i dolinu Mirne, te koji služe za vodoopskrbu. Ipak, na prostorima s većom koncentracijom tokova, odnosno na izvorišnim prostorima i mjestima gdje se ulijeva najviše pritoka, gustoća je povišena i tu se nalaze prostori najviše podložni denudaciji i eroziji.

6. Zaključak

Analizom drenažne mreže i usporedbom iste sa značajkama reljefa, geologije i tektonike te općim morfometrijskim obilježjima, izvedeni su sljedeći zaključci:

- Četiri važna toka, Mirna, Pazinčica, Raša i Boljunčica sa svojim pritokama, tvore tri drenažna bazena.
- Stijene koje izgrađuju istraživano područje su fliškolike naslage i vapnenci. Fliškolike naslage su nepropusne i time su omogućile razvoj drenažnoj mreži. Na području vapnenačkih stijena nalaze se kratki, nestalni i ponorni tokovi.
- Postoji poveznica izgleda drenažne mreže i reljefa, odnosno s položajem tokova na nadmorskim visinama. Veliki su tokovi procesima destrukcije i erozije usjekli doline, koje su kasnije zbog potreba vodoopskrbe, navodnjavanja itd. dodatno proširene.
- Iako ovaj prostor karakterizira razgranata drenažna mreža (tu se nalazi 1 212 tokova), gustoća ima prosječne vrijednosti. Prostori s najvećom gustoćom su uglavnom izvorišni dijelovi svih većih rijeka i mjesta gdje se pritoke ulijevaju u veće rijeke.
- Veliku ulogu u oblikovanju izgleda drenažne mreže imala je tektonika. Dva određena tipa drenažne mreže ukazuju na to da je jedan dio tokova nastao na homogenoj podlozi bez značajnog tektonskog utjecaja, a drugi dio na područjima gdje je tektonika bila bitan faktor.
- Važno obilježje drenažne mreže je red tekućica, koji pokazuje razgranatost sustava. Pet redova tokova Strahlerove klasifikacije ukazuje na značajnu razgranatost drenažne mreže. Kao što je već spomenuto, razlog tome su mali i povremeni tokovi koji se ulijevaju u veće pritoke. Primijećeno je da se tekućice manjeg reda nalaze na prostorima s višim nagibom padine.
- S obzirom na sve analizirane parametre i usporedbu izgleda drenažne mreže s izgledom reljefa, može se zaključiti da je u nastajanju drenažne mreže veliku ulogu imao sastav stijena (propusnosni vapnenci, nepropusni fliš) i tektonika (rasjed na ponoru Pazinčice, skretanje Mirne). Tokovi su, većom ili manjom erozijom, oblikovali razne oblike u reljefu. U tim uvjetima tokovi su kroz prošlost usijekli svoje doline i, uz ostale vanjske utjecaje, formirali današnji izgled reljefa.

7. Literatura

Benac, Č., Rubinić, J., Ružić, I., Radišić, M., 2017.: Geomorfološka evolucija riječnih dolina i ušća na Istarskom poluotoku, *Hrvatske vode*, 25(2017), 71-80

Bognar, A., 2001: Geomorfološka regionalizacija Hrvatske, *Acta Geographica Croatica*, vol.32, 7 – 29.

Gulam, V., Pollak, D., Podolszki, L., 2014: The analysis of the flysch badlands inventory in central Istria, Croatia, *Geologica Croatica*, 67/1, 1-15

Horton, R. E., 1945: Erosional development of streams and their drainage basins: hydro-physical approach to quantitative morphology, *Geological Society of America Bulletin*, 56 (3): 275–370

Kvetek, F., Bočić, N., 2015: Digitalna analiza drenažne mreže na primjeru Papuka, *Geografski horizont* br.2/2015, 61-73

Lozić, S., 1995: Vertikalna raščlanjenost reljefa kopnenog dijela Republike Hrvatske, *Acta Geographica Croatica*, Vol. 30, 17-28

Lozić, S. 1996: Nagibi padina kopnenog dijela Republike Hrvatske, *Acta Geographica Croatica*, Vol. 31, 41-50

Magaš, D. 2013: *Geografija Hrvatske*, Sveučilište u Zadru, Odjel za geografiju i izdavačka kuća Meridijani

Marković, M., 1983: *Osnovi primjenjene geomorfologije*, Posena izdanja, knjiga 8, Geoinstitut Beograd

Matoš, B., Tomljenović, B., Trenc, N., 2013: Identification of tectonically active areas using DEM: a quantitative morphometric analysis of Mt. Medvednica, NW Croatia, *Geological quarterly*, 2014, 58 (1), 51-70

Mihljević, D., 1995: Procesi prekomjerne denudacije i njihove posljedice u Istarskom pobrđu, *Zbornik 1. Hrvatskog geografskog kongresa*, HGD, Zagreb, 188-203

Radoš, D., Lozić, S., Šiljeg, A., 2012.: Morfometrijske značajke šireg područja Duvanjskog polja, Bosna i Hercegovina, *Geoadria* 17/2, 177-207

Summerfield, M. A., 2014: Tectonics and drainage development, *Global geomorphology*, Routledge, London – New York, 537 pp.

Šikić, D., Pleničar, M., Šparica, M., 1967.: OGK Ilirska Bistrica, Institut za geološka istraživanja Zagreb, Geološki zavod Ljubljana

Šikić, D., Pleničar, M., 1967.: Tumač za list Ilirska Bistrica, Savezni geološki zavod, Beograd

Babić, Lj. i dr., 1965.: OGK Trst, Institut za geološka istraživanja Zagreb, Geološki zavod Ljubljana

Pleničar, M. i dr, 1965.: Tumač za list Trst, Savezni geološki zavod, Beograd

Polšak, A., Šikić, D., 1963.: OGK Rovinj, Institut za geološka istraživanja, Zagreb

Polšak, A., Šikić, D., 1963.: Tumač za list Rovinj, Savezni geološki zavod, Beograd

Šikić, D. i dr., 1963.: OGK Labin, Institut za geološka istraživanja, Zagreb

Polšak, A., Šikić, D., 1963.: Tumač za list Labin, Savezni geološki zavod, Beograd

TK 25, 1971. - 1986., Vojno-geografski institut u Beogradu,

URL1: http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=41151 (10.12.2017.)

URL2: http://www.labin.com/web/neobavezna.asp?id=14662&idkat=53 (10.12.2017.)

URL3: http://istrapedia.hr/hrv/776/geomorfologija-bijela-siva-crvena-istra/istra-a-z/ (1.2.2018.)

8. Popis grafičkih priloga

Slika 1: Geografski položaj istraživanog područja 8
Slika 2: Geomorfološki položaj istraživanog područja (plavo) prema geomorfološkoj regionalizaciji Hrvatske (Bognar, 2001.) 9
Slika 3: Geološka građa i tektonika (prema Polšak i Šikić, 1963, OGK Rovinj; Šikić i dr., 1967, OGK Ilirska Bistrica,; Babić i dr., OGK Trst, 1965; Šikić i dr., 1963, OGK Labin) 10
Slika 4: Drenažni bazeni i pripadajući tokovi 14
Slika 5: Hipsometrijska karta s tokovima 16
Slika 6: Udio visinskih razreda (u %) u ukupnoj površini 17
Slika 7: Nagib padina 18
Slika 8: Udio razreda nagiba padina (u %) u ukupnoj površini 19
Slika 9: Vertikalna raščlanjenost 20
Slika 10: Udio razreda vertikalne raščlanjenosti (u %) u ukupnoj površini 21
Slika 11: Ekspozicija padina 22
Slika 12: Udjeli razreda ekspozicije padina (u %) u ukupnoj površini 23
Slika 13: Nagib padine i drenažna mreža 24
Slika 14: Vertikalna raščlanjenost i drenažna mreža 25
Slika 15: Ekspozicija i drenažna mreža 26
Slika 16: Geološka građa i tektonika i prikaz tokova (prema Polšak i Šikić, 1963, OGK Rovinj; Šikić i dr., 1967, OGK Ilirska Bistrica,; Babić i dr., OGK Trst, 1965; Šikić i dr., 1963, OGK Labin) 27
Slika 17: Tipovi riječne mreže i geološka osnova (prikaz geološke podloge prema Polšak i Šikić, 1963, OGK Rovinj; Šikić i dr., 1967, OGK Ilirska Bistrica,; Babić i dr., OGK Trst, 1965; Šikić i dr., 1963, OGK Labin; tipologija riječne mreže prema Summerfiled, 2014) 28
Slika 18: Asimetrija drenažne mreže 29
Slika 19: Drenažni bazeni i tokovi prema Strahlerovoj klasifikaciji (Strahler, 1957, prema Marković, 1983) 30
Slika 20: Hipsometrijska karta i tekućice prema Strahlerovoj klasifikaciji (Strahler, 1957, prema Marković, 1983) 31
Slika 21: Nagibi padine i tekućice prema Strahlerovoj klasifikaciji (Strahler, 1957, prema Marković, 1983) 32
Slika 22: Vertikalna raščlanjenost i tekućice prema Strahlerovoj klasifikaciji (Strahler, 1957, prema Marković, 1983) 33
Slika 23: Ekspozicija padina i tekućice prema Strahlerovoj klasifikaciji (Strahler, 1957, prema Marković, 1983) 34
Slika 24: Starost stijena i tektonika i prikaz tokova prema Strahlerovoj klasifikaciji (prema Polšak i Šikić, 1963, OGK Rovinj; Šikić i dr., 1967, OGK Ilirska Bistrica,; Babić i dr., OGK Trst, 1965; Šikić i dr., 1963, OGK Labin; Strahler, 1957, prema Marković, 1983) 35
Slika 25: Gustoća drenažne mreže (u m/km²) 36