

Analiza jaruga primorske padine Sjevernog i Srednjeg Velebita

Grošanić, Klara

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:611623>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-10**



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Geografski odsjek

Klara Grošanić

Analiza jaruga primorske padine Sjevernog i Srednjeg Velebita

Prvostupnički rad

Mentor: prof. dr. sc. Sanja Faivre

Ocjena: _____

Potpis: _____

Zagreb, 2023.

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Geografski odsjek

Prvostupnički rad

Analiza jaruga primorske padine Sjevernog i Srednjeg Velebita

Klara Grošanić

Izvadak: Proučavanje jaruga i njihove evolucije neke su od važnijih geomorfoloških tema današnjice, iako su istraživanja koja se njima bave na području Hrvatske malobrojna. Jaruženje je vrlo aktualan i značajan proces potaknut aktivacijom bujičnih vodotokova uslijed intenzivnih padalina. Cilj ovog prvostupničkog rada bio je prikazati osnovne morfometrijske značajke jaruga i njihovih drenažnih bazena na području primorske padine Sjevernog i Srednjeg Velebita te ih dovesti u vezu s litološkim, klimatskim i geomorfološkim značajkama tog prostora. Analiza i vizualizacija provedena je pomoću digitalnog modela reljefa Republike Hrvatske, satelitskih orto-foto snimaka i Hrvatske osnovne karte.

25 stranica, 34 grafička priloga, 1 tablica, 51 bibliografska referenca; izvornik na hrvatskom jeziku

Ključne riječi: geomorfologija, jaruge, jaruženje, GIS, Velebit, Vanjski Dinaridi

Voditelj: prof. dr. sc. Sanja Faivre

Tema prihvaćena: 9. 2. 2023.

Datum obrane: 7. 9. 2023.

Rad je pohranjen u Središnjoj geografskoj knjižnici Sveučilišta u Zagrebu Prirodoslovno-matematičkog fakulteta, Trg Marka Marulića 19, Zagreb, Hrvatska.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Geography

Undergraduate Thesis

Gully analysis of the coastal slope of North and Central Velebit

Klara Grošanić

Abstract: The study of gullies and their evolution are some of the most important current geomorphological topics, yet there are very few studies that deal with them in Croatian literature. Gully erosion is an impactful process triggered by the activation of torrential flows due to intense rainfall. This thesis carries out a morphometric analysis of selected gullies and their drainage basins in the area of North and Central Velebit. The characteristics of gullies are also analyzed in relation to lithological composition, climate conditions and morphology. Analysis and visualization was carried out in GIS using satellite imagery and a digital relief model of the Republic of Croatia.

25 pages, 34 figures, 1 table, 51 references; original in Croatian

Keywords: geomorphology, gullies, gully erosion, GIS, Velebit, External Dinarides

Supervisor: Sanja Faivre, PhD, Full Professor

UndergraduateThesis title accepted: 09/02/2023

Undergraduate Thesis defense: 07/09/2023

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

SADRŽAJ

| | |
|--|------|
| 1. UVOD..... | 1 |
| 2. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA..... | 2 |
| 3. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA..... | 3 |
| 4. METODE I MATERIJALI..... | 4 |
| 5. FIZIČKO-GEOGRAFSKA OBILJEŽJA ISTRAŽIVANOG PODRUČJA..... | 5 |
| 5.1. GEOLOŠKA OBILJEŽJA..... | 5 |
| 5.2. GEOMORFOLOŠKA OBILJEŽJA..... | 7 |
| 5.2.1. MORFOMETRIJSKA OBILJEŽJA..... | 8 |
| 5.3. KLIMATSKA OBILJEŽJA..... | 10 |
| 5.4. PEDOLOŠKA OBILJEŽJA..... | 12 |
| 5.5. VEGETACIJSKA OBILJEŽJA..... | 12 |
| 5.6. HIDROLOŠKA OBILJEŽJA..... | 13 |
| 6. REZULTATI..... | 14 |
| 6.1. OBILJEŽJA DRENAŽNIH BAZENA..... | 14 |
| 6.2. OBILJEŽJA JARUGA..... | 17 |
| 6.3. ANALIZA ODABRANIH JARUGA..... | 20 |
| 7. RASPRAVA..... | 23 |
| 8. ZAKLJUČAK..... | 25 |
| 9. LITERATURA..... | IV |
| 10. IZVORI..... | VII |
| 11. PRILOZI..... | VIII |

1. UVOD

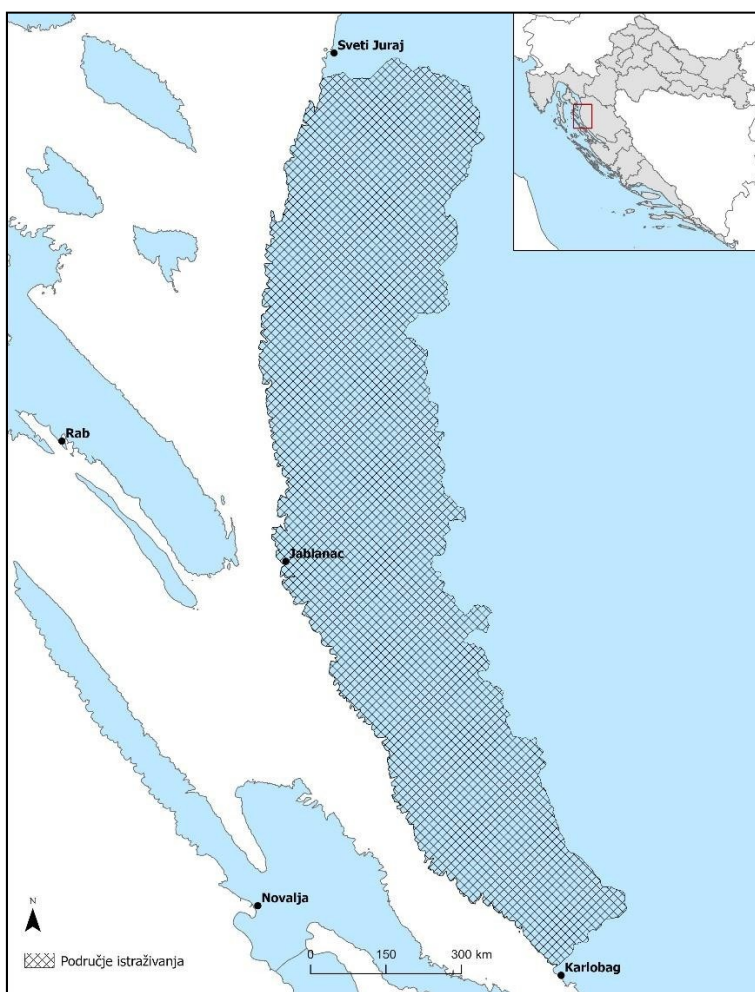
Velebitska primorska padina prostor je specifičnih klimatskih, vegetacijskih, hidroloških i geomorfoloških obilježja. Na pretežno karbonatnoj podlozi izmjenjuju se učinci kemijskog i mehaničkog trošenja, zbog čega su česti i krški i padinski reljefni oblici (Bognar, 1994). Pojava suhih jaruga različitih dimenzija česta je duž padine te su njihova ušća često potopljena ili završavaju strmcima (Klemenčić, 2017). Na hrvatskoj se obali u proluvijalnom materijalu na krajevima jaruga često formiraju žala koja zajedno s njima čine geomorfološke sustave (Faivre i dr., 2011; Faivre i Mićunović, 2017).

Definicije pojma „jaruga“ u literaturi su često neusuglašene zbog različitih oblika koje one poprimaju diljem svijeta (Thwaites i dr., 2021). Općenito, jarugama se smatraju izduženi reljefni oblici nastali linearnim otjecanjem vode niz padinu, širine i dubine 1 do 1,5 metara i duljine 5 do 10 metara. Međutim, često jaruge poprimaju puno veće dimenzije: nekoliko stotina metara duljine, nekoliko desetaka metara širine i 20 do 30 metara dubine. Dubine jaruga veće su od njihove širine te njihovi poprečni presjeci poprimaju oblik slova V. Nastaju na različitim litološkim podlogama i vrstama tla, a posebno na ogoljenim površinama s oskudnim vegetacijskim pokrovom (Goudie, 2004; Krklec i dr., 2012). Kod njihove definicije važno je spomenuti hidrološki aspekt nastanka, odnosno formiranje bujičnom erozijom uslijed intenzivnih padalina koje velikom brzinom prenose erodirani materijal s viših u niža područja, čime mogu uzrokovati znatnu štetu (Castillo i Gómez, 2016; Jahić, 2017). Upravo zbog toga, interes za istraživanjem jaruga, jaruženja i njegovog predviđanja porastao je početkom 21. stoljeća, posebno na području Sredozemlja (Castillo i Gómez, 2016). Usprkos tome, radovi koji se bave ovom tematikom na području Hrvatske su malobrojni (Faivre i dr., 2011; Lončar, 2009, Šegina i dr., 2021).

Cilj ovog prvostupničkog rada je prikazati osnovne morfometrijske značajke jaruga i njihovih drenažnih bazena na području primorske padine Sjevernog i Srednjeg Velebita te ih dovesti u vezu s litološkim, klimatskim i geomorfološkim značajkama tog prostora. Analiza i vizualizacija provedena je pomoću digitalnog modela reljefa Republike Hrvatske, satelitskih orto-foto snimaka i Hrvatske osnovne karte.

2. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

Velebitski gorski masiv dio je zone Vanjskih Dinarida, a zauzima prostor od 2274 km² s ukupnom duljinom od 145 km (Faivre, 2007). Prema Bognar (2001), prostor Velebita pripada mezogeomorfološkoj regiji 2.1.7. Gorski hrbat – masiv Velebit. Nadalje, on se dijeli na 6 subgeomorfoloških regija, od kojih u opseg ovog istraživanja ulazi primorska padina regija 2.1.7.3. Gorski masiv Sjevernog Velebita s udolinom Bakovca i 2.1.7.4. Gorski hrbat Srednjeg Velebita s Bužimskim i Perušićkim pobrđem. Sjeverni se Velebit proteže od prijevoja Oltari do prijevoja Veliki Alan, dok se Srednji nastavlja južno do prijevoja Oštarijska vrata (Faivre, 1994a). Velebitska primorska padina s istočne je strane jasno omeđena glavnim planinskim grebenom te je obilježena krškim reljefnim oblicima i oskudnom vegetacijom (Rogić, 1958). U ovom će se radu kao istočna granica istraživanog područja koristiti granice drenažnih bazena jaruga koje završavaju na primorskoj padini Sjevernog i Srednjeg Velebita (sl.1).



Sl. 1. Prostorni obuhvat primorske padine Sjevernog i Srednjeg Velebita

Izvor: DGU (2016)

3. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA

Područjem velebitske primorske padine u svojim se radovima bavilo malo autora, no najopsežnije djelo s opisom prirodno-geografskih i društveno-geografskih obilježja objavio je V. Rogić (1958) pod nazivom Velebitska primorska padina. Faivre (1992; 1994b; 1999; 2007) je izradila analizu ponikava, analizu i klasifikaciju drenažne mreže te analizu grebena Sjevernog Velebita i Senjskog bila. Perica i Orešić (1999) bave se utjecajem klimatskih obilježja na reljefne oblike Velebita. Glacijaciju Sjevernog Velebita istraživali su Bognar i dr. (1991), a glacijaciju Srednjeg Velebita Bognar i dr. (1997) i Bognar i Faivre (2006). Fuerst-Bjeliš i Lozić (2006) izdale su rad o povijesti okoliša velebitskog prostora.

Jaruga i procesa njihova nastanka na području Velebita u kratkim se crtama dotiče samo nekoliko autora (Bočić i dr., 2019; Bognar; 1994; Faivre, 1994b; Rogić, 1958). Radovi o jarugama na razini Hrvatske su rijetki, no ističu se radovi Faivre i dr. (2011) o utjecaju intenzivnih padalina na jaruženje na otoku Krku i Faivre i dr. (2019) o evoluciji suhe doline na otoku Visu. Šegina i dr. (2021) analiziraju linearne oblike na površini otoka Krka, a Lončar (2009) u sklopu geomorfološke regionalizacije srednjeg i južnog otoka Paga kartira i analizira svojstva jaruga tog prostora. Odnosima jaruga – žalo na području hrvatske obale bave se Faivre i Mićunović (2017), Benac (1992) i Ružić i dr. (2011).

4. METODE I MATERIJALI

U radu je korištena metoda analize i vizualizacije u programu ArcGIS Pro te metoda analize satelitskih orto-foto snimaka i Hrvatske osnovne karte (M 1:5000). Statistička analiza obavljena je u programu MS Excel.

Podaci o jarugama i njihovim drenažnim bazenima izvedeni su pomoću skupine alata *Hydrology* u ekstenziji *Spatial Analyst* i korištenjem digitalnog modela reljefa dimenzija piksela 5x5m (DGU, 2019). Kod izdvajanja talvega i drenažnih bazena redom su korištene funkcije *Fill*, *Flow Direction* i *Flow Accumulation* čime je dobiven raster u kojem vrijednost pojedinog piksela označava broj uzvodnih piksela koji se u njemu akumuliraju. Vrijednosti dobivenog rastera reklasificirane su u dva razreda pomoću funkcije *Set Null* s graničnom vrijednosti 1000, čime su izdvojeni pikseli koji označavaju relevantne tokove. Zatim, pomoću funkcije *Stream Order*, Strahlerovom je metodom napravljena klasifikacija tokova te su oni funkcijom *Raster to Feature* pretvoreni u linijske elemente. Drenažni bazeni izdvojeni su na temelju *Flow Direction* rastera pomoću funkcije *Basin*. Obuhvati jaruga kartirani su praćenjem izdvojenih talvega i usporedbom s orto-foto snimkama i povremenim tokovima na Hrvatskoj osnovnoj karti. Unutar atributivnih tablica slojeva drenažnih bazena izvedene su njihove površine, a kod jaruga duljine.

Osnovna morfometrijska analiza obavljena je pomoću funkcija *Slope* (nagib), *Aspect* (orijentacija padina) i *Focal Statistics* (vertikalna raščlanjenost reljefa). Kartografski prikazi izrađeni su preklapanjem poligonskog sloja drenažnih bazena i linijskog sloja jaruga sa dobivenim slojevima hipsometrije, nagiba, orijentacije padina i vertikalne raščlanjenosti reljefa. U svrhu lakše vizualizacije pomoću funkcije *Hillshade* napravljeno je sjenčanje reljefa. Geološka karta izrađena je kartiranjem osnovnih rasjeda i litoloških jedinica s listova Rab (Mamužić i dr., 1969), Gospić (Sokač i dr., 1974) i Silba (Mamužić i dr., 1970) osnovne geološke karte mjerila 1:100 000. Uzdužni i poprečni profili dobiveni su korištenjem funkcije *Profile* u *Elevation* skupini alata.

5. FIZIČKO-GEOGRAFSKA OBILJEŽJA ISTRAŽIVANOG PODRUČJA

5.1. GEOLOŠKA OBILJEŽJA

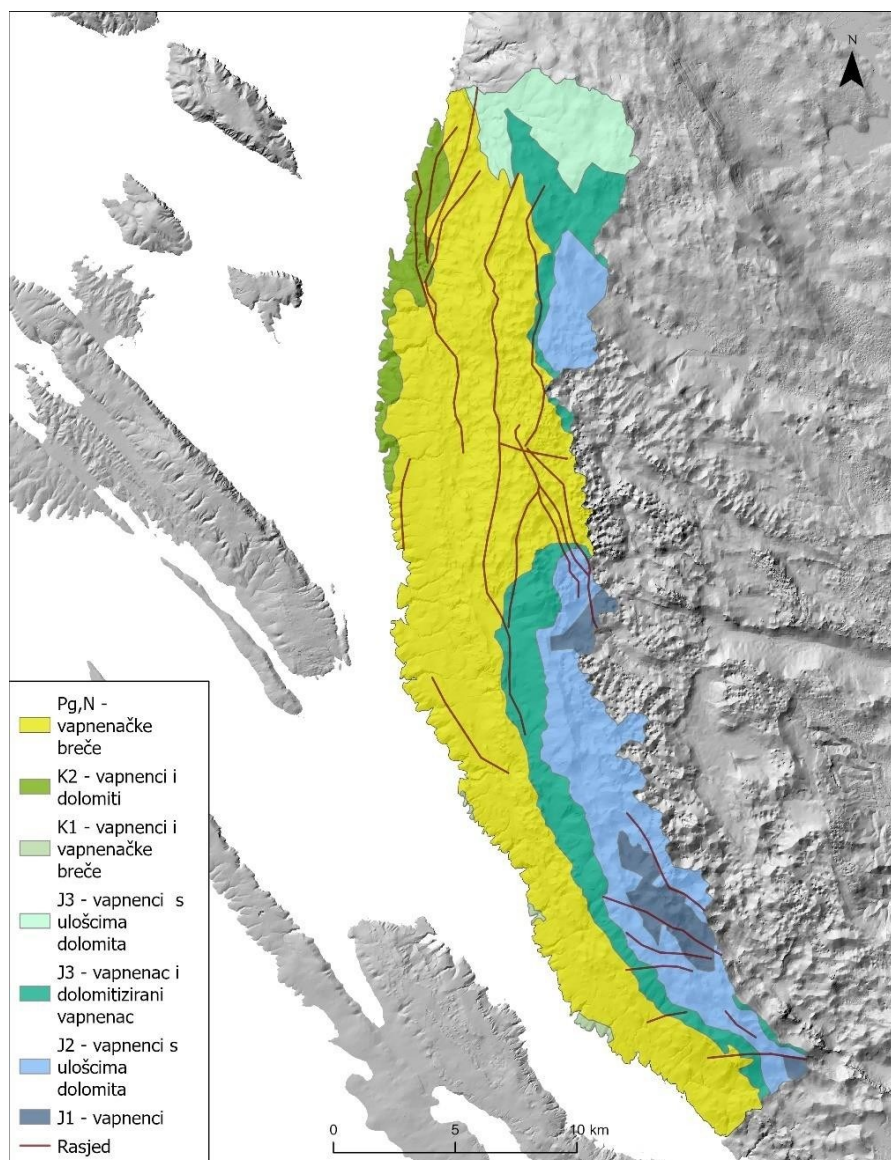
Područje primorske padine Sjevernog i Srednjeg Velebita sustavno je istraženo za potrebe izrade osnovne geološke karte mjerila 1:100 000 u drugoj polovici 20. stoljeća, a obuhvaćeno je listovima Rab (Mamužić i dr., 1969), Gospić (Sokač i dr., 1974) i Silba (Mamužić i dr., 1970).

Velebitski gorski masiv izdignut je tijekom alpske orogeneze podvlačenjem manje jadranske mikroploče pod veću euroazijsku tektonsku ploču. Izdizanje je započelo krajem krede, a završilo početkom kenozoika. U geotektonskom smislu Velebit je dio morfostrukturne jedinice Dinarik koja je na jugozapadu Velebitskim rasjedom odijeljena od morfostrukturne jedinice Adrijatik (Klein, 1996; Bočić i dr., 2019). Velebit je konformna borano-navlačno-rasjedna morfostruktura sa složenom antiklinalnom građom uzrokovanom rasjedanjem prethodno cjelovite antiklinale. Opći smjer pružanja rasjeda odgovara dinarskom smjeru pružanja SZ-JI. Na primorskoj su padini slojevi nagnuti u smjeru jugozapada, a na ličkoj strani u smjeru sjeveroistoka što potvrđuje tezu o antiklinalnoj građi (Bognar, 1994).

Velebitska primorska padina sastoji se od pretežno karbonatnih naslaga mezozojske i kenozojske starosti koje se zonalno pružaju duž padine: mlađe se naslage nalaze na nižim nadmorskim visinama, dok kretanjem prema glavnom grebenu prelaze u starije naslage (sl. 2). Najstarije, jurske naslage, nalaze se na najvišem dijelu padine, a uglavnom se sastoje od vapnenaca i dolomitičnih vapnenaca (Mamužić i dr., 1969; Sokač i dr., 1974). Granica s nižim krednim naslagama nalazi se na 700-900 metara nadmorske visine, prema sjeveru se spušta i potpuno nestaje kod Jablanca zbog čega jurske naslage dolaze u kontakt s morem (Rogić, 1958). Naslage iz razdoblja krede uglavnom se sastoje od vapnenaca, dolomita i rudistnih vapnenaca i breča, a zauzimaju veći dio podgorske zaravni u samom podnožju padine (Mamužić i dr., 1969; Mamužić i dr., 1970; Sokač i dr., 1974). Važno je spomenuti i vapnenačke breče (Jelar naslage) kenozojskog postanka superponirane na kredne naslage u nižim dijelovima padine. Njihov se postanak veže uz vrijeme najintenzivnije tektonske aktivnosti i izdizanja Velebita u oligocenu i miocenu tijekom kojih je došlo do fragmentacije krednih i jurskih naslaga iz kojih su kasnijom cementacijom nastale breče. Njihova su svojstva važna za oblikovanje reljefnih oblika ovog područja zbog otpornosti na mehaničko trošenje, ali podložnosti na okršavanje zbog čega su u njima formirani brojni krški reljefni oblici (Klein, 1996; Bočić i dr., 2019). Najmlađe, pleistocenske i holocenske naslage javljaju se u brojnim jarugama i uvalama

donesene čestim bujicama. Taj se materijal sastoji od kršja ili zaobljenih valutica, a često gradi breče i konglomerate vezane crvenkastosmeđim cementom. Zbog njihovog bujičnog postanka, u literaturi se nazivaju i torent-brečama (Rogić, 1958).

Izgled velebitske primorske padine također obilježava stepeničasta građa nastala kao rezultat izmjene izdizanja i tektonskog mirovanja praćenog denudacijom. Izražena su dva zaravnjena segmenta, odnosno predgorske stepenice nagiba 2 – 5°, na visinama od 100 do 300 i 600 do 900 metara (Faivre, 1994b; 1999; Ballut i Faivre, 2012) te dva glavna pregiba nagiba 12 – 55° koja ih odvajaju od viših zona. Te su predgorske stepenice često zvane pedimentima: gornja je nastala u vrijeme mirovanja od eocena do miocena, a donja od pliocena do pleistocena. Širina im se mijenja duž padine, no najveće se proširenje može primijetiti oko Jablanca (Bognar, 1994; Klein, 1996).



Sl. 2. Geološka karta istraživanog područja

Izvor: Mamužić i dr. (1969); Mamužić i dr. (1970); Sokač i dr. (1974)

5.2. GEOMORFOLOŠKA OBILJEŽJA

Morfologija proučavanog prostora određena je pretežno karbonatnom litološkom osnovom, a javljaju se padinski, krški, fluviokrški i glaciokrški procesi i reljefni oblici. Rogić (1958) velebitsku primorsku padinu dijeli na tri morfološke cjeline na temelju različitih litoloških obilježja: podgorsku zaravan, žljebastu udolinu gornjeg pregiba i visokoplaninsku zonu.

Podgorska zaravan najniža je cjelina koja se proteže od obale do granice mlađeg pedimenta i njegovog pregiba. Zaravnjena je vapnenačka površina blagih nagiba ispresijecana brojnim jarugama i suhim dolinama. Veliki nagibi i otapanje ledenjaka u prošlosti omogućili su linearno otjecanje duž padine koje je oblikovalo duboke usjeke (Faivre, 1991; Bognar i dr., 1991). Usjeci počinju u višoj jurskoj zoni, a kretanjem prema području niže nadmorske visine zbog povećanja erozivne snage oni se produbljuju. Jaruge su često ispunjene proluvijalnim materijalom nošenim bujicama, a na njihovom kontaktu s morem u tom su materijalu oblikovana su žala (Rogić, 1956; Rogić, 1958; Bočić i dr., 2019). Transgresijom nakon zadnjeg ledenog doba (Benac i Juračić, 1998) donji su dijelovi ovih jaruga potopljeni čime su oblikovane brojne uvale koje doprinose razvedenosti obale velebitske primorske padine (Bočić i dr., 2019). Proces okršavanja u ovom je dijelu padine oslabljen zbog čega se javljaju samo rijetke, plitke ponikve i škrape na istaknutim, čistim vapnencima. Padinski su procesi također izraženi na strmijim dijelovima, posebno osipavanje i urušavanje (Rogić, 1958).

Žljebasta udolina gornjeg pregiba od podgorske je zaravni odvojena strmim nagibom i nizom uzvišenja (humova) koja koreliraju s položajem rasjeda. Sastoji se od brojnih zatvorenih i poluzatvorenih krških udubljenja (ponikva, uvala i manjih polja). Okršavanje je izraženije nego u podgorskoj zaravni zbog rasta količine padalina s porastom nadmorske visine, stoga su karakteristični krški oblici puno rašireniji. Ponikve su uglavnom ljevkastog oblika dubine do 40 i širine do 100 metara. Pukotinske i žljebaste škrape se uglavnom javljaju uz rubove udubljenja u kršu (Rogić, 1958; Bočić i dr., 2019).

Visokoplaninska zona korelira s pružanjem jurskih naslaga i područje je najrazvijenijih krških oblika. Raširena su rezidualna uzvišenja, posebno kukovi okruženi dubokim, bunarastim ponikvama. Prostor Sjevernog Velebita posebno je poznat po kukovima čiji je nastanak omogućen povoljnom litologijom (topive stijene) i stvaranjem duboke vadozne zone uzrokovane neotektonskim izdizanjem. Za granično područje prema nižoj žljebastoj udolini karakteristična je druga vrsta rezidualnih uzvišenja: humci ili glavice. Strukturno su uvjetovani

i pružaju se paralelno s pružanjem padine, a karakterizira ih stožast izgled i zaobljeni vrhovi (Rogić, 1958; Bočić i dr., 2019).

Pleistocenska glacijacija na području Sjevernog i Srednjeg Velebita dokazana je pronalaskom egzaracijskih (cirkovi, mutonirane stijene) i akumulacijskih glacijalnih oblika (morene) te korelativnih sedimenata. Ledeni pokrov obuhvaćao je područja iznad 1300 metara nadmorske visine (Bognar i dr., 1991; Faivre, 1991; Bognar i dr., 1997).

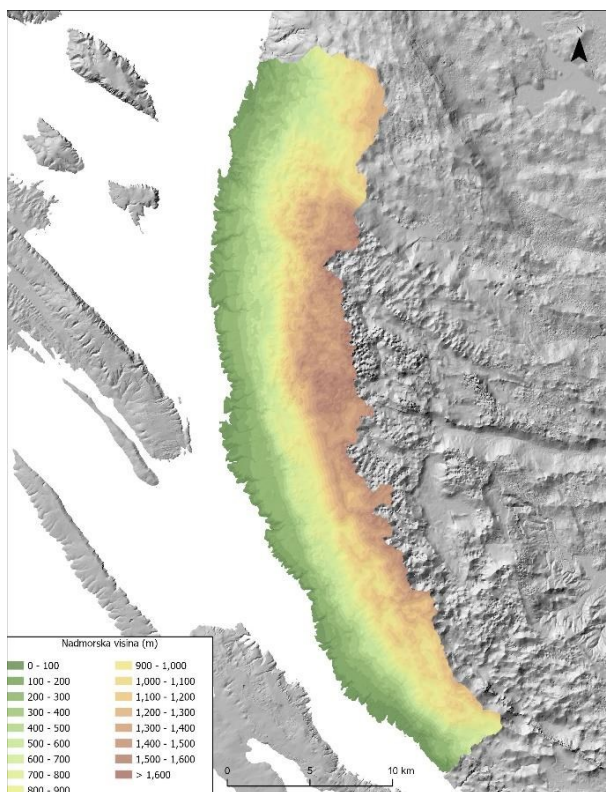
5.2.1. MORFOMETRIJSKA OBILJEŽJA

Na hipsometrijskoj karti istraživnog područja (sl. 3) jasno se ističe prostor predgorske zaravni, odnosno mlađeg pedimenta s prevladavajućim visinama 100 – 300 metara nadmorske visine. Nadalje, ističe se i područje starijeg pedimenta koji obuhvaća 3 razreda visina: 600 – 700, 700 – 800 i 800 – 900 metara. Širina visinskih razreda se, uz iznimke na području pedimenata, smanjuje prema prostoru viših nadmorskih visina.

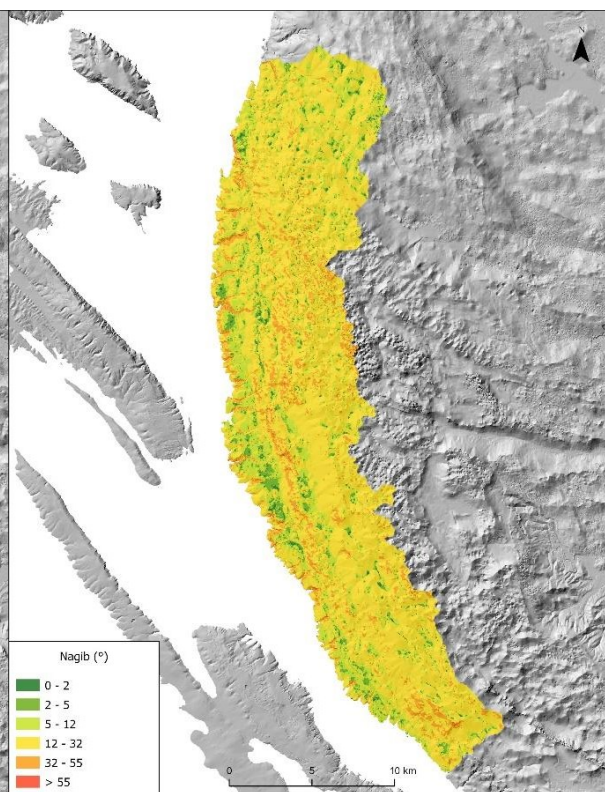
Karta nagiba (sl. 4) prikazuje nagibe padina velebitske primorske padine svrstane u šest razreda prema klasičnoj geomorfološkoj klasifikaciji: 0 – 2° ravnice, 2 – 5° blago nagnuti teren, 5 – 12° nagnuti teren, 12 – 32° jako nagnut teren, 32 – 55° vrlo strm teren i > 55° strmci i litice (Demek, 1972). Vidljivo je da je najčešći razred nagiba diljem padine 12° – 32° (jako nagnut teren) sa zastupljenošću od 67,3 %. Također, ističu se dva paralelna segmenta manjih nagiba 0°- 12° koji se pružaju duž padine, a odgovaraju prostoru koji zauzimaju spomenuti pedimenti (prema Bognar (1994), nagib pedimenata odgovara nagibima do 5°, ali iznimno i do 12°).

Na karti orijentacije padina (sl. 5) vidljivo je da na cijelom istraživnom području prevladava zapadna orijentacija, koja zbog oblika gorskog masiva kretanjem prema sjeveru prelazi u sjeverozapadnu, a kretanjem prema jugu jugozapadnu. U području viših nadmorskih visina i glavnog hrpta, udjeli zastupljenosti pojedinih orijentacija postaju ujednačeni zbog izmjene uzvišenja i udubljenja.

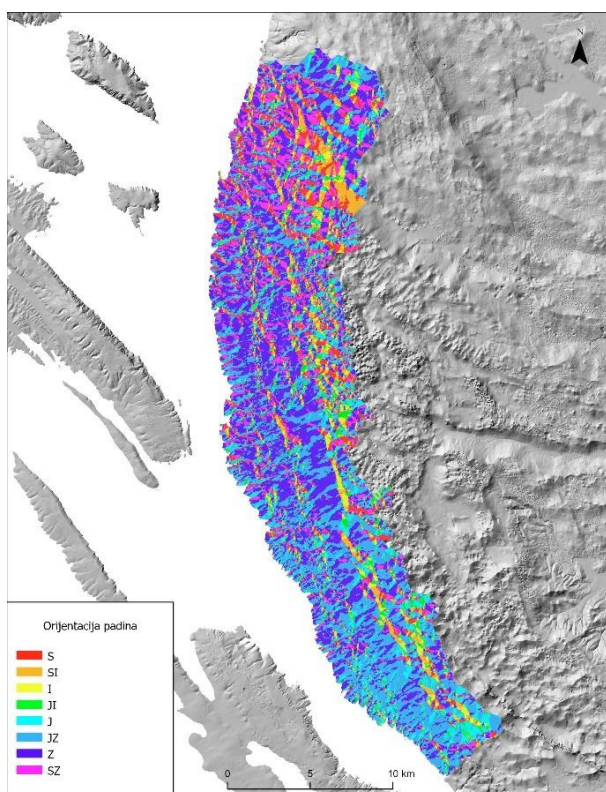
Vrijednosti vertikalne raščlanjenosti reljefa također su svrstane u razrede prema Bognar (1992). Na slici 6 vidljivo je da na istraživnom području dominiraju dvije kategorije vertikalne raščlanjenosti reljefa: umjereno raščlanjen reljef s 100 – 300 m/km² (55,9 %) i izrazito raščlanjen reljef s više od 300 m/km² (36,9 %), dok je udio ostalih kategorija zanemariv.



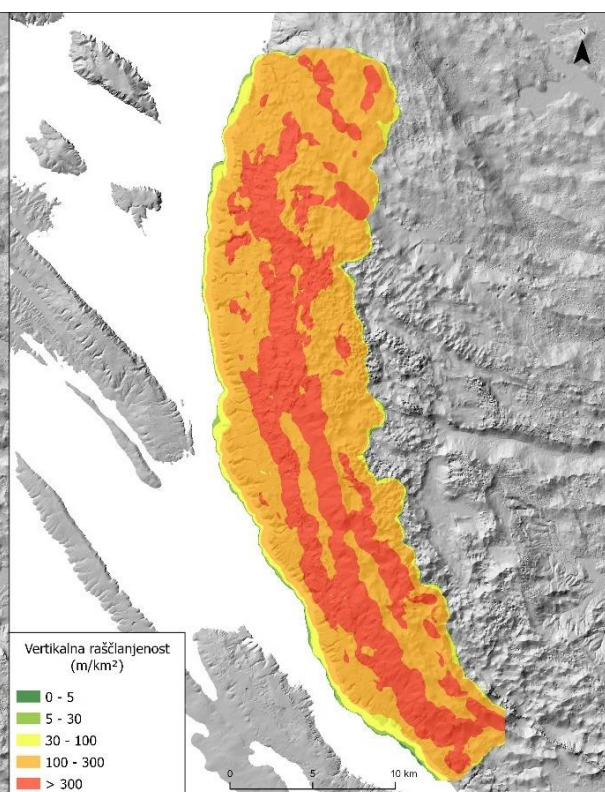
Sl. 3. Hipsometrijska karta istraživanog područja



Sl. 4. Karta nagiba istraživanog područja



Sl. 5. Karta orijentacije padina istraživanog područja

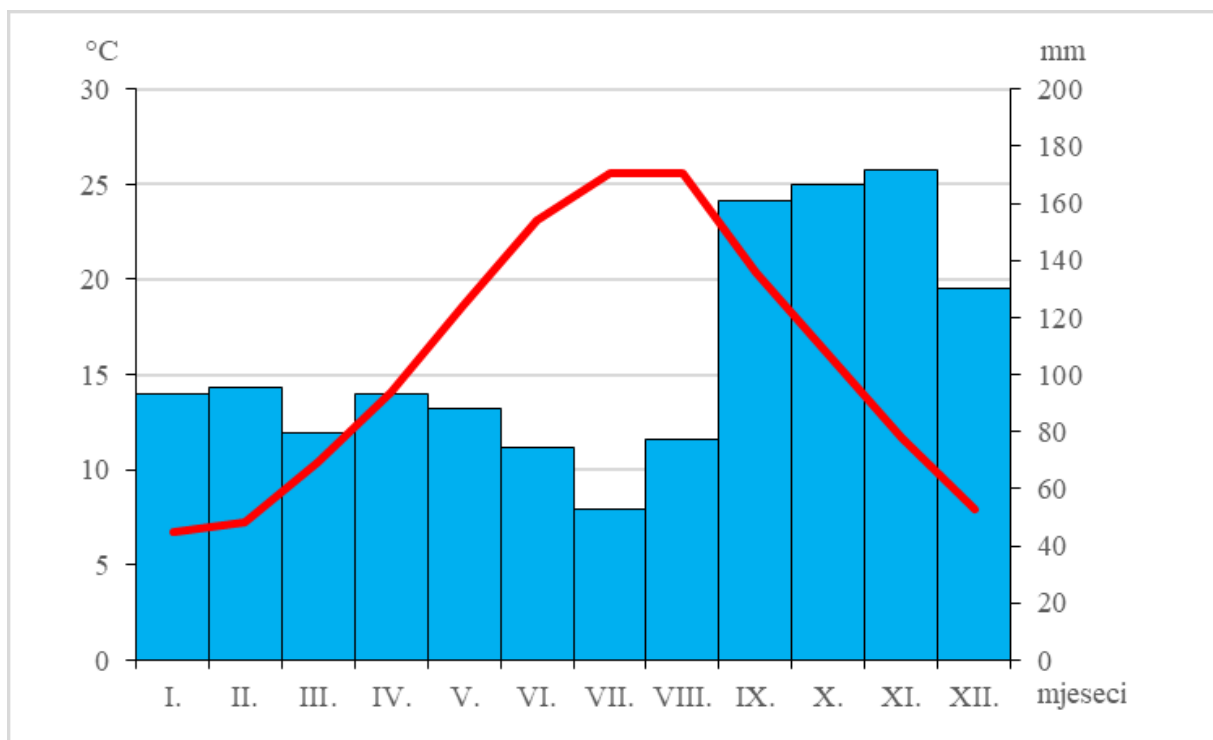


Sl. 6. Karta vertikalne raščlanjenosti reljefa istraživanog područja

5.3. KLIMATSKA OBILJEŽJA

Velebit, uz ostatak Dinarida, služi kao reljefna prepreka za zračne mase koje dolaze sa Sredozemnog i Jadranskog mora nošene glavnim zapadnim vjetrovima, zbog čega je utjecaj mora ograničen na uzak obalni pojas. Topao i vlažan zrak zadržava se na primorskoj strani, a njegovim dizanjem nastaju obilne orografske padaline. Važan klimatski čimbenik ovog prostora je i velika razlika u nadmorskoj visini unutar malog područja, zbog koje su za očekivati velike promjene u vrijednostima određenih klimatskih elemenata unutar prostora velebitske primorske padine (Perica i Orešić, 1999; Šegota i Filipčić, 1996).

Budući da se na istraživanom prostoru ne nalazi ni jedna glavna meteorološka postaja, obilježja klime analizirat će se pomoću podataka iz postaje Senj i zapažanja iz drugih literaturnih izvora. Prema Köppenovoj klasifikaciji klima i na temelju tridesetogodišnjeg niza podataka od 1991. do 2020. godine, Senj ima umjereno toplu vlažnu klimu s vrućim ljetom (*Cfa*) (sl. 7). Prema Filipčić (1998), klima *Cfa* proteže se duž cijele velebitske primorske padine do unutrašnje Dalmacije, stoga nije pogrešno generalizirati klimu ovog prostora na temelju jedne meteorološke postaje. Srednja godišnja temperatura iznosi 15,6 °C. Najtopliji mjeseci bili su srpanj i kolovoz s istom prosječnom temperaturom od 25,6 °C, dok je najhladniji mjesec bio siječanj s prosječnom temperaturom od 6,7 °C.



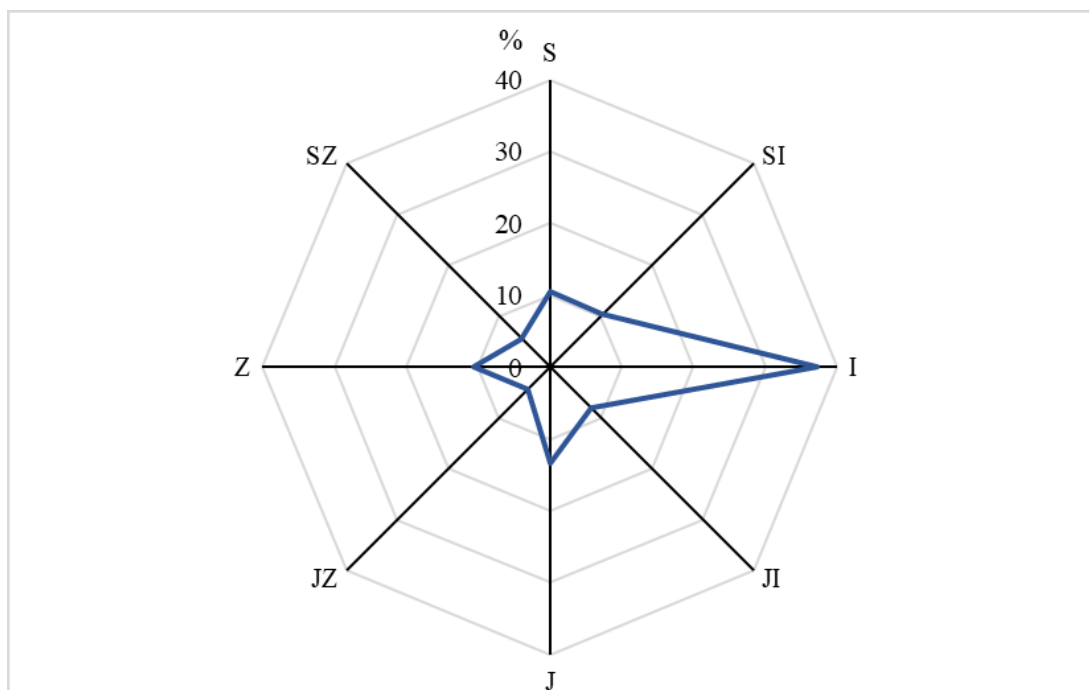
Sl. 7. Klimadijagram glavne meteorološke postaje Senj za razdoblje 1991. – 2020.

Izvor: DHMZ (2023)

Zbog zapadne i jugozapadne ekspozicije velebitske primorske padine te manjka guste vegetacije, omogućeno je jako zagrijavanje prevladavajuće stijenske podloge te njeno termomehaničko raspadanje. Također, takva izloženost Sunčevom zračenju uzrokuje i veliku sušnost ovog prostora. Zbog toga, korozijski procesi karakteristični za vapnenačku podlogu izostaju, a u većoj se mjeri javljaju padinski procesi (Perica i Orešić, 1999).

Prosječna godišnja količina padalina za postaju Senj iznosi 1285 mm. Jesen se jasno ističe kao najkišovitiye godišnje doba (sl. 7), a generalno najviše padalina padne u hladnijoj polovici godine zbog čega ovaj prostor ima mediteranski tip godišnjeg hoda padalina. Također, većina padalina, posebno u ljetnom periodu, padne u obliku kratkih i intenzivnih pljuskova (Perica i Orešić, 1999; Šegota i Filipčić, 1996).

Na glavnoj meteorološkoj postaji Senj u godišnjem prosjeku prevladavaju vjetrovi iz istočnog, sjeveroistočnog i sjevernog smjera (sl. 8). Prema Perica i Orešić (1999), na cijelom području Velebita prevladavaju vjetrovi iz smjera kopna, od kojih je najizraženija bura koja puše iz smjera sjevera, sjeveroistoka i istoka ovisno o reljefnim predispozicijama određenog prostora. Nastaje nagomilavanjem hladnog zraka iza reljefne prepreke na sjeveroistoku, njegovim dizanjem, prelaskom preko prepreke te spuštanjem prema obali, tijekom čega dolazi do sušenja zraka. Posebno jaki prodori bure nastaju na izlasku iz prijevoja koji kanaliziraju i dodatno pojačavaju intenzitet vjetra. Bura uvelike utječe i na smanjenje relativne vlage zraka i isušivanje tankog sloja tla koji pokriva karbonatnu stijensku podlogu.



Sl. 8. Srednja godišnja raspodjela smjera vjetra na postaji Senj za razdoblje 1991.-2020.

Izvor: DHMZ (2023)

Intenzitet evaporacije duž velebitske primorske padine povećava se sa smanjenjem nadmorske visine, posebno zbog povećanja temperature, vjetrovitosti i smanjenja relativne vlage zraka. On je najizraženiji ljeti, kada evaporacija uvelike premašuje količinu primljenih padalina. Rezultat tog odnosa je pojačana sušnost u ljetnom periodu (Perica i Orešić, 1999).

5.4. PEDOLOŠKA OBILJEŽJA

Pedološki pokrov velebitske primorske padine rezultat je međusobnog odnosa klimatskih faktora, sastava stijena, hidrografske mreže i antropogenog djelovanja kroz prošlost. Na pretežno karbonatnoj osnovi razvijena su plitka tla: rendzine s malim udjelom organske tvari (Ballut i Faivre, 2012), smeđa tla na vapnencu i vapnenačko-dolomitna crnica. U najnižim dijelovima, posebno na nižoj predgorskoj stepenici prevladavaju skeletna tla i kamenjar koji onemogućavaju izraženiji razvoj biljnih zajednica. Zbog takve podloge, izraženi su padinski procesi koji denudiraju već plitki pedološki pokrov pretvarajući ga u kamenjar (Bognar, 1994; Magaš, 2013).

5.5. VEGETACIJSKA OBILJEŽJA

Vegetacijski pokrov određenog područja u uskoj je vezi s njegovim klimatskim obilježjima i sastavom zemljišta, no kod velebitske primorske padine važan je i antropogeni utjecaj. On se ponajprije manifestirao kroz načine korištenja zemljišta kroz povijest, tradicionalno stočarstvo s fokusom na ovce i koze i eksploataciju oskudnih šuma. Klimatska obilježja koja određuju vegetacijski pokrov ovog područja su visoke ljetne temperature, velika insolacija, utjecaj suhih vjetrova s kontinenta (pretežito bure) i oskudne padaline ljeti u obliku naglih pljuskova, a od litoloških obilježja važno je spomenuti karbonatnu podlogu (Bognar, 1994; Klemenčić, 2017).

Vegetacija velebitske primorske padine pripada mediteranskoj florističkoj regiji holarktisa. Većina autora ju nadalje svrstava u submediteransku vegetacijsku zonu (zbog toplih, suhih ljeta, ali i hladnijih i kišovitijih zima od pravog mediteranskog prostora) koja na granici Srednjeg i Južnog Velebita prelazi u eumediteransku zonu (Trinajstić, 1998). Submediteransku vegetacijsku zonu obilježavaju listopadne zajednice hrasta medunca i bijelog graba s drugim vrstama poput jasena, javora i sl. Na nižim dijelovima velebitske primorske padine ta je zajednica uglavnom degradirana u garig i kamenjar, odnosno, veći je udio ogoljelih stijena,

nego područja prekrivenih vegetacijom. Šumarci spomenutih vrsta razvijeni su jedino u zaklonjenijim područjima ili ograđeni suhozidima. Razlog tome je dugotrajno iskorištavanje šumskog pokrova i pašnjaka, prevlast destruktivnih padinskih procesa i isušivanje zbog intenzivne bure. Od ostalih biljaka koje uspijevaju mogu se navesti drača, smrik, kadulja, smilje i sl. (Rogić, 1958; Bognar, 1994; Magaš, 2013).

Prelazeći su više predjele, u području uvala druge predgorske stepenice pokrivenost vegetacijom raste. Iako je kamenjar i dalje najviše proširen, veći je udio šikara i šumaraka. Tamo se uz spomenutu zajednicu hrasta medunca i bijelog graba u razbacanim šumarcima javljaju crni grab i crni bor koji je na mnogo mjesta umjetno nasađen. U najvišem pojasu, uglavnom iznad 800-900 metara nadmorske visine, javlja se bukva kao prijelazna vrsta između mediteranske i eurosibirsko-sjevernoameričke regije. Ona se također javlja u razbacanim šumarcima i šikarama pomiješana s crnim grabom, javorom i crnim jasenom (Rogić, 1958; Magaš, 2013).

5.6. HIDROLOŠKA OBILJEŽJA

Uspoređujući primorsku i kontinentsku padinu Velebita, Rogić (1956) spominje kako je glavno obilježje primorske padine sušnost i nedostatak izvora pitke vode. Malobrojna vrela vezana su uz dodir nepropusnih i propusnih stijena uglavnom uz obalu, od kojih su najvažnija ona u Jurjevskoj Žrnovnici, Svetom Jurju, Donjoj Kladi, itd. Također, česta je pojava vrulja duž obale Velebitskog kanala, npr. u uvalama Vrulja, Zavratnica i Jurišnica (*Plan upravljanja*, 2022). Česta je pojava vode u kamenicama, škrapama i lokvama koje su u prošlosti za stanovništvo i stoku služile kao važni izvori vode (Bognar, 1994). Unatoč relativno velikoj godišnjoj količini padalina, propusna karbonatna podloga većinski građena od vapnenca onemogućava razvoj stalnih površinskih tokova i razgranate hidrografske mreže. Jedini stalni tokovi na velebitskoj primorskoj padini su kratki, a nalaze se u Senjskoj dragi i Paklenici koje ne ulaze u obuhvat ovog istraživanja. Povremeni tokovi javljaju se nakon intenzivnih padalina i oni su isključivo bujičnog karaktera s trajanjem od nekoliko sati. Takvi tokovi usijecaju se u plitko tlo i rastresiti stijenski materijal formirajući vododerine i jaruge (Rogić, 1958; *Plan upravljanja*, 2022).

6. REZULTATI

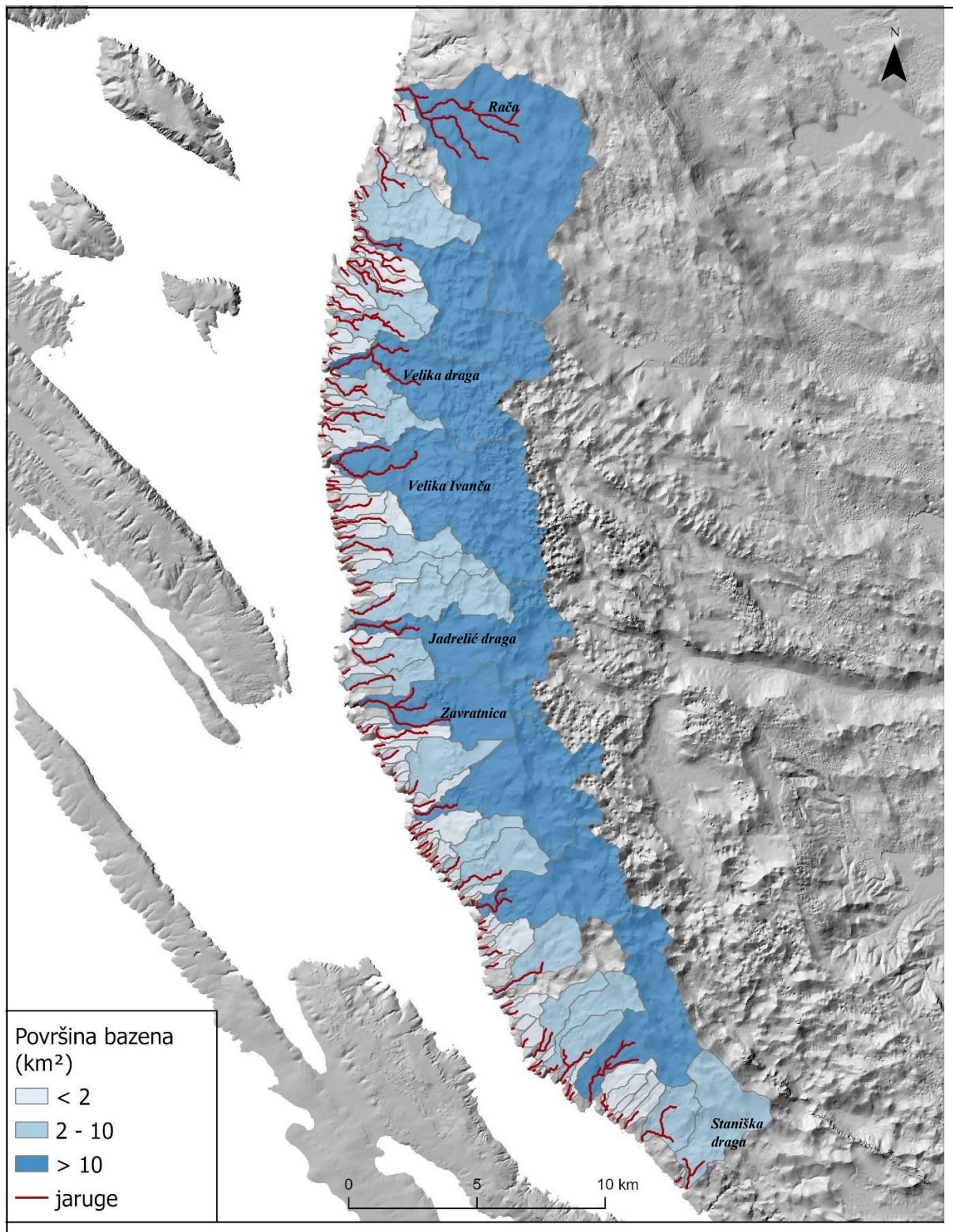
6.1. OBILJEŽJA DRENAŽNIH BAZENA

Drenažni bazeni osnovne su jedinice istraživanja u fluvijalnoj geomorfologiji, čija su obilježja, poput njihove veličine, oblika i nagiba te odnosa s pripadajućim jarugama, osnova za proučavanje procesa kojima se jaruge oblikuju i evoluiraju (Gómez-Gutierrez i dr., 2015; Goudie, 2004). Također, obilježja drenažnih bazena igraju veliku ulogu u određivanju intenziteta jaruženja, koje je aktualna tema u mnogim geomorfološkim istraživanjima današnjice (Castillo i Gómez, 2016).

Na istraživanom prostoru izdvojeno je ukupno 114 drenažnih bazena s pripadajućim jarugama. Najmanji bazen površine je 0,03 km², a najveći pripada sustavu Rača i površine je 41,76 km². Prosječna površina drenažnih bazena iznosi 2,62 km². Površina 89 izdvojenih drenažnih bazena manja je od prosjeka, dok je kod njih 25 veća. Na slici 9 prikazani su drenažni bazeni klasificirani prema površini: njih 82 s površinom manjom od 2 km², 20 s površinom između 2 i 10 km² i 9 s površinom većom od 10 km².

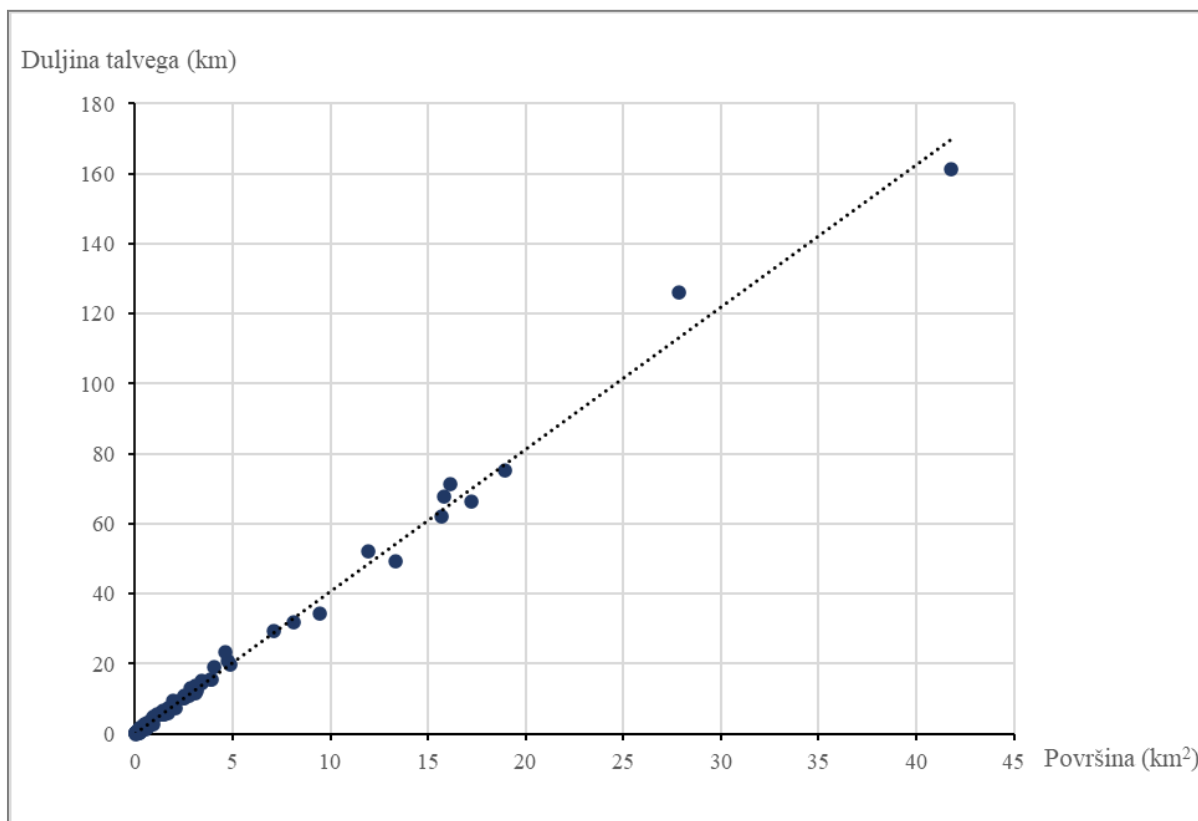
Na temelju digitalnog modela reljefa izvedeni su talvezi, čijim je tokovima zatim dodijeljen red Strahlerovom metodom klasifikacije tokova. Najveći dodijeljeni red je 6., a javlja se samo kod jednog drenažnog bazena. Kod 8 drenažnih bazena najveći je red 5., kod 18 bazena najveći je red 4., kod 23 bazena najveći je red 3., kod 31 bazena najveći je red 2., a kod 33 bazena najvećem je toku dodijeljen 1. red. Prosječan broj redova po Strahleru iznosi 2,47.

Izračunat je Pearsonov koeficijent korelacije između površine bazena i njihovog najvećeg Strahlerovog reda. Prema Šošić i Serdar (2002), vrijednost Pearsonovog koeficijenta korelacije 0 označava nedostatak korelacije, vrijednosti od 0 do 0,5 označavaju slabu korelaciju, od 0,5 do 0,8 korelaciju srednje jačine, od 0,8 do 1 čvrstu korelaciju, a vrijednost 1 označava potpunu korelaciju. Pearsonov koeficijent korelacije površine drenažnih bazena i najvećeg Strahlerovog reda iznosi 0,69, što označava korelaciju srednje jačine. Kod interpretacije tog rezultata treba uzeti u obzir moguće pogreške kod izdvajanja drenažnih bazena i talvega, kao i dodjele redova tokovima automatiziranom metodom.



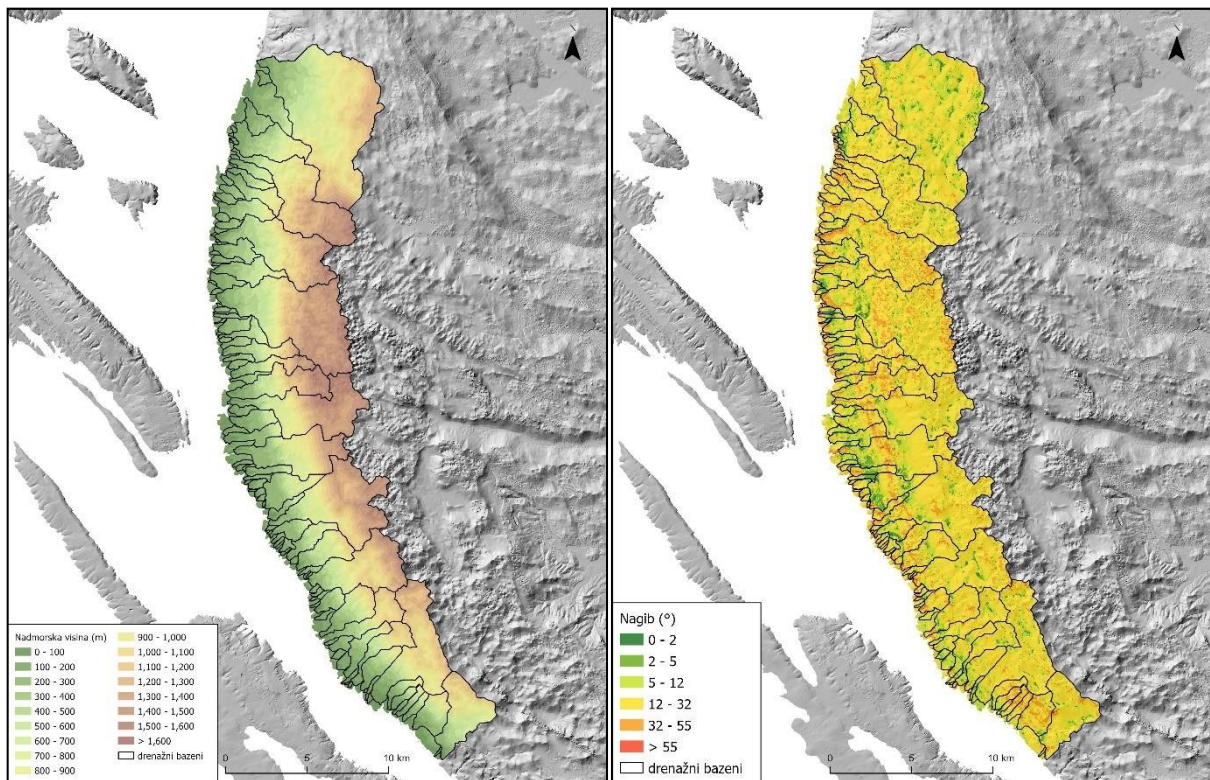
Sl. 9. Izdvojeni drenažni bazeni i pripadajuće jaruge

Prosječna duljina izdvojenih talvega iznosi 10,7 km. Najkraći od njih duljine je 15 m, a najdulji 161,15 km te odgovara drenažnom bazenu sustava Rača. Pearsonov koeficijent korelacije između površine drenažnog bazena i ukupne duljine talvega iznosi 1,00, što označava potpunu korelaciju. Njihov je odnos grafički prikazan na slici 10.



Sl. 10. Korelacija površine drenažnog bazena i ukupne duljine pripadajućih talvega

Izdvojeni drenažni bazeni mogu se podijeliti u tri kategorije (sl. 9), ovisno o njihovoj veličini i pružanju primorskom padinom. Najmanji drenažni bazeni, približno površine do 2 km², pružaju se obalnom zonom, najviše do pregiba između mlađeg i starijeg pedimenta i izduženog su oblika. Bazeni srednje veličine, veličine između 2 i 10 km² također su izduženog oblika, uz izraženija proširenja na području pedimenata. U pravilu se ne pružaju područjima višim od 1000 metara nadmorske visine, odnosno ne prelaze rub gornjeg pregiba starijeg pedimenta. Najveći se bazeni (veći od 10 km²) jedini šire u visokoplaninsku zonu u kojoj im je oblik znatno širi od prethodnih kategorija. Međutim, spuštanjem u niže nadmorske visine oni se sužavaju, povremeno se ponovno proširujući na području oba pedimenta i ostalih zaravnjenih površina (sl. 11 i 12).



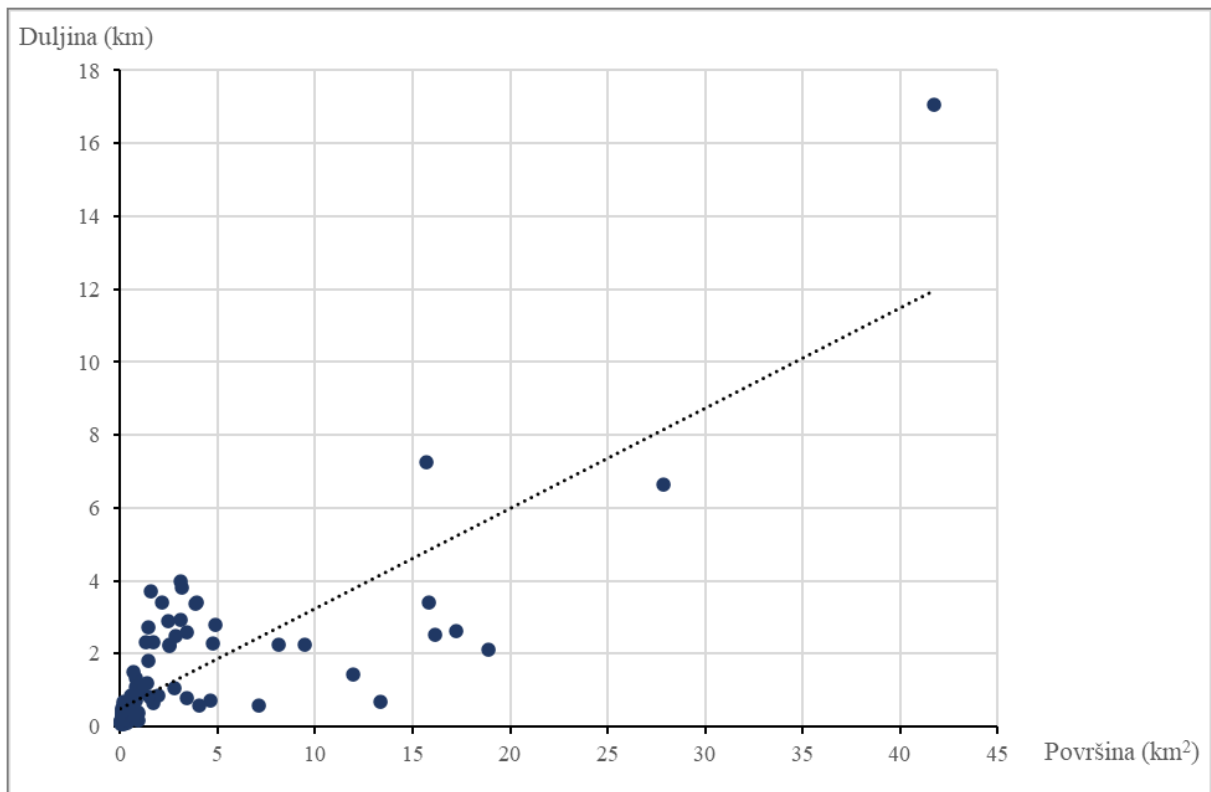
Sl. 11. Prikaz rasporeda granica drenažnih bazena na hipsometrijskoj podlozi

Sl. 12. Prikaz rasporeda granica drenažnih bazena na karti nagiba

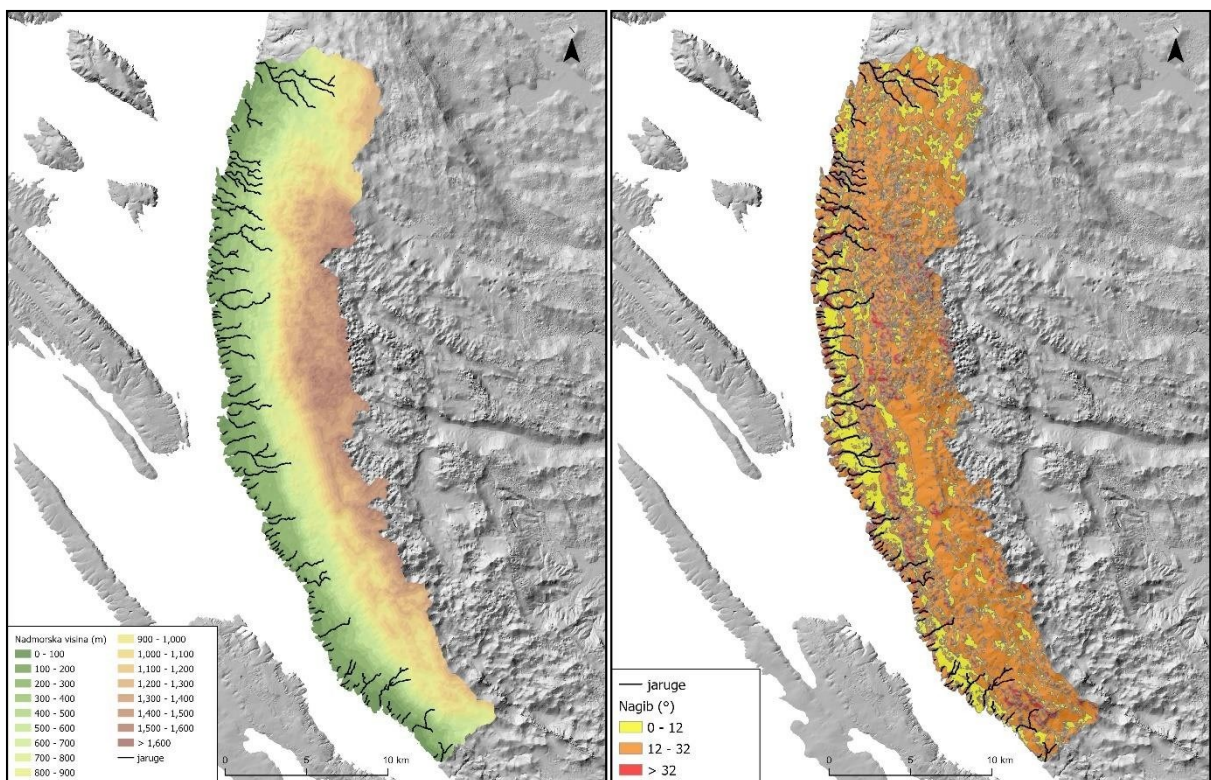
6.2. OBILJEŽJA JARUGA

Na istraživanom području kartiranjem iz automatski izvedenih talvega i usporedbom sa satelitskim snimkama i Hrvatskom osnovnom kartom izdvojeno je 114 jaruga. Njihova prosječna duljina iznosi 1200 m. Duljina najkraće jaruge iznosi 61 m, a duljina najduže 17 068 m. 84 jaruge manjih su dimenzija od prosjeka, dok je njih 30 veće od prosjeka, što se u značajnoj mjeri slaže s istim odnosom kod drenažnih bazena.

Izračunat je Pearsonov koeficijent korelacije površine drenažnih bazena i duljine pripadajućih jaruga. On iznosi 0,82, što označava čvrstu korelaciju. Njihov je odnos grafički prikazan na slici 13. Kao i kod odnosa površine bazena i najvećeg Strahlerovog reda, potrebno je uzeti u obzir pogreške kod automatskog izdvajanja talvega i ručnog kartiranja opsega jaruga na temelju vizualne interpretacije.



Sl. 13. Korelacija površine drenažnog bazena i duljine pripadajućih jaruga



Sl. 14. Prikaz rasporeda jaruga na hipsometrijskoj podlozi

Sl. 15. Prikaz rasporeda jaruga u odnosu na nagib terena

Izdvojeno je 96 jednostavnih jaruga (s jednim tokom) i 18 složenih jaruga (s razgranatim tokom). Složene se jaruge poklapaju s najvećim drenažnim bazenima koji se protežu do samog vrha primorske padine i glavnog grebena te zauzimaju prostore većih nagiba. Jednostavne se jaruge pružaju okomito na smjer pružanja padine i presijecaju mlađi pediment ili se protežu samo do donjeg ruba mlađeg pedimenta na područjima većih nagiba. Jednostavne jaruge najzastupljenije su na području Srednjeg Velebita, a veća je razgranatost i gustoća jaruga vidljiva na području Sjevernog Velebita. Duž padine ne postoji prostor na kojem jaruge u potpunosti izostaju.

Zbog lakše vizualizacije, nagibi su na slici 15 klasificirani u 3 kategorije: $0 - 12^\circ$ što odgovara nagibu pedimenata (Bognar, 1994), $12 - 32^\circ$ gdje je jaruženje najčešće (Lončar, 2009; Faivre i dr., 2011) i $> 32^\circ$ što označava vrlo strme terene. Čela većine jaruga nalaze se na prostorima nagiba većih od 12° . Nagibi unutar jaruga, odnosno na njihovim stranama, uglavnom su veći od 32° , no oni se smanjuju udaljavanjem od ušća jaruge. Tako na izvorišnim dijelovima nagibi strana mogu biti svrstani u razred $12 - 32^\circ$.

Najkraće i jednostavne jaruge uglavnom se protežu do nadmorske visine od 300 metara, dok se čela onih najdužih u pravilu ne nalaze iznad 1000 metara nadmorske visine (sl. 14). Jednostavne jaruge u velikoj se mjeri poklapaju s bazenima kod kojih su glavni tokovi klasificirani u 1. i 2. red prema Strahleru. Na istraživanom području utvrđena je gustoća jaruga od $0,35$ jaruga/km².

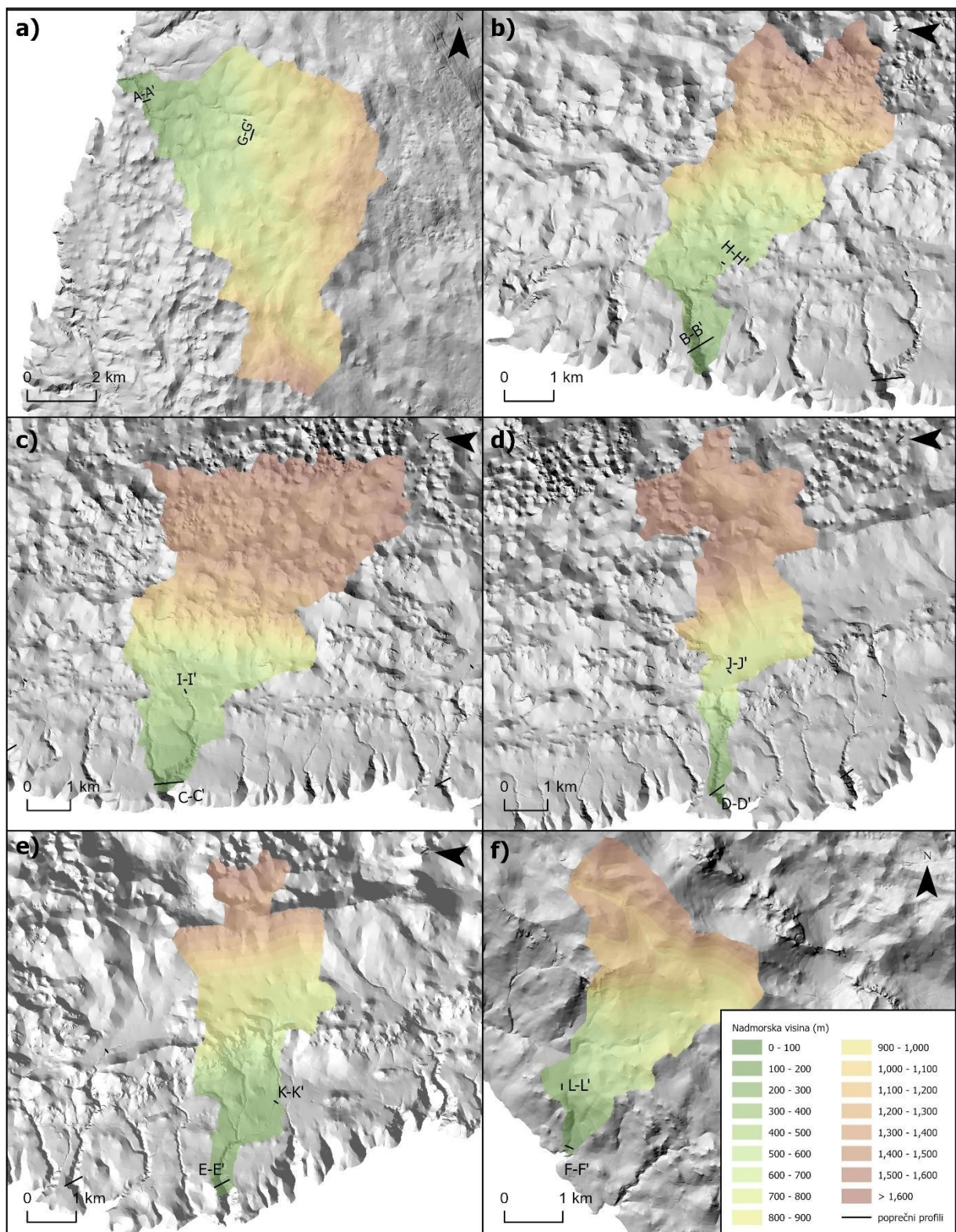
6.3. ANALIZA ODABRANIH JARUGA

Za daljnju je analizu izdvojeno šest najvećih jaruga čiji se drenažni bazeni protežu do samog vrha velebitske primorske padine. Od sjevera prema jugu to su: Rača, Velika draga, Velika Ivanča, Jadrelić draga, Zavrtnica i Staniška draga. Zavrtnica i Staniška draga nalaze se na primorskoj padini Srednjeg Velebita, dok se ostale nalaze na padini Sjevernog Velebita. U tablici 1 prikazana su njihova osnovna obilježja.

Tab.1. Osnovna obilježja odabranih jaruga

| Naziv | Duljina (m) | Broj tokova | Površina drenažnog bazena (km ²) | Prosječan nagib drenažnog bazena |
|-----------------------|-------------|-------------|--|----------------------------------|
| <i>Rača</i> | 17068 | 8 | 41,76 | 16° |
| <i>Velika draga</i> | 7269 | 3 | 15,70 | 24° |
| <i>Velika Ivanča</i> | 6637 | 3 | 27,86 | 22° |
| <i>Jadrelić draga</i> | 3401 | 2 | 15,81 | 20° |
| <i>Zavrtnica</i> | 7527 | 3 | 11,95 | 20° |
| <i>Staniška draga</i> | 2262 | 2 | 9,46 | 20° |

Sve su izdvojene jaruge složene, s minimalno dva toka. Najveća duljina, broj tokova i površina drenažnog bazena utvrđeni su kod jaruge Rača. Najmanju duljinu i površinu drenažnog bazena ima Staniška draga. Prosječni nagibi drenažnih bazena kreću se od 16° do 24°, što odgovara razredu nagiba 12° - 32° kod kojeg je jaruženje najčešće. Veća površina drenažnog bazena može se povezati s manjim prosječnim nagibom bazena, no postoje odstupanja. Oblici njihovih drenažnih bazena odgovaraju već spomenutim obilježjima najvećih izdvojenih bazena, tj. prošireni su u visokoplaninskoj zoni te se sužavaju prelaskom u niže nadmorske visine.



Sl. 16. Odabrane jaruge i pripadajući drenažni bazeni s prikazom hipsometrije i lokacija poprečnih presjeka: a) Rača, b) Velika draga, c) Velika Ivanča, d) Jadrelić draga, e) Zavratnica, f) Staniška draga

Pomoću funkcije *Profile* izdvojeni su uzdužni i poprečni profili odabranih jaruga. Uzdužni profili izdvojeni su iz glavnog toka jaruge dobivenog uz pomoć Strahlerove klasifikacije tokova. Na svim su jarugama izdvojena dva poprečna profila: jedan u donjem toku na području najvećeg usjeka, a drugi na području gornjeg toka na mjestu usjeka u donji pediment.

Slike 17-22 prikazuju uzdužne profile jaruga. Kod interpretacije treba uzeti u obzir mogućnost nepravilne automatizirane ekstrakcije talvega, odnosno nepotpunog poklapanja izdvojenog talvega sa stvarnim talvegom. Također treba uzeti u obzir antropogene elemente (uglavnom prometnice) koje deformiraju prirodni tok jaruge.

Na temelju izdvojenih profila vidljive su razlike između odabranih jaruga. Uzdužni profili jaruga Rača, Zavrtnica i Staniška draga uglavnom su jednoliki, bez većih promjena nagiba diljem toka. S druge strane, kod Velike Ivanče javljaju se dva izraženija pregiba unutar toka: jedan u prvom, drugi u trećem kilometru toka. Gornje tokove obilježavaju veći nagibi, a donje manji, što označava veće erozijsko djelovanje u gornjem toku i povećavanje akumulacije materijala i posljedično uravnavanja profila u donjem toku. Kod svih je jaruga vidljivo odstupanje od ravnotežnog stanja (Benac, 1992), što može označavati neotektonsku aktivnost.

Poprečni presjeci donjih tokova jaruga (sl. 23-28) uglavnom su simetrični. Širine presjeka poprimaju vrijednosti od 150 m (Rača) do 500 m (Velika Ivanča). Dna jaruga Rača, Velika Ivanča, Jadrelić draga i Zavrtnica zaobljena su te njihovi presjeci poprimaju oblik slova U. Kod Velike drage i Staniške drage zabilježen je drugačiji oblik poprečnog presjeka koji se može okarakterizirati kao prijelazni iz slova U u slovo V, no nagibi unutar svih jaruga poprimaju slične vrijednosti. Dubine presjeka variraju od 35 m (Staniška draga) do 200 m (Velika draga).

Poprečni presjeci gornjeg toka odabranih jaruga neujednačeniji su od presjeka donjih tokova te su zabilježene veće razlike u njihovim oblicima. Dubine presjeka poprimaju vrijednosti od 5 m (Staniška draga) do 50 m (Rača). Širine profila kreću se od 55 m (Zavrtnica) do 300 m (Rača). Sukladno očekivanjima, vidljivo je da su širine i dubine poprečnih presjeka gornjih tokova manje od poprečnih presjeka donjih tokova.

7. RASPRAVA

Na oblik jaruga i procese koji ih oblikuju uvelike utječe okoliš u kojem se one nalaze, posebice hidrološki i klimatski uvjeti te litološka podloga (Thwaites i dr., 2021). Velebitska primorska padina okarakterizirana je jednolikim litološkim sastavom s prevlašću karbonata, zbog čega je utjecaj litologije na raspored jaruga minimalan. Jaruge nisu rasjedno predisponirane zbog njihovog okomitog položaja u odnosu na pružanje glavnih rasjeda (sl.2), međutim, moguće ih je povezati s tektonskim pukotinama okomitim na glavne rasjede (Faivre, 1994a).

Na aktivaciju i transport sedimenta putem bujica, kao i erozivnu snagu toka, velik utjecaj ima nagib terena (Ružić i dr., 2011). Na karbonatnim podlogama velik nagib posebno utječe na povećanje udjela površinskog otjecanja, koje zamjenjuje poniranje i infiltraciju padalinske vode, omogućujući usijecanje tokova (Bočić i dr., 2019). Morfometrijskom analizom promatranog područja utvrđena je najveća zastupljenost nagiba u rasponu od 12° do 32°, za koji je kroz prethodna istraživanja utvrđeno da pogoduje jaruženju. Denudacijski procesi postaju jači na nagibima iznad 12° te dolazi do povećanja intenziteta linearne erozije (Lončar, 2009; Faivre i dr., 2011). Kretanjem prema dnu padine, erozivna snaga tokova postaje veća (Bočić i dr., 2019) te počinje usijecanje u zoni mlađeg pedimenta, a daljnjim otjecanjem prema obali urezi se produbljuju oblikujući duboke jaruge, što je potvrđeno analizom odabranih poprečnih presjeka.

Velik utjecaj na eroziju imaju klimatska obilježja nekog prostora, posebno kao preduvjet razvoja vegetacijskog pokrova (Goudie, 2004). U slučaju promatranog prostora, glavno obilježje njegove klime jest sušnost uzrokovana karbonatnom podlogom te prisojnom ekspozicijom koja nadalje ima utjecaj na hod temperature, padalina i raspodjelu jačine i smjera vjetrova (Rogić, 1958). Intenzivno zagrijavanje ljeti i relativno visok albedo stijenske podloge uvjetuju nisku relativnu vlagu zraka koja povećava sušnost. Također, najmanje padalina javlja se ljeti, dok se maksimum javlja u jesenskim mjesecima, pretežno u obliku kratkotrajnih intenzivnih pljuskova koji formiraju bujice te pokreću proces jaruženja (Perica i Orešić, 1999). Izraženo jaruženje ujesen kao posljedica intenzivnih padalina zabilježeno je i na otoku Krku (Faivre i dr., 2011). Pojava bure također ima utjecaj na povećanje sušnosti zraka, ali i tankog sloja tla koji pokriva karbonatnu podlogu. Zbog svega navedenog, ali i gospodarenja od strane stanovništva kroz prošlost, vegetacijski pokrov primorske padine je oskudan.

Nastavno na klimatska i vegetacijska obilježja, potrebno je spomenuti orijentaciju padina. Prevladavajuća zapadna orijentacija koja kretanjem prema jugu promatranog područja prelazi u jugozapadnu i južnu, uzrok je intenzivnog zagrijavanja koje, uz velike temperaturne amplitude, potencira mehaničko trošenje ogoljele stijenske podloge i posljedično omogućava pokretanje materijala na padinama (Lončar, 2009; Faivre i Mićunović, 2017).

Tijekom analize izdvojeno je 114 jaruga čije duljine pokazuju čvrstu korelaciju ($r = 0,82$) s površinama pripadajućih drenažnih bazena. Čela jaruga nalaze se unutar razreda nagiba $12^\circ - 32^\circ$ i na nadmorskim visinama do 1000 metara gdje zbog formiranja bujičnih tokova počinje urezivanje u podlogu. Uzdužne profile odabranih jaruga uglavnom obilježavaju blagi padovi, no utvrđena su i odstupanja. Veći, nagli padovi unutar pojedinih jaruga mogu se ponegdje pripisati antropogenim elementima koji ih presijecaju, posebice prometnicama i drugim građevinama, ili njihovom utjecaju na intenzitet erozije i prijenosa sedimenta. Blagi padovi ukazuju na starost odabranih jaruga, no odstupanje od ravnotežnog stanja može ukazivati na usijecanje ili tektonsku aktivnost nakon glavne faze nastanka (Benac, 1992).

Izraženije su razlike kod poprečnih nego kod uzdužnih presjeka odabranih jaruga, gdje je vidljiva prisutnost U i blagog V oblika. Prema Goudie (2004) i Kirkby i Bracken (2009), nakon završetka usijecanja, na strmim stranama jaruga prevladavaju padinski procesi poput osipavanja i urušavanja, koji uzrokuju zatrpavanje dna jaruge i posljedično ublažavanje nagiba unutar nje. Česta je pojava sukcesije vegetacije na zatrpanom dnu te uzdužni i poprečni presjeci poprimaju zaobljene, konkavne oblike. Uzrok razlika u obliku presjeka odabranih jaruga može biti razlika u aktivnosti (one s V profilom aktivno se usijecaju u padinu, dok su one U oblika neaktivne).

Formiranje jaruga na ovom prostoru potrebno je staviti u kontekst glacijacije u pleistocenu te podizanja razine mora u holocenu. Dokazano je postojanje ledenjaka u vrijeme posljednjeg ledenog doba na području Sjevernog i Srednjeg Velebita, čiji su se dijelovi širili na prostor primorske padine (Faivre, 1991; Bognar i dr., 1991; 1997). Otapanjem ledenjaka formirali su se snažni tokovi koji su otjecali prema dnu tada nepotopljenog Velebitskog kanala i formirali duboko usječene jaruge i doline (Bočić i dr., 2019; Faivre i dr., 2019). Podizanjem razine mora u holocenu (Surić i dr., 2009) dna formiranih jaruga se potapaju oblikujući uvale (Faivre i Mićunović, 2017; Bočić i dr., 2019). Promjenom erozijske baze dolazi do smanjenja intenziteta usijecanja te se jaruge postupno zatrpavaju rastresitim materijalom, uz pojave ponovnog pokretanja bujica u vrijeme intenzivnih padalina (Benac, 1992).

8. ZAKLJUČAK

Na području primorske padine Sjevernog i Srednjeg Velebita analizom digitalnog modela reljefa i službenih državnih karata izdvojeno je 114 jaruga prosječne duljine 1,2 km i pripadajućih drenažnih bazena prosječne površine 2,62 km². Utvrđene su čvrste korelacije između površine drenažnih bazena i duljina jaruga, površine drenažnih bazena i duljina talvega te površine drenažnih bazena i Strahlerovog reda glavnog toka. Također, izdvojeno je šest najvećih jaruga te je provedena analiza njihovih uzdužnih i poprečnih presjeka.

Formacija jaruga na promatranom području uvjetovana je geološkim, geomorfološkim, hidrološkim, vegetacijskim i klimatskim obilježjima prostora, od kojih najveću ulogu imaju velike vrijednosti nagiba (12°- 32°), sušnost klime uz istovremenu pojavu sezonskih intenzivnih padalina te nedostatak vegetacijskog pokrova koji bi spriječio eroziju. Glavna faza usijecanja dogodila se u vrijeme otapanja ledenjaka nakon posljednjeg ledenog doba, tijekom kojeg su snažni tokovi otjecali prema tadašnjoj erozijskoj bazi oblikujući duboke jaruge. Kasnijim podizanjem razine mora u holocenu ušća jaruga su potopljena oblikujući duboke uvale, a proces usijecanja se usporava. Oblici izrađenih presjeka (dominantno U oblika) potvrđuju ovu tezu, ukazujući na denudacijske procese i relativnu starost analiziranih jaruga. Međutim, postoje razlike u obliku presjeka, zbog čega se može zaključiti da postoje razlike u starosti i aktivnosti jaruga.

9. LITERATURA

Ballut, C., Faivre, S., 2012: New data on the dolines of Velebit mountain: An evaluation of their sedimentary archive potential in the reconstruction of landscape evolution, *Acta Carsologica* 41 (1), 59-74, <https://doi.org/10.3986/ac.v41i1.48>.

Benac, Č., 1992: Recentni geomorfološki procesi i oblici u području Riječkog zaljeva, *Geografski glasnik* 54, 1-18.

Benac, Č., Juračić, M., 1998: Geomorphological indicators of sea level changes during upper pleistocene (Würm) and holocene in the Kvarner region (NE Adriatic Sea), *Acta Geographica Croatica* 33 (1), 27-42.

Bočić, N., Pahernik, M., Faivre, S., 2019: Geomorfološka obilježja Sjevernog Velebita, *Senjski zbornik* 46, 5-36.

Bognar, A., Faivre, S., Pavelić, J., 1991: Tragovi oledbe na Sjevernom Velebitu, *Geografski glasnik* 53, 27-39.

Bognar, A., 1992: Inženjersko geomorfološko kartiranje, *Acta Geographica Croatica* 27 (1), 173-185.

Bognar, A., 1994: Temeljna skica geoekoloških osobina Velebita, *Senjski zbornik* 21, 1-8.

Bognar, A., Faivre, S., Pavelić, J., 1997: Tragovi oledbe na Srednjem Velebitu, *Senjski zbornik* 24, 1-16.

Bognar, A., 2001: Geomorfološka regionalizacija Hrvatske, *Acta Geographica Croatica* 34 (1), 7-29.

Bognar, A., Faivre, S., 2006: Geomorphological Traces of the Younger Pleistocene Glaciation in the Central Part of the Velebit Mountain, *Hrvatski geografski glasnik* 68 (2), 19-30.

Castillo, C., Gómez, J. A., 2016: A century of gully erosion research: Urgency, complexity and study approaches, *Earth - Science Reviews* 160, 300-319, doi:10.1016/j.earscirev.2016.07.009.

Demek, J., 1972: *Manual of Detailed Geomorphological Mapping*, IGU-Commission on Geomorphological survey and mapping, Czechoslovak Academy of Science, Prague.

Faivre, S., 1991: *Geomorfološke osobine Sjevernog Velebita*, Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Geografski odsjek.

Faivre, S., 1992: Analiza gustoće ponikava na Sjevernom Velebitu i Senjskom bilu, *Senjski zbornik* 19, 13-24.

Faivre, S., 1994a: Strukturno-geomorfološka analiza tipova dolinske mreže Sjevernog Velebita i Senjskog bila, *Senjski zbornik* 21, 9-24.

Faivre, S., 1994b: *Strukturno-geomorfološka obilježja Sjevernog Velebita i Senjskog bila*, Magistarski rad, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Geografski odsjek.

Faivre, S., 1999: *Landforms and tectonics of the Velebit mountain range (External Dinarides, Croatia)*, Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Geografski odsjek i Université Blaise Pascal, Clermont II, Francuska.

Faivre, S., 2007: Analyses of the Velebit Mountain Ridge Crests, *Hrvatski geografski glasnik* 69 (2), 21-40.

Faivre, S., Pahernik, M., Maradin, M., 2011: The gully of Potovošća on the Island of Krk –the effects of short-term rainfall event, *Geologia Croatica*, 64 (1), 67-80.

Faivre, S., Mićunović, M., 2017: Rekonstrukcija recentnih morfoloških promjena žala uz pomoć metode ponovljene fotografije – primjer žala Zogon na otoku Hvaru (Srednji Jadran), *Geoadria* 22 (2), 165-192, DOI: 10.15291/geoadria.1412.

Faivre, S., Galović, L., Sümegi, P., Cvitanović, M., Náfrádi, K., 2019: Palaeoenvironmental reconstruction of the Milna valley on the island of Vis (Central Adriatic) during the late Holocene, *Quaternary International* 510, 1-17, doi:10.1016/j.quaint.2018.11.017.

Filipčić, A., 1998: Klimatska regionalizacija Hrvatske po W. Köppenu za standardno razdoblje 1961.-1990. u odnosu na razdoblje 1931.-1960., *Acta Geographica Croatica* 33, 1-15.

Fuerst-Bjeliš, B., Lozić, S., 2006: Environmental impact and change on the Velebit mountain, Croatia: an outline of the periodization, u: *Views from the South; Environmental Stories from the Mediterranean World (19th – 20th centuries)* (ur: Marco Armiero), Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Studi sulle Società del Mediterraneo, Napulj, 129-139.

Gómez-Gutiérrez, Á., Conoscenti, C., Angileri, S. E., Rotigliano, E., Schnabel, S., 2015: Using topographical attributes to evaluate gully erosion proneness (susceptibility) in two mediterranean basins: advantages and limitations, *Natural Hazards*, 79 (1), 291-314.

Goudie, A. S., 2004: *Encyclopedia of Geomorphology*, Routledge, London.

Jahić, M., 2017: Bujice i njihova klasifikacija, u: *11th International Scientific Conference on Production Engineering*, Rim, 395-398.

Kirkby, M. J., Bracken, L. J., 2009: Gully processes and gully dynamics, *Earth Surface Processes and Landforms* 34 (14), 1841-1851.

Klein, V., 1996: Morfografsko-morfostrukturno proučavanje Velebita na osnovi orbitalne snimke u boji M 1:200 000 s posebnim osvrtom na tragove paleotekućica, *Senjski zbornik* 23, 1-18.

Klemenčić, M., 2017: Poimanje i temeljna zemljopisna obilježja Podgorja, *Senjski zbornik* 44, 5-16.

Krklec, K., Lozić, S., Šiljeg, A., 2012: Geomorfološke značajke otoka Visa, *Naše more* 59 (5-6), 290-300.

Lončar, N., 2009: Geomorfološka regionalizacija srednjeg i južnog dijela otoka Paga, *Geoadria* 14 (2), 5-25.

Magaš, D., 2013: *Geografija Hrvatske*, Meridijani, Zadar.

Perica, D., Orešić, D., 1999: Prilog poznavanju klimatskih obilježja Velebita, *Acta Geographica Croatica* 32, 45-68.

Plan upravljanja Parkom prirode Velebit i pridruženim zaštićenim područjima i područjima ekološke mreže (PU 6017) 2022. – 2031., Zadruga Granum Salis, 2022, https://pp-velebit.hr/hr/novosti/item/download/171_6a66ee1407599960b93de87c250f75b1 (9.7.2023.).

Rogić, V., 1956: Razlike pejzaža velebitskih padina, *Geografski glasnik* 18, 15-32.

Rogić, V., 1958: Velebitska primorska padina, *Acta Geographica Croatica* 2 (1), 8-119.

Ružić, I., Benac, Č., Ilić, S., Sušan, I., Ljutić, K., 2011: Promjene korištenja zemljišta i regulacija bujičnih vodotoka: Utjecaj na žala Liburnije i otoka Cresa, u: *5. Hrvatska konferencija o vodama: Hrvatske vode pred izazovom klimatskih promjena* (ur. Biondić D. i dr.), Hrvatske vode, Opatija, 771-782.

Surić, M., 2009: Rekonstruiranje promjena morske razine na istočnoj obali Jadrana (Hrvatska) – pregled, *Geoadria* 14 (2), 181-199.

Šegina, E., Benac, Č., Šušteršič, F., Knez, M., Čar, J., 2021: Linear features on karst surfaces: an example from Krk Island, *Geologia Croatica* 74 (2), 139-151.

Šegota, T., Filipčić, A., 1996: *Klimatologija za geografe*, Školska knjiga, Zagreb.

Šošić, I., Serdar, V., 2002: *Uvod u statistiku*, Školska knjiga, Zagreb.

Thwaites, R. N., Brooks, A. P., Pietsch, T. J., Spencer, J. R., 2021: What type of gully is that? The need for a classification of gullies, *Earth Surface Processes and Landforms* 47, 109-128, DOI: 10.1002/esp.5291.

Trinajstić, I., 1998: Fitogeografsko raščlanjenje klimazonalne šumske vegetacije Hrvatske, *Šumarski list* 9-10, 407-421.

10. IZVORI

Državna geodetska uprava (DGU), n.d.: Hrvatska osnovna karta –WMS

Državna geodetska uprava (DGU), 2016: Središnji registar prostornih jedinica RH (SRPJ) (GIS shapefileovi), Zagreb.

Državna geodetska uprava (DGU), 2019: Digitalni model reljefa (DMR), Zagreb.

Državna geodetska uprava (DGU), 2021: Digitalni ortofoto u mjerilu 1:5000, 2021. godina – WMS

Državni hidrometeorološki zavod (DHMZ), 2023: Meteorološki podaci za postaju Senj.

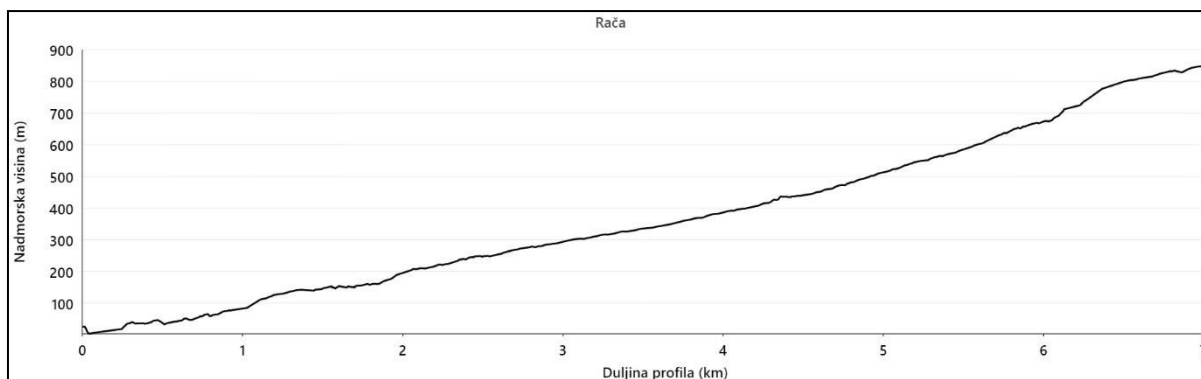
Mamužić, P., Milan, A., Korolija, B., Borović, I. & Majcen, Ž., 1969: Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000, List Rab L33–114. – Institut za geološka istraživanja, Zagreb, (1959–1965); Savezni geološki institut, Beograd.

Mamužić, P., Sokač, B. & Velić, I., 1970: Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000, List Silba L33–126. – Institut za geološka istraživanja, Zagreb, (1963–1969); Savezni geološki institut, Beograd.

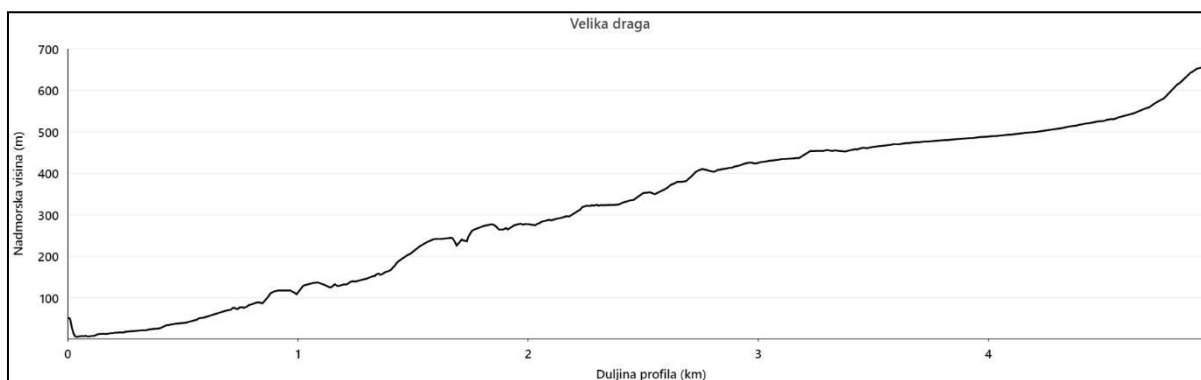
Sokač, B., Nikler, L., Velić, I. & Mamužić, P., 1974: Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000, List Gospić L33–127. – Institut za geološka istraživanja, Zagreb (1963–1967); Savezni geološki institut, Beograd.

11. PRILOZI

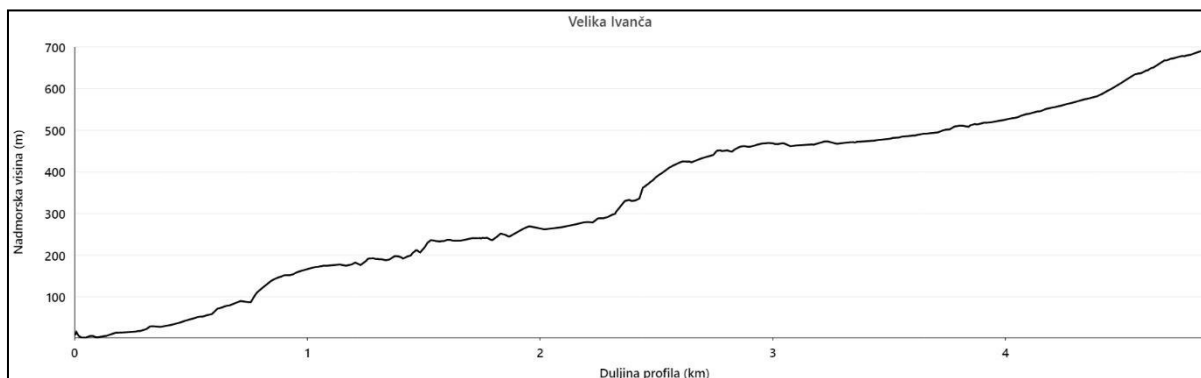
Prilog 1. Uzdužni profili odabranih jaruga



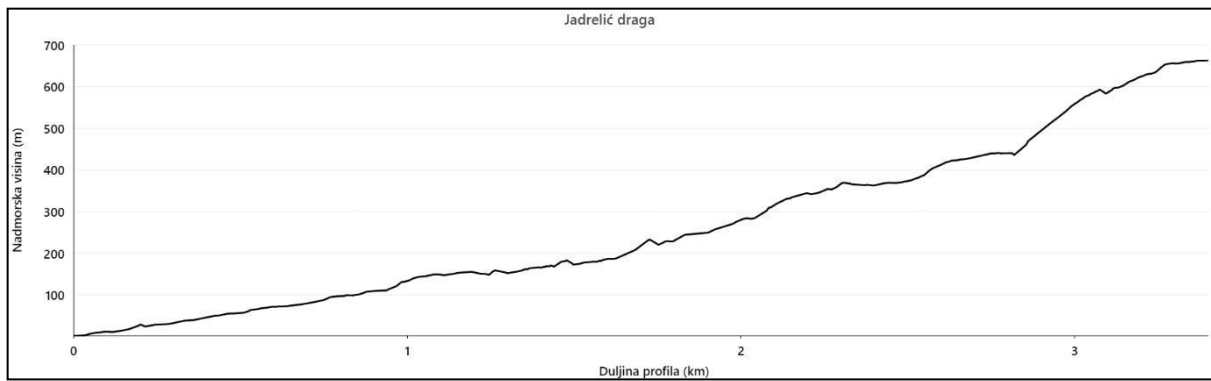
Sl. 17. Uzdužni profil jaruge Rača



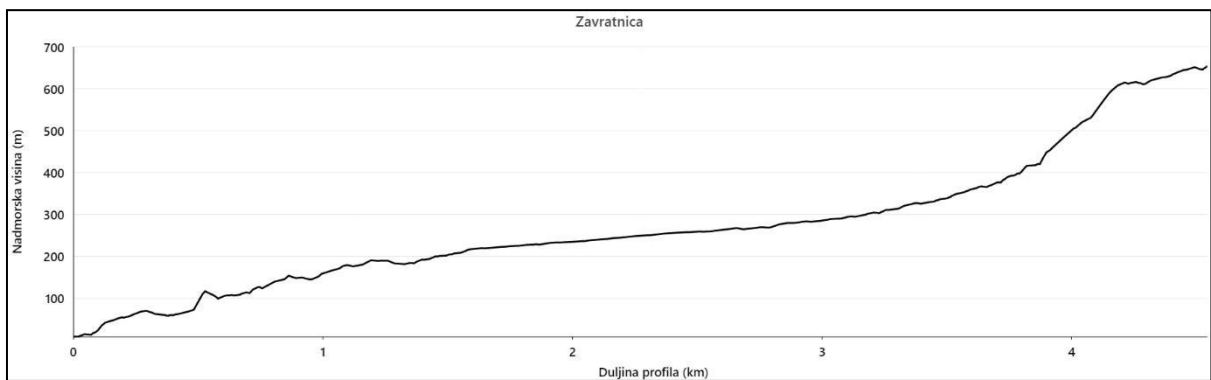
Sl. 18. Uzdužni profil jaruge Velika draga



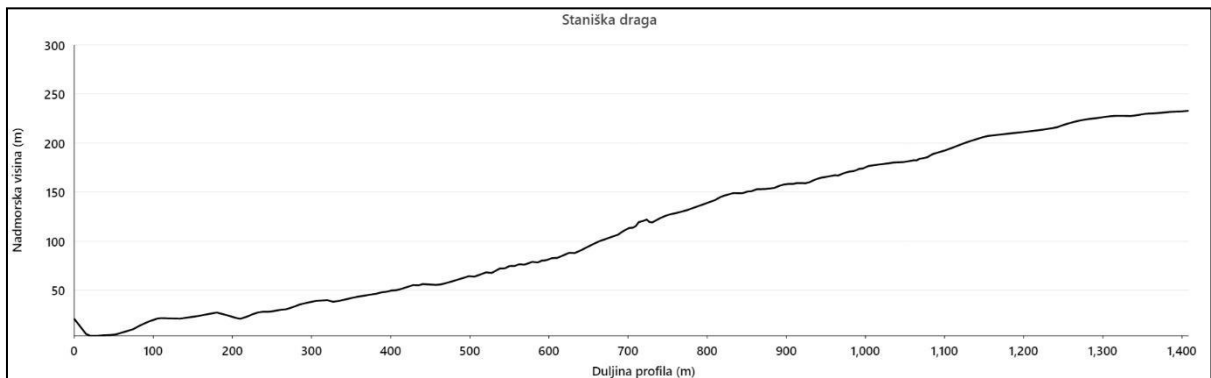
Sl. 19. Uzdužni profil jaruge Velika Ivanča



Sl. 20. Uzdužni profil jaruge Jadrelić draga

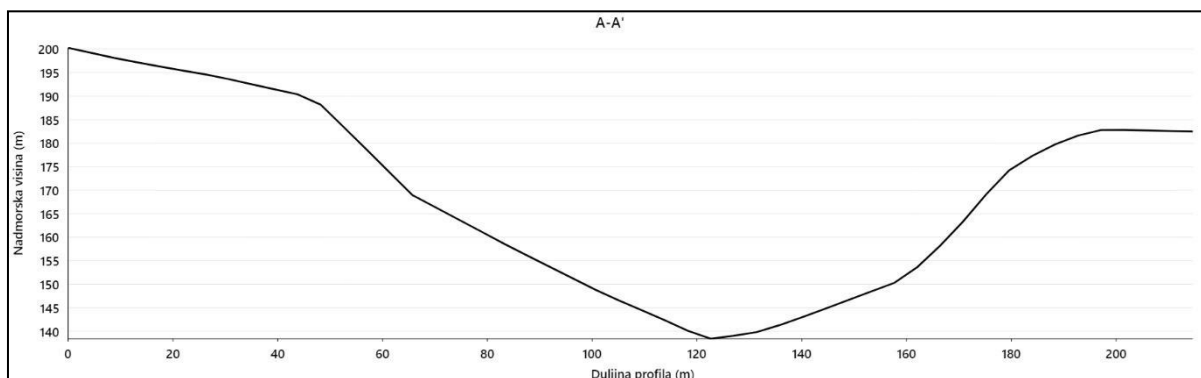


Sl. 21. Uzdužni profil jaruge Zavrtnica

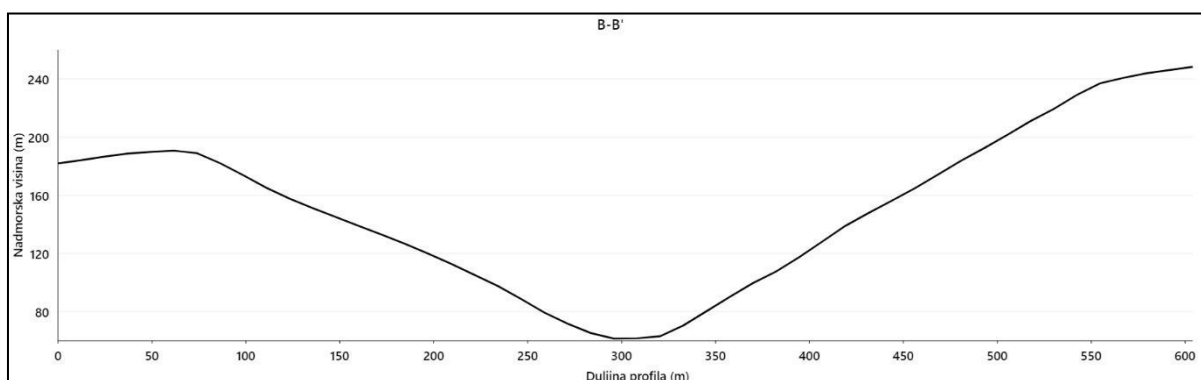


Sl. 22. Uzdužni profil jaruge Staniška draga

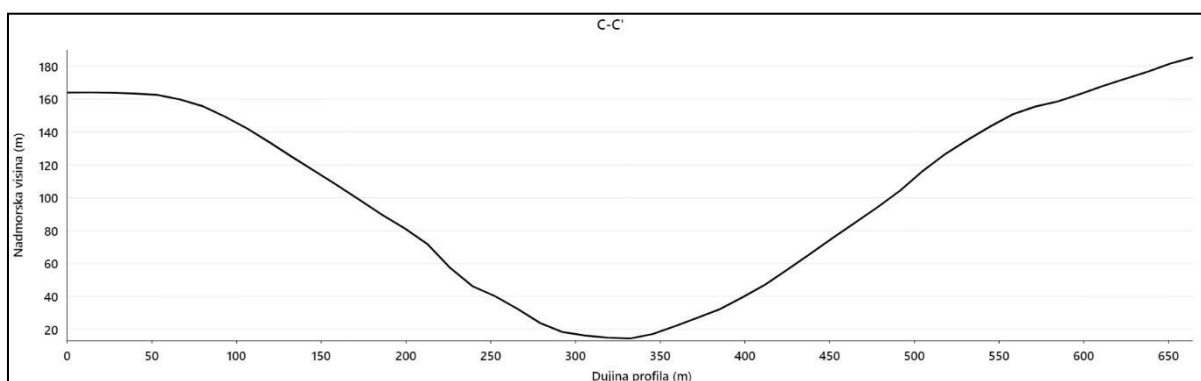
Prilog 2. Poprečni profili odabranih jaruga



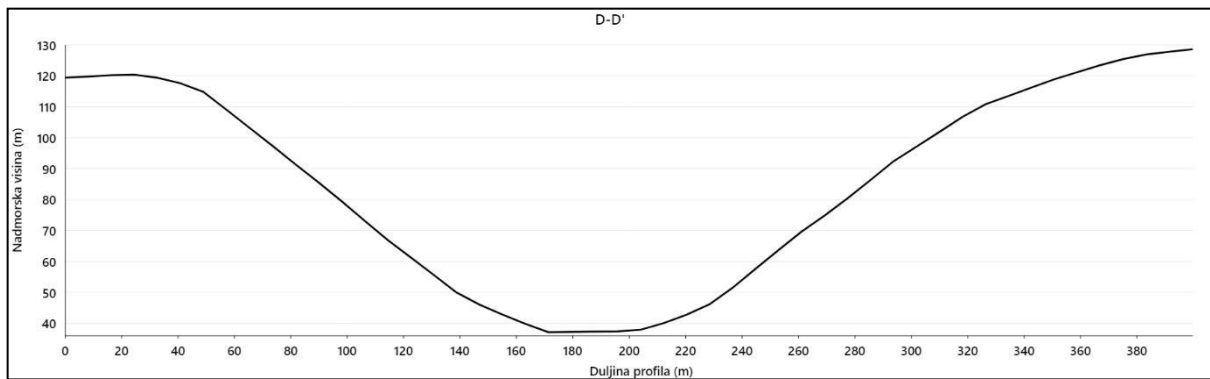
Sl. 23. Poprečni profil donjeg toka jaruge Rača



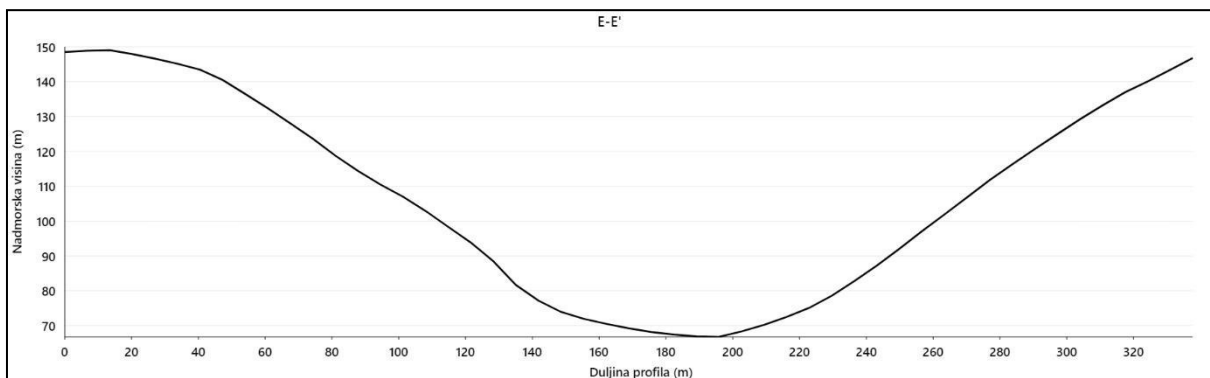
Sl. 24. Poprečni profil donjeg toka jaruge Velika draga



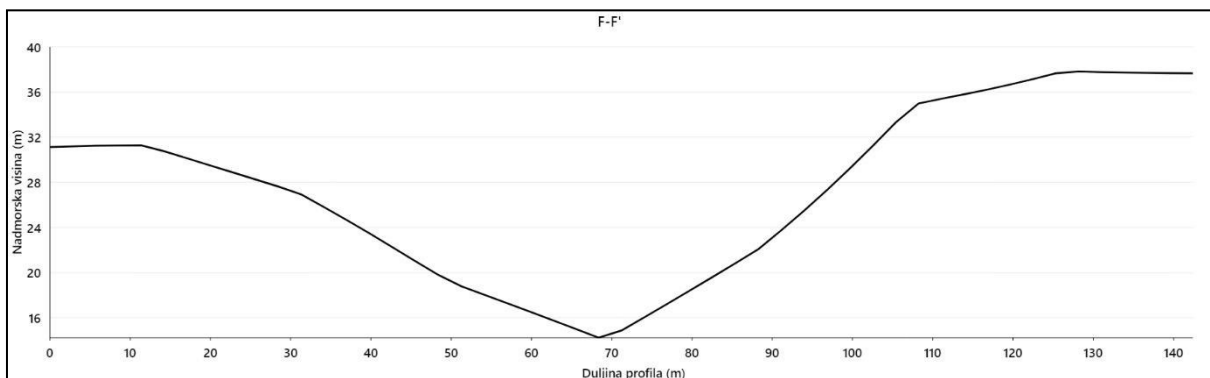
Sl. 25. Poprečni profil donjeg toka jaruge Velika Ivanča



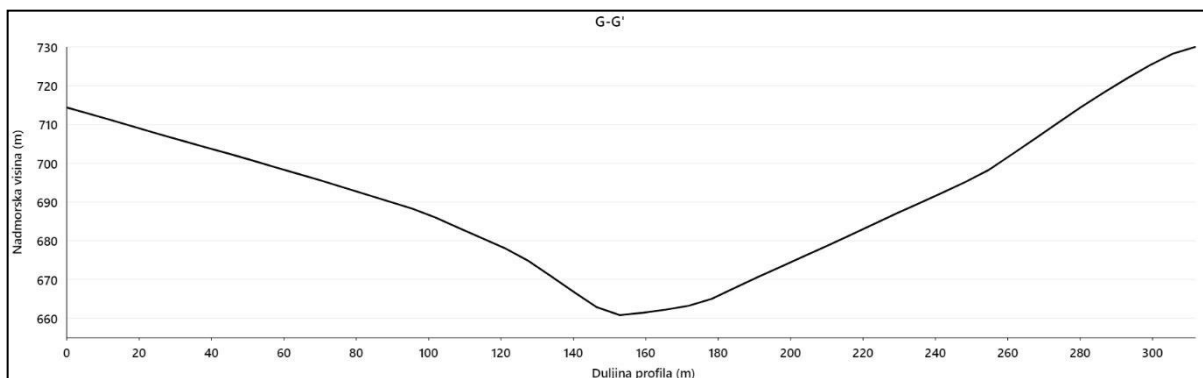
Sl. 26. Poprečni profil donjeg toka jaruge Jadrelić draga



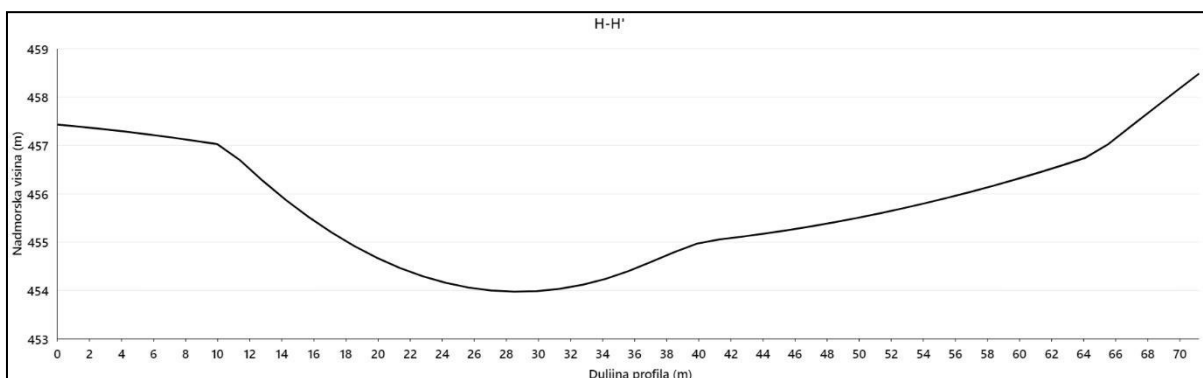
Sl. 27. Poprečni profil donjeg toka jaruge Zavratica



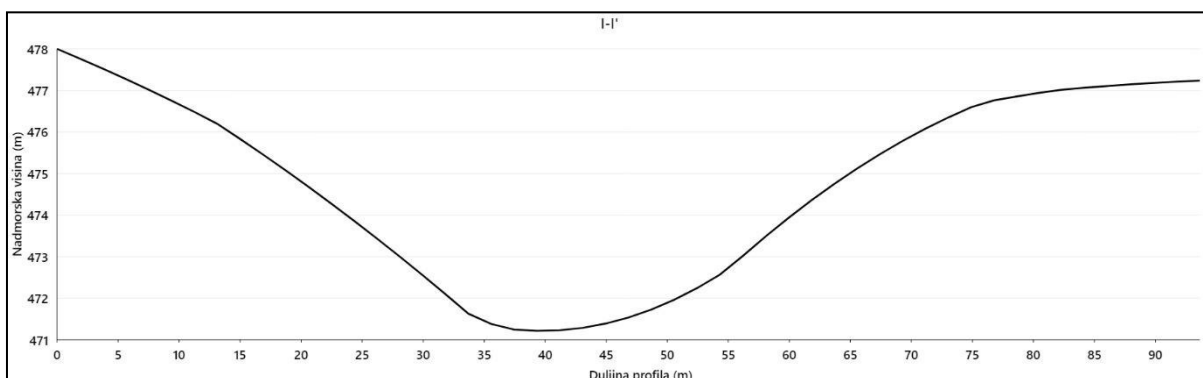
Sl. 28. Poprečni profil donjeg toka jaruge Staniška draga



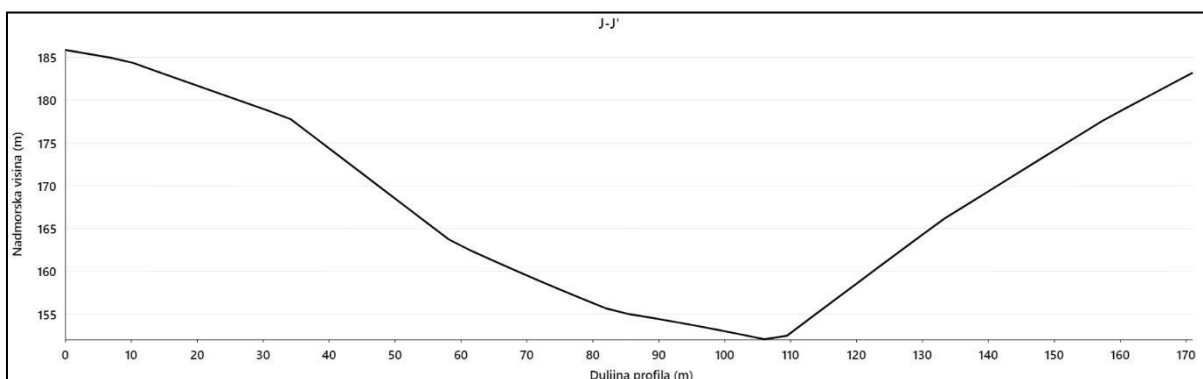
Sl. 29. Poprečni profil gornjeg toka jaruge Rača



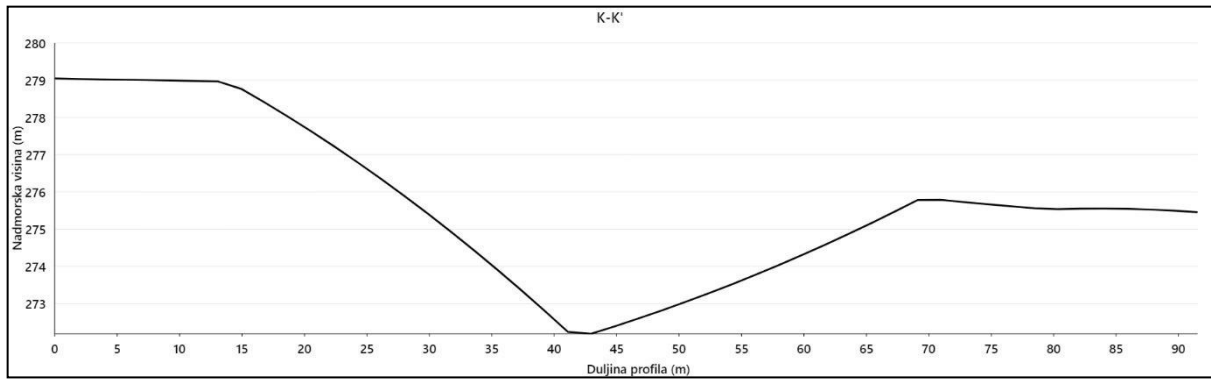
Sl. 30. Poprečni profil gornjeg toka jaruge Velika draga



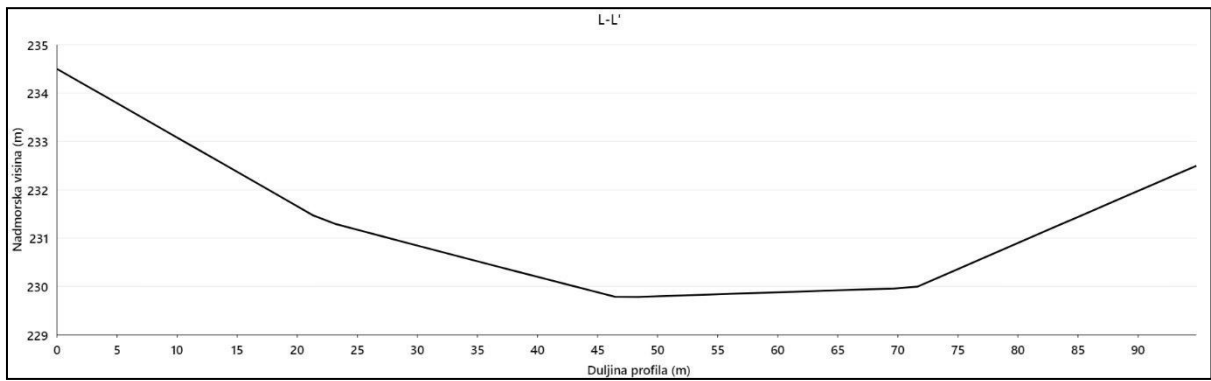
Sl. 31. Poprečni profil gornjeg toka jaruge Velika Ivanča



Sl. 32. Poprečni profil gornjeg toka jaruge Jadrelić draga



Sl. 33. Poprečni profil gornjeg toka jaruge Zavrtnica



Sl. 34. Poprečni profil gornjeg toka jaruge Staniška draga