

# Geomorfološka obilježja i vrednovanje georaznosti Ivančice

---

Sabolek, Jura

Master's thesis / Diplomski 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:217:021986>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-08**



Repository / Repozitorij:

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



**Jura Sabolek**

**Geomorfološka obilježja i vrednovanje georaznolikosti  
Ivančice**

**Diplomski rad**

**Zagreb**

**2023.**



**Jura Sabolek**

**Geomorfološka obilježja i vrednovanje georaznolikosti  
Ivančice**

**Diplomski rad**

predan na ocjenu Sveučilištu u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematičkom fakultetu, Geografskom odsjeku.  
radi stjecanja akademskog zvanja  
sveučilišnog magistra geografije

**Zagreb**

**2023.**

Ovaj je diplomski rad izrađen u sklopu sveučilišnog diplomskog studija *Geografija*; smjer:  
*istraživački (Fizička geografija s geoekologijom)* na Sveučilištu u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematičkom fakultetu, Geografskom odsjeku, pod vodstvom prof. dr. sc.  
Nenada Buzjaka.



Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematički fakultet  
Geografski odsjek

Diplomski rad

## Geomorfološka obilježja i vrednovanje georaznolikosti Ivančice

Jura Sabolek

**Izvadak:** U ovom radu, na temelju provedene analize geoloških, geomorfoloških i pedoloških podataka, izvršeno je vrednovanje georaznolikosti Ivančice. U istraživanju su primijenjene metode terenskog geomorfološkog kartiranja, daljinska istraživanja, metode analize i vizualizacije u GIS-u te modificirana metoda relativnog vrednovanja reljefa. Rezultati provedene geomorfološke analize ukazuju kako Ivančicu karakterizira prevladavajući arealni fluviokrški morfogenetski tip reljefa s određenim aspektima kanjonskog podtipa koji je vezan uz epigeniju južnih tekućica. Krški reljef isključivo je vezan uz najviše gorske prostore te je obilježen većom gustoćom ponikava malenih dimenzija. Rezultati vrednovanja georaznolikosti ukazuju kako 48,24 % površine istraživanog prostora obilježava velika georaznolikost, dok su sljedeće po zastupljenosti kategorije srednje (22,76 %) te vrlo velike (22,56 %) georaznolikosti. Zone iznimno velike georaznolikosti spojene su trasama potencijalnih poučnih staza ukupne duljine 21,16 km koje su koncipirane prema modelu geoturizma s naglaskom na geološka i geomorfološka obilježja Ivančice.

80 stranica, 41 grafički prilog, 12 tablica, 60 bibliografskih referenci; izvornik na hrvatskom jeziku

Ključne riječi: Ivančica, geomorfologija, georaznolikost, vrednovanje, poučne staze

Voditelj: prof. dr. sc. Nenad Buzjak

Povjerenstvo: prof. dr. sc. Nenad Buzjak  
prof. dr. sc. Neven Bočić  
izv. prof. dr. sc. Mladen Pahernik

Tema prihvaćena: 9. 2. 2023.

Rad prihvaćen: 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

Master Thesis

**Geomorphological characteristics and geodiversity evaluation of Ivančica**

Jura Sabolek

**Abstract:** Based on analysis of geological, geomorphological and pedological data, this paper evaluates geodiversity of Ivančica mountain. The research combines methods of field geomorphological mapping, remote sensing, methods of analysis and visualisation in GIS, and modified method of relative relief evaluation. The results of geomorphological analysis show that Ivančica is characterized by predominant areal fluviokarst morphogenetic type of relief with certain aspects of the canyon subtype, which is related to the epigeny of southern streams. The karst relief is exclusively related to the highest mountain areas and is characterized by higher density of small dolines. The results of geodiversity evaluation indicate that 48,24 % of research area is characterized by high geodiversity, while the following are categories of medium (22,76 %) and very high (22,56 %) geodiversity. Zones of the greatest geodiversity have been connected by routes of potential educational trails with total length of 21,16 km. Educational trails were designed according to the geotourism model with emphasis on the geological and geomorphological features of Ivančica mountain.

80 pages, 41 figures, 12 tables, 60 references; original in Croatian

**Keywords:** Ivančica, geomorphology, geodiversity, evaluation, educational trails

**Supervisor:** Nenad Buzjak, PhD, Full Professor

**Reviewers:** Nenad Buzjak, PhD, Full Professor  
Neven Bočić, PhD, Full Professor  
Mladen Pahernik, PhD, Associate Professor

**Thesis title accepted:** 09/02/2023

**Thesis accepted:** 07/09/2023

Thesis deposited in Central Geographic Library, University of Zagreb Faculty of Science,  
Trg Marka Marulića 19, Zagreb, Croatia.



## Sadržaj

1. Uvod.....	1
2. Teorijski okvir i pregled dosadašnjih istraživanja.....	2
3. Prostorni obuhvat i geomorfološki položaj .....	6
3.1. Prostorni obuhvat .....	6
3.2. Geomorfološki položaj .....	7
4. Metode rada i podaci .....	8
4.1. Definiranje područja istraživanja .....	8
4.2. Terensko geomorfološko kartiranje .....	9
4.3. Geološki podaci.....	9
4.4. Klimatološki podaci .....	10
4.5. Geomorfološka analiza i sinteza .....	11
4.6. Vrednovanje georazolikosti.....	12
4.7. Trasiranje potencijalnih poučnih staza .....	13
5. Rezultati i rasprava.....	16
5.1. Čimbenici oblikovanja reljefa .....	16
5.1.1. Geološka građa .....	16
5.1.2. Klimatska obilježja.....	19
5.2. Pedološka obilježja i zemljišni pokrov.....	21
5.2.1. Pedološka obilježja.....	21
5.2.2. Obilježja zemljišnog pokrova i načina korištenja zemljišta.....	23
5.3. Geomorfološka obilježja .....	25
5.3.1. Orografske značajke .....	25
5.3.2. Morfometrijske značajke reljefa.....	28
5.3.2.1. Hipsometrijske značajke reljefa .....	29
5.3.2.2. Obilježja nagiba padina.....	32
5.3.2.3. Obilježja ekspozicije padina .....	35

5.3.2.4.	Obilježja vertikalne raščlanjenosti reljefa.....	37
5.3.2.5.	Obilježja zakrivljenosti padina .....	40
5.3.2.5.1.	Profilna zakrivljenost.....	40
5.3.2.5.2.	Planarna zakrivljenost.....	42
5.3.3.	Obilježja drenažne mreže .....	44
5.3.4.	Prostorna gustoća izdvojenih elemenata reljefa .....	45
5.3.4.1.	Prostorna gustoća rasjeda.....	45
5.3.4.2.	Prostorna gustoća ponikava .....	46
5.3.4.3.	Prostorna gustoća hidrogeoloških pojava .....	47
5.3.5.	Morfogenetska obilježja reljefa.....	48
5.3.5.1.	Strukturno-geomorfološka obilježja .....	48
5.3.5.2.	Egzogeno-geomorfološka obilježja .....	51
5.3.5.2.1.	Krški reljef.....	52
5.3.5.2.2.	Fluviokrški reljef .....	55
5.3.5.2.3.	Padinski i fluviodenudacijski reljef.....	58
5.3.5.2.4.	Fluvijalni reljef .....	58
5.4.	Rezultati vrednovanja georaznolikosti Ivančice .....	60
5.4.1.	Kumulativna vrijednost georaznolikosti .....	60
5.4.2.	Prosječna vrijednost georaznolikosti.....	64
5.4.3.	Prijedlog trasa potencijalnih poučnih staza .....	66
6.	Zaključak.....	74
	Popis literature i izvora .....	75
	Popis literature.....	75
	Popis izvora.....	80
	Prilozi .....	IX

## **Zahvala**

Zahvaljujem se Vinki Dubovečak i Speleološkoj udruzi Kraševski zviru Ivanec na ustupljenim podacima o speleološkim objektima Ivančice te iskazanoj pomoći i suradnji.

## 1. Uvod

Ivančica, isto poznata kao i Ivanščica, sa svojih 1060 metara nadmorske visine, najviša je planina, odnosno gorski hrbat Hrvatskog zagorja. Krš u Hrvatskoj zauzima 43,7 % ukupne površine kopna (Bognar i dr., 2012). Od toga jedan mali, ali jednako važan dio pripada sjeverozapadnoj Hrvatskoj koji se nalazi na području *Supradinarika* te jednim manjim dijelom *Panonika*. Ovaj dio uklješten je između Alpa, Dinarida te Panonskog bazena kao većih geotektonskih cjelina (Herak, 1986; 1991 prema Ozimec i Šincek, 2011). U te izolirane dijelove otočnog krša spada nekolicina gorskih hrptova i masiva sjeverozapadne Hrvatske, a između ostalog i Ivančica.

Postanak Ivančice veže se uz dugu geološku prošlost koja je započela još u paleozoiku. Kroz milijune godina geološke evolucije, na Ivančici su oblikovane izvanredne geološke forme koje tvore pojam geološke raznolikosti. Na litološkoj podlozi, pod dugotrajnim djelovanjem endogenih i egzogenih sila i procesa, stvoreni su različiti morfogenetski tipovi reljefa sa specifičnim reljefnim oblicima. Oni čine koncept geomorfološke raznolikosti. Na posljetku, različitim organskim i anorganskim procesima stvorena je nekolicina glavnih tipova tala. Tlo čini sastavnicu pedološke raznolikosti. U kombinaciji, sva tri navedena pojma čine jedinstveni koncept georaznolikosti, koji se može definirati kao sveukupna raznolikost krajobraza, oblika i procesa na površini Zemlje i u njezinoj unutrašnjosti (Gray, 2013).

Ivančica trenutno nije zaštićeno područje. Vršni dio Ivančice (pod tim nazivom) je područje ekološke mreže Natura 2000 koja isključivo štiti staništa i ciljne vrste. Iako je zakonski i pravni status georaznolikosti u Hrvatskoj jednak statusu bioraznolikosti i krajobrazne raznolikosti, u Hrvatskoj još uvijek ne postoji sustavna zaštita i upravljanje georaznolikošću (Butorac i Talaja, 2021). Ovaj problem nije jedinstven na razini Hrvatske, već postoje nebrojeni primjeri iz svijeta, gdje se prioriteti konzervacije, zaštite i upravljanja dominantno usmjeravaju prema biološkoj komponenti krajobraza, dok to istovremeno reflektira slabu primijećenost i upravljanje georaznolikošću (Pontes i dr., 2018).

Upravo zato se temeljni ciljevi ovog rada vežu uz provođenje detaljne digitalne geomorfološke analize i sinteze s ciljem spoznaje temeljnih odnosa morfografskih, morfometrijskih i morfogenetskih pokazatelja te strukturnih, litoloških, pedoloških i egzogeomorfoloških značajki istraživanog prostora kao temeljnih odrednica georaznolikosti Ivančice u svrhu kvalitetnije interpretacije iste.

## 2. Teorijski okvir i pregled dosadašnjih istraživanja

Prilikom usvajanja Konvencije o bioraznolikosti u Rio de Janeiru 1992. godine, postalo je jasno da treba postojati jednako važan ekvivalent bioraznolikosti kako bi se opisala abiotička komponenta krajobraza (Gray, 2008). Dakle, georaznolikost kao pojam u sferi zaštite okoliša je relativno nov, no među geoznanstvenicima on se koristi već od 1990-ih godina (Butorac i Cvitković, 2020). Prema Zakonu o zaštiti prirode (NN 80/13, 15/18, 14/19 i 127/19), georaznolikost se definira kao „raznolikost stijena, tla minerala, fosila, reljefnih oblika, podzemnih objekata i struktura te prirodnih procesa koji su ih stvarali kroz geološka razdoblja“. Dakle, georaznolikost se može definirati i kao kolektivna abiotička raznolikost koja uključuje sustave, strukture, doprinose i značenja krajobrazu zajedno sa vezama i utjecajima na antropogene i prirodne varijacije Zemljine površine. (Kozłowski i dr., 2004a; 2004b prema Chrobak i dr., 2021; Chakraborty, 2022).

Pritom se ističu tri temeljne odrednice georaznolikosti. Kao prvo, smatra se da je georaznolikost manjim dijelom važna zbog estetskih vrijednosti, već je važna zbog toga jer uključuje cijeli niz abiotičkih procesa, a samim time je dinamična po svojoj prirodi. Drugo, georaznolikost omogućuje, podržava i naglašava bioraznolikost, što često rezultira proporcionalnim odnosom te dvije komponente. Kao treće, georaznolikost ima ugrađen koncept geološkog vremena, što dinamiku njezina nastanka čini višestruko starijom u odnosu na ljudski životni vijek (Gray, 2018).

U današnje vrijeme, pod utjecajem civilizacijskog napretka, prijetnje georaznolikosti su brojne, a one se posebno očituju u krškim predjelima. Upravo jedna od fundamentalnih karakteristika georaznolikosti jest njezina neobnovljivost ili spora obnovljivost. Uništenje georaznolikosti ireverzibilan je proces, a to je uvelike razlikuje od drugih sastavnica okoliša (Gray, 2013). Pritom taj, sve veći civilizacijski napredak uvjetuje i sve veći pritisak na prirodni okoliš, stoga se javlja sve izraženiji imperativ zaštite i očuvanja okoliša. Unutar toga, velika pitanja i zadaće stavljaju se pred prirodne znanosti, pa tako i pred geografiju, a unutar nje i neposredno na geomorfologiju i geoeкологију (Bognar, 1979).

S obzirom da je geoekologija relativno mlada disciplina, nastala na kontaktu geografije, biologije i drugih srodnih znanosti, ona se definira kao primijenjena znanost o krajobrazu kao okolišu čovjeka i drugih organizama. Pritom geoekologija nastoji ustvrditi strukturne i funkcionalne veze u krajobrazu koje se protežu između prirodnog i kulturnog aspekta. Upravo zato je temeljni cilj geoekoloških istraživanja ekološki optimalna prostorna organizacija, upravljanje i zaštita krajobraza i njegovih sastavnica (Mamut, 2010a).

Pritom je reljef jedan od osnovnih činilaca koji oblikuje krajobraz, nosi naselja, puteve, vodotoke, na njemu se razvija tlo i vegetacija te on ima vodeću ulogu u smještaju antropogenih aktivnosti i gospodarenja prostorom. Pritom postoji uska veza geoekologije i geomorfologije kao znanosti o značajkama, genezi, evoluciji i suvremenoj dinamici reljefa Zemljine površine (Bognar, 1979).

Upravo se najvažnija primjena geoekoloških istraživanja i povezanost s geomorfološkim istraživanjima vidi u okviru metode relativnog vrednovanja reljefa. Jedan od pionira koji uvodi primjenu navedene metode u sustavna geoekološka istraživanja Hrvatske bio je akademik A. Bognar (1990), koji na temelju provedene geomorfološke analize i sinteze te terenskog istraživanja obavlja geoekološko vrednovanje otoka Hvara. Pritom naglašava važnost geomorfoloških istraživanja kao fundamentalnog koraka u geoekološkim istraživanjima i optimalnog gospodarenja prostorom. U narednim desetljećima, proizašao je čitav niz radova vezanih uz problematiku vrednovanja reljefa i optimalnog korištenja i zaštite prostora. Primjerice, M. Saletto-Janković (1994) obavlja relativno vrednovanje geomorfoloških oblika i naglašava neophodnost geomorfoloških istraživanja u svrhu temeljitog upoznavanja krajobraza. A. Lepirica (2006) vrednuje georaznolikost gornjeg porječja Une u BiH. Zatim N. Buzjak (2008) vrednuje speleološke objekte Žumberka radi mogućnosti turističke valorizacije. Nadalje, M. Mamut (2010a; 2010b; 2010c) vrednuje reljef odabраниh prostora s obzirom na tri kriterija vrednovanja: fizička pogodnost, estetska vrijednost i dostupnost radi mogućnosti turističkog iskorištavanja. R. Čirjak i M. Mamut (2016) vrednuju reljef otoka Hvara radi mogućnosti poljodjelske valorizacije. Isto tako, N. Tandarić i dr. (2018) nakon provedene geomorfološke analize, vrednuju dolinu Kupčine u svrhu agrarnog iskorištavanja. Dakle, većina radova se prvenstveno bavi vezom između reljefa te mogućnosti iskorištavanja krajobraza, prvenstveno u turističke i poljoprivredne svrhe.

U posljednje vrijeme, sve više radova proizlazi iz problematike vezane uz geokološko vrednovanje reljefa, no ne s aspekta utilitarne vrijednosti i mogućnosti turističke valorizacije, gradnje, poljoprivredne aktivnosti ili drugih antropogenih aktivnosti, već s aspekta intrinzične vrijednosti krajobraza. Intrinzičnu vrijednost može se definirati kao etičko vjerovanje da neke stvari imaju vrijednost jednostavno zbog toga što jesu, a ne zbog onoga za što ih čovjek može koristiti (Gray, 2013).

Na području Ivančice, navedenih konkretnih geokoloških istraživanja vezanih uz relativno vrednovanje reljefa dosad nije bilo. Međutim, Ivančica je dugo vremena istraživana zbog svojih geoloških, hidrogeoloških i geomorfoloških karakteristika. S područja Hrvatskog zagorja, Ivančice i konkretnog prostora istraživanja, podrijetlom i znanstvenim opusom dolaze neki od pionira hrvatske geografije, geologije, arheologije i speleologije.

Prva sustavna geološka istraživanja trijaskih naslaga započinju austro-ugarski geolozi. Među najistaknutijim radovima svakako treba spomenuti onaj od F. Hauera iz 1868. godine koji na Ivančici i Strahinjčici izdvaja donjotrijaske naslage (Šimunić i Hećimović, 2006). Zatim D. Gorjanović-Kramberger nastavlja geološko kartiranje na listovima Ptuj i Rogatec-Kozje početkom 20. st., koje je započeo još austrijski geolog J. Dreger 1889. godine. U suradnji s D. Kochom, D. Gorjanović-Kramberger bilježi pojave smeđeg ugljena na Ivančici i Strahinjčici (Šimunić, 2007). Isto tako, D. Gorjanović-Kramberger je na mnogo mjesta na području Ivančice izdvojio gornjopaleozojske naslage (Šimunić i Šimunić, 1979). Kasnije M. Herak i M. Malez, 1956. godine nalazima algi potvrđuju postojanje srednetrijaskih naslaga u okolici Golubovca. Eruptivne stijene i prioklastite na području Vudelja i potoka Bistrice izučavali su Lj. Golub i V. Brajdić 1970. godine, a dijabaze i spilite kod Golubovca Lj. Golub i M. Vragović 1960. godine (Šimunić i Šimunić 1979). Daljnja geološka istraživanja Hrvatskog zagorja i Ivančice nastavljaju A. Šimunić i dr. (1981) te A. Aničić i M. Juriša (1985) u okviru geološkog kartiranja Jugoslavije.

Speleološka istraživanja započinju gotovo jednako rano kao i geološka. Najraniji podatak o posjeti nekom speleološkom objektu datira iz 1801. godine, kada špilju Vindiju i Križnjakovu špilju posjećuje grof Josip II. Drašković Trakošćanski (Hirc, 1905). Zatim Veliku i Mačkovu pećinu na Ravnoj gori prvi puta spominje D. Hirc 1889. godine, koji uz H. Hranilovića prvi navodi postojanje dviju spilja na području Ivančice kod Lepoglave 1905. godine (Ozimec i Šincek, 2011). U prvoj polovici 20. st., geograf I. Baučić te geolog i paleontolog M. Malez istražuju speleološke objekte Hrvatskog zagorja.

U tom kontekstu, posebnu važnost ima M. Malez koji je 1924. godine rođen u Ivancu i koji je začetnik modernog interdisciplinarnog pristupa istraživanja speleoloških fenomena na cijelom hrvatskom kršu, a time i na području Hrvatskoj zagorja i Ivančice (Garašić, 2011; Tomičić, 2011).

S. Vuković 1947. godine istražuje spilju Vilenicu na Ivančici, dok mu kasnije u istraživanju speleoloških objekata Ravne gore pomaže M. Malez, prilikom čega je sakupljana špiljska fauna te su obavljena mikroklimatska mjerenja. Na osnovi sakupljenih primjeraka, opisani su endemi Ravne gore i Varaždinske županije (Ozimec i Šincek, 2011). Nadalje, Z. Cuković i R. Ozimec 1993. godine započinju sustavna speleološka istraživanja sjeverozapadne Hrvatske, a pritom je posebna pažnja pridodana Ivančici, Kalniku i Ravnoj gori (Ozimec i Šincek, 2009; 2011). U razdoblju 2003.-2009. godine, radom članova Hrvatskog biospeleološkog društva, započinju detaljna speleološka i biospeleološka istraživanja te se pritom 2008. godine izrađuje i biospeleološki katastar Ivančice (Ozimec i Šincek, 2011; Matišić, 2012).

Od 2008. godine, Speleološka udruga „Kraševski zvir“ iz Ivanca provodi sustavna istraživanja cjelokupnog područja Ivančice iznad Lepoglave, uslijed čega je pronađena nekolicina novih speleoloških objekata. Ova udruga je i dalje aktivna te se novi speleološki objekti Ivančice i Hrvatskog zagorja i dalje pronalaze i upisuju u katastar (Matišić, 2012).

Od najistaknutijih geografskih istraživanja Ivančice, valja spomenuti geografa I. Crkvenčića (1951) koji u svojem dijelu „O agrarnoj strukturi gornjeg porječja Bednje“ govori o fizičko-geografskim karakteristikama gornjeg toka Bednje i agrarnim krajobrazima. Isto tako I. Crkvenčić (1958) u svojem dijelu „Prigorje planinskog niza Ivančice“ govori dominantno o agrarnom krajobrazu južnog dijela Ivančice, no dotiče se osnovnih fizičko-geografskih karakteristika prostora, poput geološke građe, klime, hidroloških i geomorfoloških obilježja.

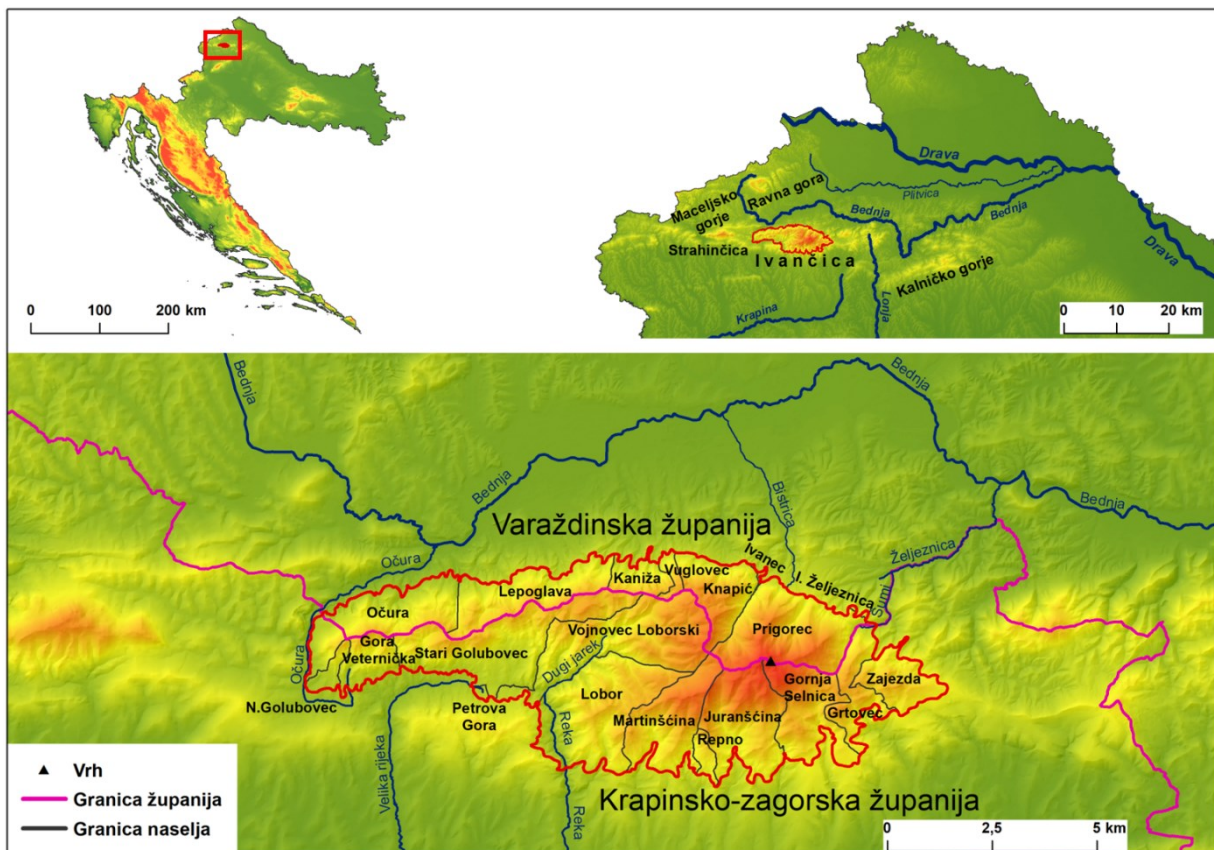
Suvremena istraživanja pretežito su orijentirana na hidrogeološki i hidrološki aspekt Ivančice s ciljem optimalnog korištenja podzemnih i površinskih voda. Samo neki od najistaknutijih radova su oni od J. Parlov i dr. (2016) koji se bavi hidrogeološkim karakteristikama južnih prigorskih vodotoka. Zatim O. Larva i dr. (2016) vrše hidrološki i hidrogeološki monitoring zapadnog dijela Ivančice s ciljem definiranja vodne bilance i dinamike istjecanja podzemnih voda. Jedan od najsuvremenijih radova na području Ivančice jest onaj od H. Meaški i dr. (2019) koji se bavi problematikom krškog vodonosnika i krških izvora na Ivančici te pitanjima vodoopskrbe okolnih naselja.



### 3. Prostorni obuhvat i geomorfološki položaj

#### 3.1. Prostorni obuhvat

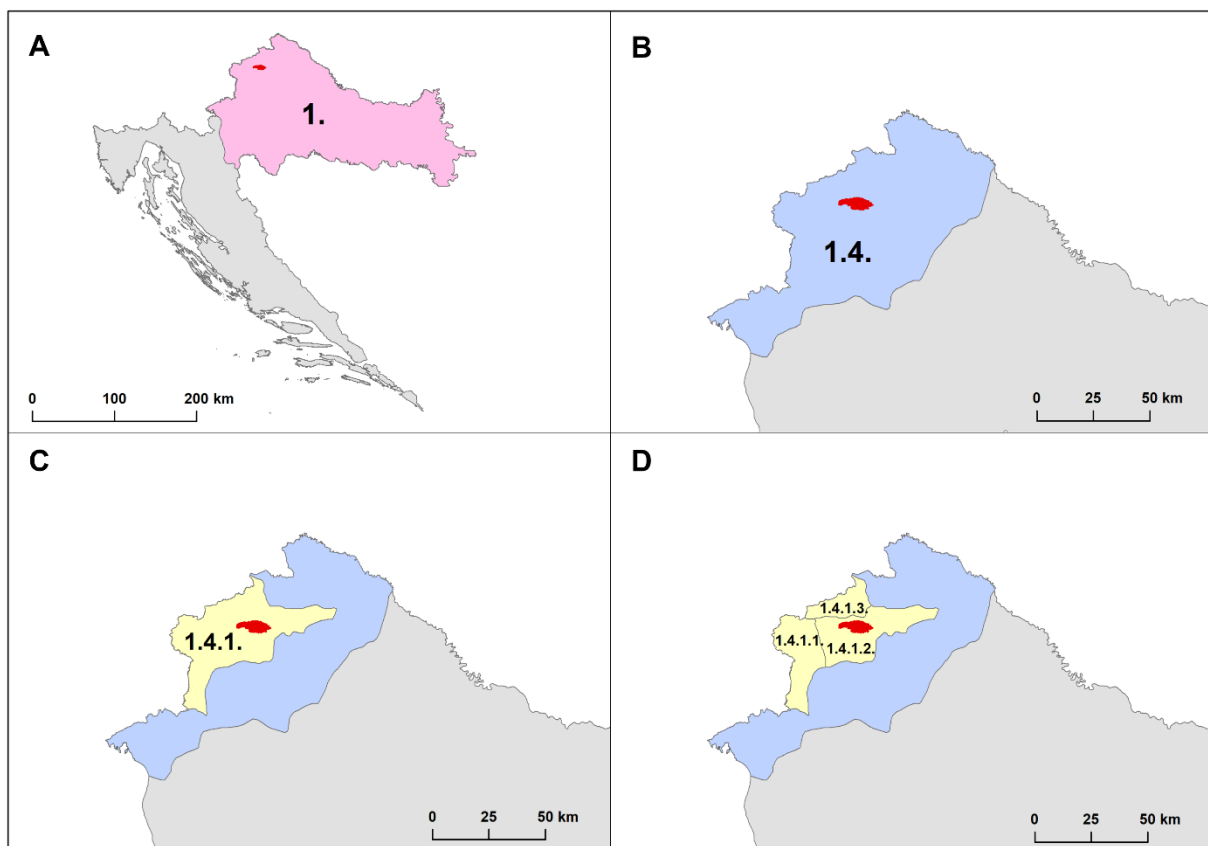
Istraživani prostor obuhvaća središnji i zapadni dio Ivančice te se prostire na nešto više od 50 km<sup>2</sup> (sl. 1). Ivančica kao planina sjeverozapadne Hrvatske, nalazi se između Strahinjčice na zapadu te Lonje na istoku. Prema I. Crkvenčiću (1958), Desinička gora, Kuna Gora, Strahinjčica i Ivančica čine povezani niz poznat pod nazivom „planinski niz Ivančice“. Sa sjevera, prirodnu granicu čini dolina rijeke Bednje, dok s južne strane prirodna granica nije čvrsto određena, već je karakterizira široka predgorska stepenica i kasnije dolinski prostor potoka Loborske Reke i Velike Rijeke koji se ulijevaju u rijeku Krapinu. Ivančica kao takva čini prirodnu razvodnicu između Bednje i Krapine, a time i Drave i Save. Istraživani prostor nalazi se u dvije županije: Varaždinskoj i Krapinsko-zagorskoj. Unutar Varaždinske županije, na istraživanom prostoru nalazi se 8 naselja (sl. 1), dok se u Krapinsko-zagorskoj županiji, na istraživanom prostoru nalazi 13 naselja (sl. 1). U funkcionalnom smislu, sjeverna naselja gravitiraju dvama centrima: Lepoglavi i Ivancu, dok naselja jugoistočne strane gravitiraju Novom Marofu, a južna i jugozapadna Krapini (Njegač, 1996; 1999).



Sl. 1. Prostorni obuhvat i geografski položaj istraživanog područja

### 3.2. Geomorfološki položaj

U okviru geomorfološke regionalizacije Hrvatske prema A. Bognaru (2001), istraživani prostor spada pod megageomorfološku regiju 1. *Panonski bazen* (sl. 2a). Na sljedećoj razini, istraživani prostor spada u makrogeomorfološku regiju 1.4. *Gorsko-zavlasko područje sjeverozapadne Hrvatske* (sl. 2b), kao velike strukturno-geomorfološke cjeline s jedinstvenim geomorfološkim razvojem i dinamikom. Unutar zavalaskog područja SZ Hrvatske, istraživani prostor spada pod mezogeomorfološku regiju 1.4.1. *Gorski nizovi i pobrđa Hrvatskog zagorja* (sl. 2c), koje su izdvojene na temelju osnovnih hidro-orografskih, morfoevolucijskih i geoloških karakteristika. Za takve gorske strukture mezogeomorfoloških cjelina vežu se subgeomorfološke cjeline samostalnih pobrđa čija je morfogeneza uvjetovana neotektonskim razvojem susjednih gorskih uzvišenja. Na najnižoj prostornoj kategoriji geomorfološke regionalizacije, istraživani prostor spada pod subgeomorfološku regiju 1.4.1.2. *Gorski hrptovi Ivančice i Strahinjčice sa sjevernom i južnom predgorskom stepenicom te Varaždinsko-Topličkim gorjem*, (sl. 2d). To su geomorfološke cjeline koje su morfoevolucijski povezane u strukturnom i orografskom smislu.



**Sl. 2.** Geomorfološki položaj istraživanog prostora

**Izvor:** Bognar (2001)

## 4. Metode rada i podaci

U ovome radu korištene su metode terenskog geomorfološkog kartiranja, metode geomorfološke analize i sinteze, daljinska istraživanja, metode analize i vizualizacije u GIS-u te modificirana metoda relativnog vrednovanja reljefa.

### 4.1. Definiranje područja istraživanja

S obzirom da na Ivančici ne postoje niti jedne druge dogovorene granice osim granica područja Ekološke mreže Natura 2000 (HR2000371 Vršni dio Ivančice) koje obuhvaćaju znatno širi prostor, samostalno je određeno područje istraživanja. U tom postupku, korišten je DEM rezolucije 10x10 metara iz arhive Geografskog odsjeka PMF-a, pomoću kojeg je napravljen topografski pozicijski indeks (TPI) kao pokazatelj razlike vrijednosti nadmorske visine neke točke u odnosu na prosječnu nadmorsku visinu definiranog susjedstva. U radu je odabrani radijus susjedstva iznosio 100 metara. Na temelju tog pokazatelja spoznane su temeljne orografske karakteristike šireg područja. Isto tako, na istom DEM-u, napravljena je analiza vertikalne raščlanjenosti reljefa šireg područja pomoću alata *Focal statistics* kao dodatni faktor definiranja istraživanog područja. U konačnici, korištena je topografska podloga TK25 (HTRS/96TM) preuzeta s WMS servisa Geoportala DGU te je pomoću izohipsa „ručno“ vektorizirana granica istraživanog područja. U tom kontekstu, ručna vektorizacija izohipsa rađena je dominantno u zoni vertikalne raščlanjenosti reljefa  $>300$  m/km<sup>2</sup>, pod osnovnom pretpostavkom da raščlanjeniji prostor ima i veću georaznolikost s obzirom na dinamiku reljefa. Međutim, u toj zoni vertikalne raščlanjenosti ne postoji jedinstvena zatvorena izohipsa, stoga su napravljeni postepeni prijelazi izohipsa oko spomenute zone vertikalne raščlanjenosti u rasponu 280-500 m nadmorske visine.

U „ručnoj“ prostornoj vektorizaciji granica istraživanog područja pomoću izohipsa, odlučujuću ulogu imala je odsutnost većih naselja i prisutnost antropogenog reljefa. U konačnici, izdvojeno područje istraživanja obuhvaća zapadni i središnji dio Ivančice s jednim malenim seoskim naseljem Stari Golubovec u kojem se antropogena aktivnost može smatrati zanemarivom zbog malene površine naselja.

## 4.2. Terensko geomorfološko kartiranje

Završni dio geomorfološke analize čini tematska geomorfološka karta na kojoj su prikazani i morfogenetski podaci koji ukazuju na prevladavajuće procese nastanka reljefnih oblika i reljefa u cjelini. Prema tome, velik dio istraživanja obuhvaćao je terenski rad kojim su prikupljeni prostorni podaci o reljefnim oblicima pomoću kojih je omogućena kvalitetnija prostorna diferencijacija morfogenetskih tipova reljefa. Pritom je jedan od ključnih ciljeva bio vezan uz izdvajanje krškog morfogenetskog tipa. Iako je Ivančica izolirano područje otočnog krša, on se uglavnom očituje u hidrogeološkoj funkciji, stoga su u prostornoj diferencijaciji površinskog krškog morfogenetskog tipa od ključne važnosti bile ponikve kao dijagnostički oblici krša. Međutim, niti na jednoj postojećoj kartografskoj podlozi (TK25 HTRS96/TM, TK25 Gauss-Krüger 5. zona i HOK) topografskim znakovima nije označena niti jedna ponikva. Upravo zato je terenski rad najvećim dijelom obuhvaćao sakupljanje prostornih koordinata ponikava. Koordinate ponikava sakupljane su stajanjem na rubu svake ponikve. U kabinetnom radu, izdvojena su područja koja se smatraju teoretski najpogodnijima za razvitak ponikava. Tako su pomoću DEM-a 5x5 m iz arhive Geografskog Odsjeka PMF-a i alata *Slope* izdvojene zone nagiba manje od 10°, te područja građena od karbonatnih stijena i izraženih rasjeda izdvojenih s listova Osnovne geološke karte (OGK). Prema tim kriterijima, izdvojene su i glavne grebenske i dolinske forme linijskog karaktera, no one su eliminirane iz razmatranja te su terenski obilježena područja većih i zaravnjenih dijelova reljefa „platoastih“ karakteristika, a pritom su sakupljane i prostorne koordinate ostalih reljefnih oblika. Za stvaranje terenske digitalne prostorne baze podataka kojom su prikupljane koordinate i fotodokumentacija ponikava i ostalih reljefnih oblika, korištena je mobilna aplikacija Locus Map.

## 4.3. Geološki podaci

Geološki podaci dobiveni su s Osnovne geološke karte (OGK), mjerila 1: 100 000, listova: Varaždin L 33-69 (Šimunić i dr., 1983) i Rogatec L 33-68 (Aničić i Juriša, 1984) te pripadajućih tumača lista Varaždin (Šimunić i dr., 1981) i Rogatec (Aničić i Juriša, 1985), preuzetih sa stranica Hrvatskog geološkog instituta. Pritom su geološke karte georeferencirane u projekcijski koordinatni sustav HTRS96/TM te su ručno vektorizirani poligonski slojevi litostratigrafskih jedinica te linijski slojevi rasjednih elemenata.

#### 4.4. Klimatološki podaci

Klima se smatra jednim od fundamentalnih čimbenika oblikovanja reljefa, a time ima i direktan utjecaj na georaznolikost, stoga je napravljen klimadijagram prosječne nadmorske visine istraživanog područja (588 m) koja je izračunata iz DEM-a 5x5m. S obzirom da na istraživanom prostoru ne postoji mreža meteoroloških i klimatoloških postaja DHMZ-a, odabrane su dvije najbliže postaje (Novi Marof i Krapina) koje imaju uglavnom neprekinute nizove podataka u razdoblju 1993.-2020. godine. Podaci srednjih mjesečnih vrijednosti temperature i padalina za obje postaje u navedenom periodu preuzeti su sa stranica DHMZ-a. Za izračun prosječne temperature u spomenutom periodu, korištene su srednje mjesečne vrijednosti temperature obje postaje. Obje postaje se nalaze na otprilike 200 m nadmorske visine (Novi Marof 200 m, Krapina 202 m). Prema tome, za izračun prosječne vrijednosti uzet je vertikalni temperaturni gradijent prosječne nadmorske visine područja (1,94 °C), pomoću kojeg su umanjene srednje mjesečne vrijednosti temperature obje postaje. U konačnici, mjesečne temperature prosječne nadmorske visine područja dobivene su aritmetičkom sredinom umanjenih prosječnih mjesečnih temperatura obje postaje (formula 1). Padaline su dobivene isključivo kao aritmetička sredina srednjih mjesečnih vrijednosti za obje postaje u navedenom razdoblju (formula 2). Razlog tome je taj da trenutno ne postoji znanstveno dokazana vrijednost vertikalnog gradijenta padalina na području Ivančice. Pritom je vizualizacija klimatoloških podataka napravljena u MS Office Excelu.

$$1. T_{m588} = \frac{T_{mNM (1993-2020)} - 1,94 + T_{mK (1993-2020)} - 1,94}{2}$$

$$2. P_{m_x} = \frac{P_{mNM (1993-2020)} + P_{mK (1993-2020)}}{2}$$

$T_{mNM (1993-2020)}$  – Srednje mjesečne vrijednosti temperature za postaju Novi Marof u razdoblju 1993.-2020.

$T_{mK (1993-2020)}$  – Srednje mjesečne vrijednosti temperature za postaju Krapina u razdoblju 1993.-2020.

$T_{m588}$  – Procijenjene mjesečne vrijednosti temperature prosječne nadmorske visine područja u razdoblju 1993.-2020.

$P_{mNM (1993-2020)}$  – Srednje mjesečne vrijednosti padalina za postaju Novi Marof u razdoblju 1993.-2020.

$P_{mK (1993-2020)}$  – Srednje mjesečne vrijednosti padalina za postaju Krapina u razdoblju 1993.-2020.

$P_{m_x}$  – Procijenjene mjesečne vrijednosti padalina istraživanog područja u razdoblju 1993.-2020.

-1,94 – Izračunati vertikalni temperaturni gradijent prosječne nadmorske visine područja u odnosu na obje postaje

#### 4.5. Geomorfološka analiza i sinteza

Sve morfometrijske analize napravljene su pomoću softvera ArcGIS 10.8 i DEM-a 5x5 m iz arhive Geografskog odsjeka PMF-a. Morfometrijska analiza napravljena je pomoću skupine alata *Spatial analyst*. Nagibi su dobiveni pomoću alata *Slope*, vertikalna raščlanjenost reljefa pomoću *Focal statistics*, orijentacija padina pomoću *Aspect*, profilna zakrivljenost pomoću *Profile curvature*, dok je planarna zakrivljenost napravljena pomoću *Planar curvature*. Statistička analiza navedenih morfometrijskih kategorija napravljena je pomoću alata *Reclassify* te *Zonal geometry*. Za vizualizaciju dijagrama i tablica morfometrijskih obilježja reljefa, korišten je MS Office Excel.

Za dobivanje obilježja drenažne mreže, korištena je skupina alata *Hydrology tools: Fill* za popunjavanje depresija unutar DEM-a, *Flow direction* i *Flow accumulation*. Na temelju sloja dobivenog s *Flow accumulation*, pomoću alata *Stream order* napravljena je klasifikacija tekućica prema Strahleru. U konačnici, rasterski model podataka pretvoren je u vektorski pomoću alata *Stream to feature* te je kao takav i vizualiziran.

U okviru geomorfološke analize napravljene su i prostorne gustoće izabranih elemenata reljefa pomoću metode *Kernel density*. Sve gustoće napravljene su na temelju radijusa kruga 564 m, odnosno površine 1 km<sup>2</sup> oko svakog entiteta. Tako je napravljena gustoća rasjeda koji su prethodno vektorizirani s OGK. Za analizu prostorne gustoće rasjeda nisu obuhvaćeni samo rasjedi na području istraživanja, već i oni u neposrednoj blizini. Time je omogućen točniji rubni prikaz. Gustoća hidrogeoloških pojava (izvori i ponori) napravljena je pomoću točkastog sloja izvora koji je dobiven vektorizacijom s listova TK 25: 270-4-2, 271-3-1 i 271-3-2. Oni su nadopunjeni podacima iz digitalne terenske baze podataka. U konačnici, napravljena je i analiza gustoće ponikava, koja je isključivo temeljena na podacima iz digitalne terenske baze.

Na kraju, provedena geomorfološka analiza sintetizirana je u obliku detaljne geomorfološke karte, mjerila 1:40.000 koja sadrži morfografske, morfometrijske (nagibi padina), morfogenetske i morfostrukturne podatke. Kao podloga geomorfološke karte, uz nagibe, korišteni su listovi TK 25 (Gauss-Krüger 5. zona): 270-4-2, 271-3-1, 271-3-2. Poligonski slojevi morfogenetskih tipova te linijski i točkasti reljefni oblici su prvotno digitalizirani u GIS-u te su naknadno vizualizirani i obrađeni u vektorskom programu CorelDraw.

#### 4.6. Vrednovanje georaznolikosti

Vrednovanje georaznolikosti istraživanog prostora, temeljeno je na modificiranoj metodi relativnog vrednovanja reljefa (Bognar, 1996). Pritom je diferencirano 13 temeljnih obilježja kriterija. Međutim, oni kao cjeline nisu vrednovani kako bi se u određenoj mjeri izbjegla subjektivnost distribucije bodova prema obilježjima kriterija. Prema tome, vrednovane su isključivo kategorije obilježja. Pritom je svaka kategorija obilježja mogla dobiti ocjenu u rasponu 1-5. Minimalna ocjena je 1 s obzirom na postojanje intrinzične vrijednosti georaznolikosti koja polazi od pretpostavke da je sve jednako vrijedno, neovisno o antropogenom stajalištu. Distribucija bodova iz (tab. 1) izvršena je prema različitim kriterijima ovisno o karakteristikama kategorija obilježja.

Pritom je kod geomorfoloških oblika, distribucija izvršena prema načelu rijetkosti pojave oblika na širem području, odnosno što rjeđi oblik, to je broj bodova veći i obratno. Distribucija bodova morfometrijskih kategorija, prvenstveno nagiba i vertikalne raščlanjenosti, izvršena je prema načelu veće dinamike reljefa. U slučaju hipsometrije, najveće ocjene dobili su najviši gorski dijelovi i najniže dolinske forme kao dvije krajnosti nadmorskih visina. Ekspozicija je vrednovana s aspekta najjačih pretpostavljenih egzogenih utjecaja koji neposredno uvjetuju nastanak pojedinih reljefnih oblika i reljefa u cjelini. Stoga su najveći broj bodova dobile sjeverne i južne padine te broj bodova proporcionalno opada s promjenom ekspozicije. Zakrivljenost padina vrednovana je jednako u slučaju profilne i planarne zakrivljenosti jer se smatra da odnosi denudacije i akumulacije te brzina i smjerovi otjecanja vode po padini nisu od ključne važnosti za nastanak georaznolikosti, stoga im nije pridodana maksimalna ocjena. Litološke karakteristike vrednovane su s aspekta brojnosti i rijetkosti reljefnih oblika koji se na njima javljaju, stoga je maksimalnu ocjenu dobila jedinica jursko-krednih sedimenata jer se na toj podlozi javlja najveći broj jedinstvenih reljefnih oblika područja. Prema istom načelu vrednovani su elementi morfogenetskih tipova reljefa i pedoloških obilježja. Gustoće izabranih elemenata reljefa, vrednovane su na način da je najveća gustoća dobila i najveći broj bodova, čime se pretpostavlja veća georaznolikost.

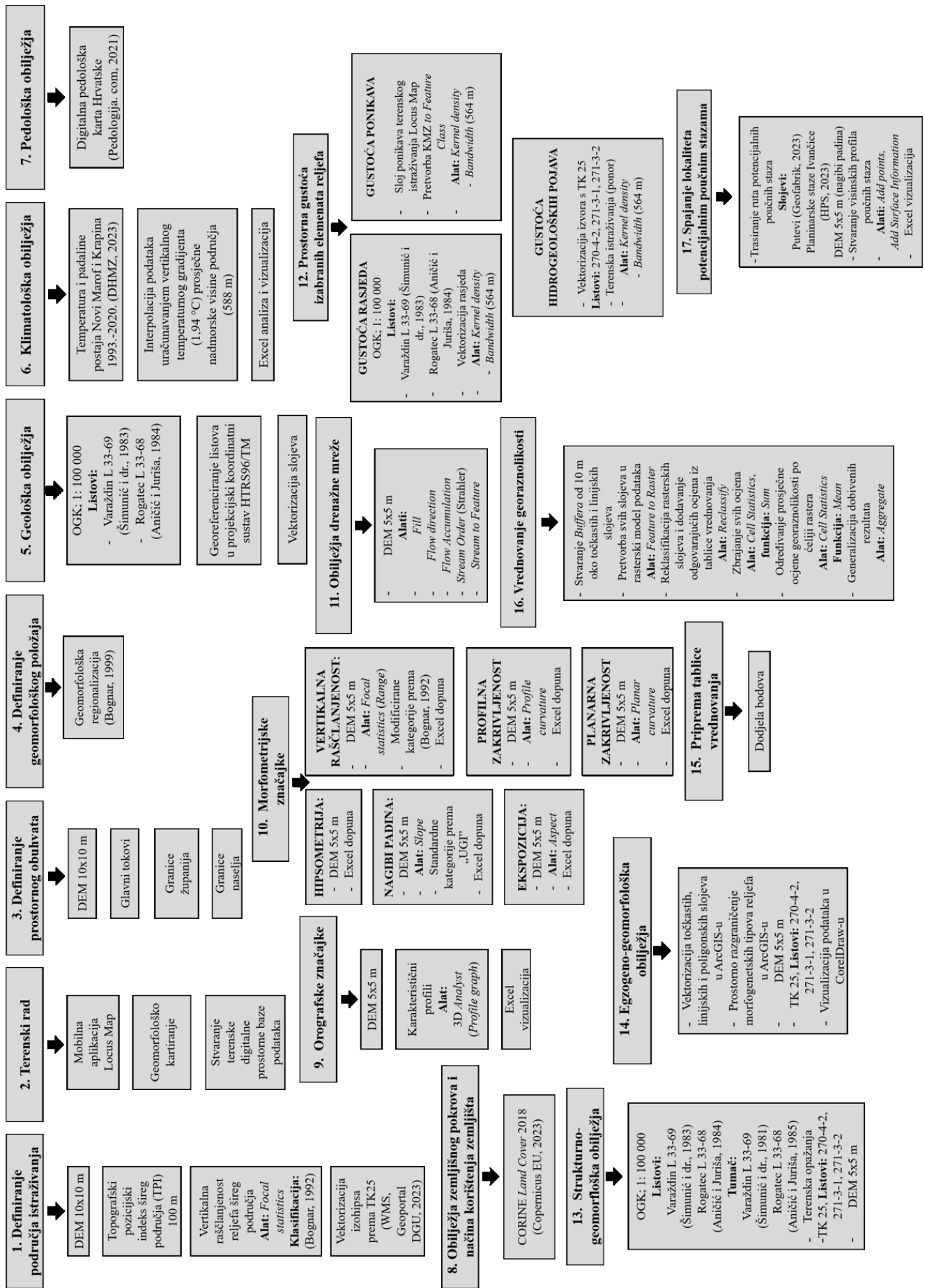
Prilikom vrednovanja u GIS-u, u slučaju svih linijskih i točkastih slojeva, napravljen je *Buffer* od 10 metara te je kao takav vrednovan. Razlog tome je kvalitetniji prikaz na kumulativnoj karti georaznolikosti jer se u protivnom linijski i točkasti elementi prostorno „izgube“. Zatim su postojeći poligonski i novo napravljeni *bufferi* točkastih i linijskih elemenata pretvoreni u rasterski model podataka pomoću alata *Feature to raster*. Kasnije su svi postojeći rasterski slojevi i pretvoreni vektorski slojevi reklasificirani prema bodovima iz tablice (tab. 1), alatom *Reclassify*. U konačnici, preklapanjem i zbrajanjem svih rasterskih slojeva s odgovarajućim ocjenama, dobivena je kumulativna karta georaznolikosti. Pritom je korištena lokalna funkcija prostorne rasterske analize *Cell statistics* i metoda *Sum*. Isto tako, dobiven je prikaz prosječne vrijednosti georaznolikosti po ćeliji rastera od 5x5 m pomoću iste funkcije i metode *Mean*. Tim postupcima, rezultati prethodno provedene geomorfološke analize su kvantificirani. Generalizacija karata kumulativne vrijednosti georaznolikosti i prosječne vrijednosti georaznolikosti vršena je pomoću alata *Aggregate*.

#### **4.7. Trasiranje potencijalnih poučnih staza**

Na temelju kumulativnih rezultata vrednovanja georaznolikosti Ivančice, područja i lokaliteti najvećih vrijednosti spojeni su trasama potencijalnih poučnih staza. Pritom je najvećim dijelom korištena mreža postojećih planinarskih staza, preuzetih sa stranica HPS-a (2023) te mreža ostalih puteva, preuzeta sa stranice Geofabrik (2023). Na dijelovima na kojima nije postojala mreža postojećih planinarskih i ostalih staza, napravljena je vektorizacija trasa kroz zone najmanjeg mogućeg nagiba padina. Na kraju, napravljeni su visinski profili poučnih staza koji predstavljaju fizičku zahtjevnost svake staze. Profili su napravljeni pomoću alata *Create points* kako bi se linijski segmenti podijelili na točke koje su stavljene na svakih 1 m udaljenosti predviđene poučne staze. Tim točkama je iz DEM-a 5x5 m pridodana vrijednost nadmorskih visina pomoću alata *Add surface information*. Tablica točaka s pridodanim vrijednostima nadmorskih visina vizualizirana je u obliku visinskog profila u MS Office Excelu.

Hodogram koraka te korištene softvere i alate kojima je provedena analiza i sinteza svih segmenata istraživanja, prikazan je na Sl. 3.





Sl. 3. Hodogram koraka istraživanja zajedno s korištenim podacima, softverima i alatima

**Tab. 1.** Tablica vrednovanja georaznolikosti Ivančice

KRITERIJ VREDNOVANJA	OBILJEŽJA KRITERIJA	KATEGORIJA OBILJEŽJA	OCJENA (1 - 5)
GEORAZNOLIKOST IVANČICE	NAGIB PADINA (°)	0 - 2	1
		2 - 5	2
		5 - 12	2
		12 - 32	3
		32 - 55	4
	HIPSOMETRIJSKA OBILJEŽJA (m)	> 55	5
		< 300	5
		300 - 400	4
		400 - 500	2
		500 - 600	2
		600 - 700	3
		700 - 800	4
	VERTIKALNA RAŠČLANJENOST RELJEFA (m/km <sup>2</sup> )	800 - 900	4
		900 - 1000	5
		> 1000	5
		0 - 60	1
		60 - 100	1
	EKSPOZICIJA PADINA	100 - 200	2
		200 - 300	3
		300 - 400	4
		> 400	5
		Ravnica	1
		Sjever	5
		Sjeveroistok	3
		Istok	2
		Jugoistok	4
	Jug	5	
	PROFILNA ZAKRIVLJENOST PADINA	Jugozapad	3
		Zapad	2
		Sjeverozapad	4
	PLANARNA ZAKRIVLJENOST PADINA	Konkavna padina	3
		Konveksna padina	3
		Uravnatežena padina	1
	LITOLOŠKA OBILJEŽJA	Konvergentna padina	3
		Divergentna padina	3
		Uravnatežena padina	1
		Stijene paleozojske starosti	2
		Trijaski pješčenjaci, šejlovi, lapori, vapnenci i dolomiti	3
		Trijaski šejlovi, pješčenjaci, vapnenci, rožnjaci, tufovi	3
		Bazalti i andezit bazalti srednetrijaski starosti	2
		Trijaski dolomiti, vapnenci i dolomitne breče	4
		Trijaski dolomiti, dolomitne breče i gromade vapnenca	4
		Gornjotrijaski sitnozrni vapnenci, dolomiti i dolomitne breče	4
		Jurski sitnozrni vapnenci	4
		Vapnenci, šejlovi i rožnjaci jursko-kredne starosti	5
		Bazični eruptivi i dijabazi jursko-kredne starosti	2
		Klastične kredne naslage	2
		Klastične naslage oligocena	1
	Klastične miocenske naslage	1	
	PEDOLOŠKA OBILJEŽJA	Kiselu smeđe tlo na klastitima	3
Kiselu smeđe tlo na metamorfittima i klastitima		2	
Rendzina na dolomitu i vapnencu		3	
Rendzina na laporu (flišu) ili mekim vapnencima		2	
KERNEL GUSTOĆA RASJEDA (ras/km <sup>2</sup> )	0	1	
	1 - 2	2	
	2 - 3	3	
	3 - 4	3	
	4 - 5	4	
	> 5	5	
KERNEL GUSTOĆA HIDROGEOLOŠKIH POJAVA (izvor-ponor/km <sup>2</sup> )	0	1	
	1 - 2	2	
	2 - 3	3	
	3 - 4	4	
	> 4	5	
KERNEL GUSTOĆA PONIKAVA (pon/km <sup>2</sup> )	0	1	
	1 - 5	2	
	5 - 10	3	
	10 - 15	4	
	15 - 20	4	
MORFOGENETSKI TIP RELJEFA	> 20	5	
	Akumulacijski (fluvijalni)	3	
	Fluviudenudacijski	2	
	Fluviokrški	4	
	Krški	5	
GEOMORFOLOŠKI OBLICI	Rašlanjen greben	3	
	Nerašlanjen greben	2	
	Greben na kosi	1	
	Zaobljeni vrh	1	
	Kupolasti vrh	2	
	Stožasti vrh	3	
	Jaruga	1	
	Dolina V usjeka	2	
	Koritasta dolina	3	
	Aktivan fluviookrški izvorišni obluk	5	
	Aktivna fluviookrška dolina	4	
	Suba fluviookrška dolina	5	
	Aktivna ponorska dolina	5	
	Suba ponorska dolina	4	
	Aktivan fluviookrški kanjon	5	
	Slapovi na sedri	5	
	Speleološki objekti	5	
	Rasjedni odsjeci i litice	3	

## **5. Rezultati i rasprava**

### **5.1. Čimbenici oblikovanja reljefa**

#### **5.1.1. Geološka građa**

Geološka građa cijele sjeverozapadne Hrvatske izuzetno je heterogena, a s obzirom da kompleksnost geomorfoloških karakteristika velikim dijelom proizlazi iz prethodno spomenute evolucije terena, strukturnih odnosa i litologije, od velike su važnosti litostratigrafski odnosi. Na Ivančici se od stratigrafskih članova nalaze stijene gornjeg paleozoika, donjeg, srednjeg i gornjeg trijasa, lijasa, jure-krede, donje krede i neogena (Šimunić i dr., 1981; Bognar i dr., 1994; Ozimec i Šincek, 2011).

Najstarije stijene istraživanog prostora vežu se uz gornji paleozoik i pretežno ih čine metamorfozirani pješčenjaci (Šimunić i dr., 1979; Šimunić i dr., 1981; Šimunić, 1986). Njihova prostorna distribucija na istraživanom prostoru usko je vezana uz krajnji sjeverni dio koji se pruža iznad Lepoglave (sl. 4).

Sedimenti donjeg trijasa dominantno prekrivaju zapadni i središnji dio istraživanog područja te se protežu u obliku isprekidanog pojasa između Prigorca na sjeveroistoku i doline Očure na zapadu (sl. 4). U donjem dijelu ovih slojeva prevladava klastična komponenta sajskih naslaga poglavito vezana uz pješčenjake i šejlove, dok u gornjem dijelu prevladava karbonatni sastav s prevladavajućim tamnosivim vapnencima i dolomitima s velikim udjelom nekarbonatne komponente silta i gline (Šimunić i dr., 1979; Šimunić i dr., 1981).

Srednji trijas čini najveći udio od svih mezozojskih naslaga te u svojem sastavu ima i najveći broj litoloških članova. Na prostoru istraživanja ove naslage uvelike su koncentrirane na zapadnom i središnjem dijelu (sl. 4). Iako ima puno litoloških članova, od njih prevladavaju tamnosivi vapnenci i tamnosivi dolomiti. Ove jedinice uvelike se protežu u obliku isprekidane zone između Lepoglave i Očure (sl. 4).

Sedimenti gornjeg trijasa isključivo su karbonatni, no oni se također razlikuju prema litološkim članovima u kojima se razlikuju dva dijela. Prvi je pretežno dolomitni s relativno malo vapnenca, dok je drugi pretežno vapnenački s malo dolomita. Prvi je uvelike zastupljen u središnjem i istočnom dijelu istraživanog područja, dok je drugi u manjem udjelu zastupljen na jugu prostora u obliku tektonskih krpa, navučenih preko donjokrednih klastita (sl. 4.) (Babić, 1975; Šimunić i dr., 1979; Šimunić i dr., 1981).

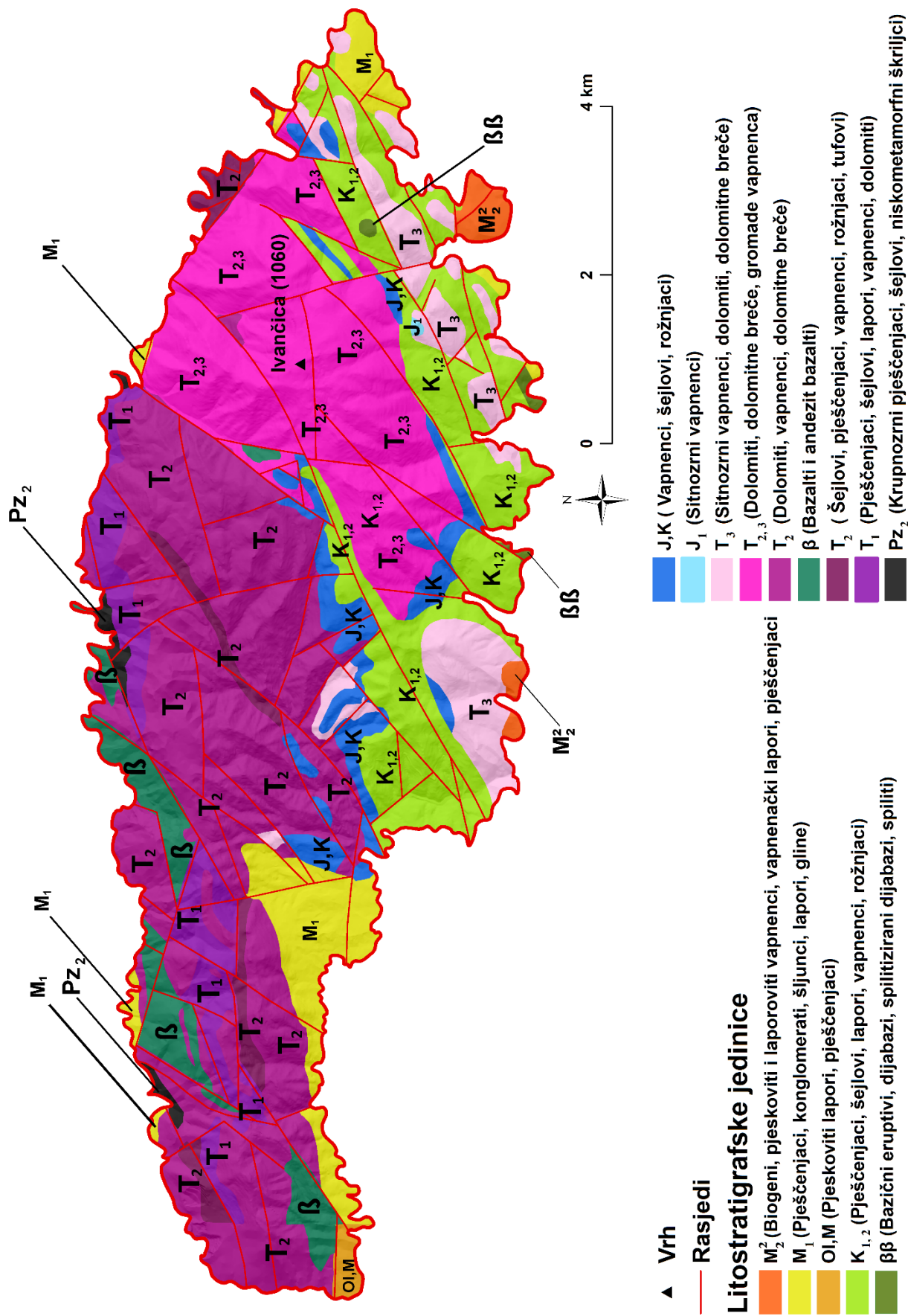
Prijelaz iz trijasa u juru karakterizira dominacija vapnenca s prevladavajućom sitnozrnim osnovom jako malene debljine koja iznosi svega nekoliko metara. Ove naslage zastupljene su u obliku malenog „uloška“ na jugoistoku istraživanog područja (Babić, 1975) (sl. 4).

Prijelaz iz jure u kredu karakterizira dominacija tankopločastih vapnenaca sa sitnozrnim osnovom (Šimunić i Hećimović, 2006). Oni se na istraživanom području pružaju u obliku uskog isprekidanog pojasa od Male Ivančice do kolektorske stanice Zagorskog vodovoda, odnosno kod početka potoka Loborske Reke (sl. 4).

Donjokredni sedimenti nalaze se s južne strane središnjeg i istočnog dijela istraživanog područja (sl. 4). Na te sedimente u helvetu navučeni su već spomenuti otporniji navlačci gornjotrijaskih vapnenaca i dolomita. Među sedimentima donje krede prevladavaju pješčenjaci uz koje se javljaju i rožnjaci (Šimunić i dr., 1981).

Oligocenske i donjomiocenske sedimente karakterizira sporadična zastupljenost na istraživanom prostoru koja je uvelike koncentrirana na jugozapadnom dijelu uz dolinu Očure i područja Starog Golubovca (sl. 4). Te naslage okružuju Ivančicu, Strahinjčicu i Ravnu goru u obliku pojasa različite širine, što je vidljivo na sl. 4, gdje se ove naslage na istraživanom području protežu uskim dijelom na sjeveru, odnosno početku sjeverne predgorske stepenice. U njima prevladavaju pijesci i u manjim količinama lapori i gline (Šimunić i dr., 1979; Šimunić i dr., 1981).

Srednji i gornji miocen veže se uz marinsku transgresiju koja je prekrila cijeli prostor do otprilike 600 m nadmorske visine. Tu prevladavaju konglomerati, breče, litotamnijski vapnenci, pješčenjaci i lapori. Na području istraživanja, ovi sedimenti zastupljeni su jedino na južnom i jugoistočnom dijelu, odnosno na početku južne predgorske stepenice Ivančice (sl. 4.) (Šimunić i dr., 1979; Šimunić i dr., 1981).



Sl. 4. Pojednostavljena geološka karta istraživanog područja

Izvor: OGK 1: 100 000, listovi Varaždin, L33-69 (Šimunić i dr., 1983) i Rogatec, L33-68 (Aničić i Juriša, 1984)

### 5.1.2. Klimatska obilježja

Prema prethodno iznesenim činjenicama vezanim uz litologiju i litostratigrafiju, jasno je vidljivo kako je istraživani prostor pretežito karbonatne građe, a samim time se u geomorfološkom kontekstu može očekivati razvitak krša i fluviokrša kao prevladavajućih morfogenetskih tipova reljefa. Upravo D. Ford i P. Williams (2007) ističu kako su karakteristike klime, a posebno dostupnost vode i padalina jedan od fundamentalnih čimbenika koji uvjetuje nastanak krša s obzirom da ta varijabla kontrolira odnos denudacije i disolucije karbonatnih stijena.

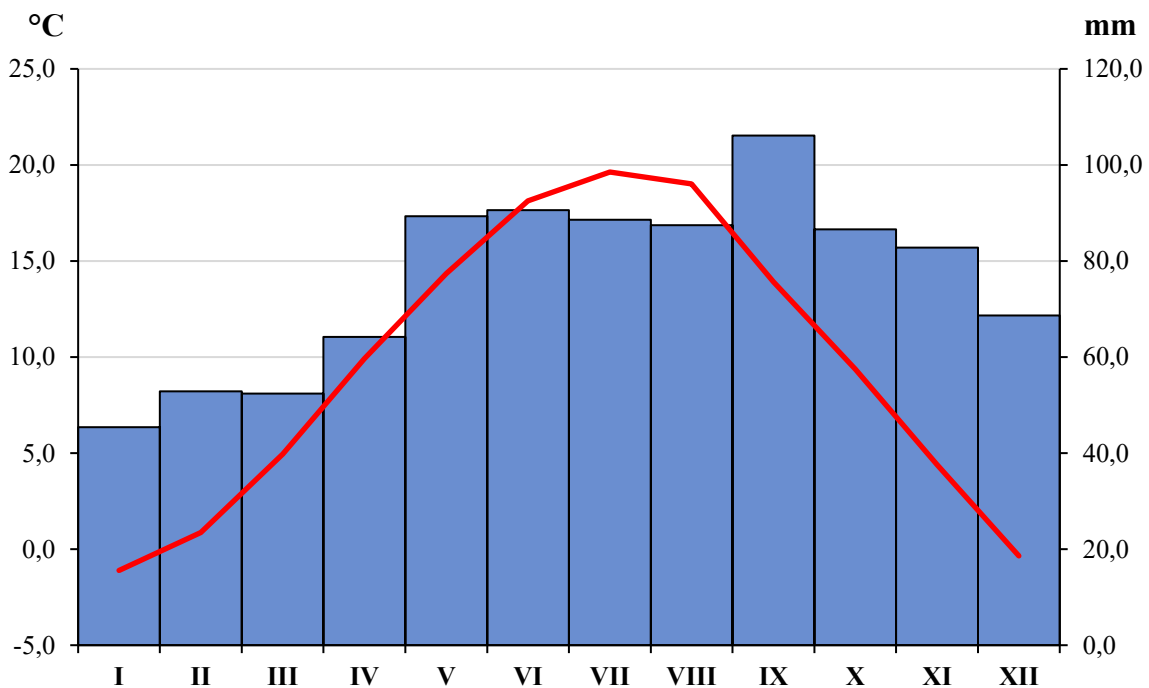
Prema klimadijagramu prosječne nadmorske visine područja od 588 metara (sl. 5), jasno je kako istraživani prostor prema Köppenovoj klasifikaciji klime spada pod umjereno-toplu vlažnu klimu s toplim ljetom (Cfb). Prosječne vrijednosti temperature najhladnijeg mjeseca za razdoblje 1993.-2020. iznose  $-1.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ , dok one najtoplijeg ne prelaze  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Slične temperaturne karakteristike južnog prigorskog dijela navodi i *Plan upravljanja ekološkom mrežom Natura 2000 Strahinjčica i vršni dio Ivančice* (2023) te B. Šorgić i dr. (2017), gdje obje publikacije navode isti tip kontinentalne klime s temperaturama najhladnijeg mjeseca ispod  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , a najtoplijeg oko  $22\text{ }^{\circ}\text{C}$ . No, obje publikacije izlažu podatke za meteorološku postaju Krapina u razdoblju 2002.-2015. godine, bez uračunavanja vertikalnog temperaturnog gradijenta. Dodatno, ono što valja uzeti u obzir i što spominje I. Crkvenčić (1958) je česta pojava temperaturne inverzije u nižim dijelovima, što je posebno izraženo tijekom jesenskih i zimskih mjeseci.

Količina padalina (sl. 5), predstavljena je aritmetičkom sredinom prosječne mjesečne količine padalina postaja Krapina i Novi Marof za razdoblje 1993.-2020. Vidljivo je kako su padaline pravilno raspoređene tijekom cijele godine te se kreću u rasponu od 45 mm u siječnju do 106 mm u rujnu. Prosječna ukupna godišnja količina padalina u navedenom razdoblju za obje postaje dominantno se kreće u rasponu 900-1400 mm. Pritom se minimum javlja u hladnom dijelu godine te je najizraženiji tijekom siječnja. Prvi maksimum padalina vezan je uz kasno proljeće (svibanj), a izraženiji maksimum padalina javlja se početkom jeseni (rujan). No, generalno se može govoriti o uravnoteženoj distribuciji padalina tijekom cijele godine.

Slične karakteristike distribucije padalina spominje još i I. Crkvenčić (1958), koji piše da se na južnom, prigorskom dijelu u periodu 1946.-1953. godine, količina padalina u zimskim mjesecima kretala oko 50 mm, ljetnim u rasponu 80-100 mm, dok je jesenski period popraćen izraženim maksimumom između 100-140 mm. Dodatno, *Plan upravljanja ekološkom mrežom Natura 2000 Strahinjčica i vršni dio Ivančice* (2023) i B. Šorgić i dr. (2017), navode slične karakteristike dobivene isključivo iz podataka meteorološke postaje Krapina za razdoblje 2002.-2015. godine, gdje je minimum padalina isto izražen tijekom zimskih, a maksimum tijekom jesenskih mjeseci.

Iako je ovaj klimadijagram (sl. 5) prosječne nadmorske visine područja dobiven interpolacijom podataka dviju najbližih meteoroloških postaja koje imaju uglavnom neprekinute nizove podataka u 27 godišnjem razdoblju, mora se uzeti u obzir da se rasponi visina istraživanog područja kreću 280-1060 m. Prema tome, vertikalni temperaturni gradijent bi prema najvišim vrhovima i dalje trebao rasti, a posljedično bi i prosječna temperatura trebala padati. S druge pak strane, karakteristike padalina određene su isključivo kao aritmetička sredina dvije postaje te u izračun nije uračunata nadmorska visina i vertikalni gradijent padalina, no svakako se može očekivati kako količina padalina raste s porastom nadmorske visine. Prema tim, teoretskim karakteristikama, zimski minimum padalina trebao bi biti manji s obzirom na veće količine snijega na višim nadmorskim visinama.



**Sl. 5.** Klimadijagram prosječne nadmorske visine područja  
**Izvor:** Izrađeno prema podacima DHMZ-a (2023)

## 5.2. Pedološka obilježja i zemljišni pokrov

### 5.2.1. Pedološka obilježja

Pedosfera se može definirati kao površinski rastresiti sloj koji pokriva litosferu i koji je sastavljen od različitih vrsta tala kao disperziranih rastresitih sustava građenih od organskih i anorganskih čestica različitog sastava, porijekla i veličine (Hrvatska enciklopedija, 2021). Prema tome, od velike je važnosti prilikom analize georaznolikosti uključiti i pedološku raznolikost.

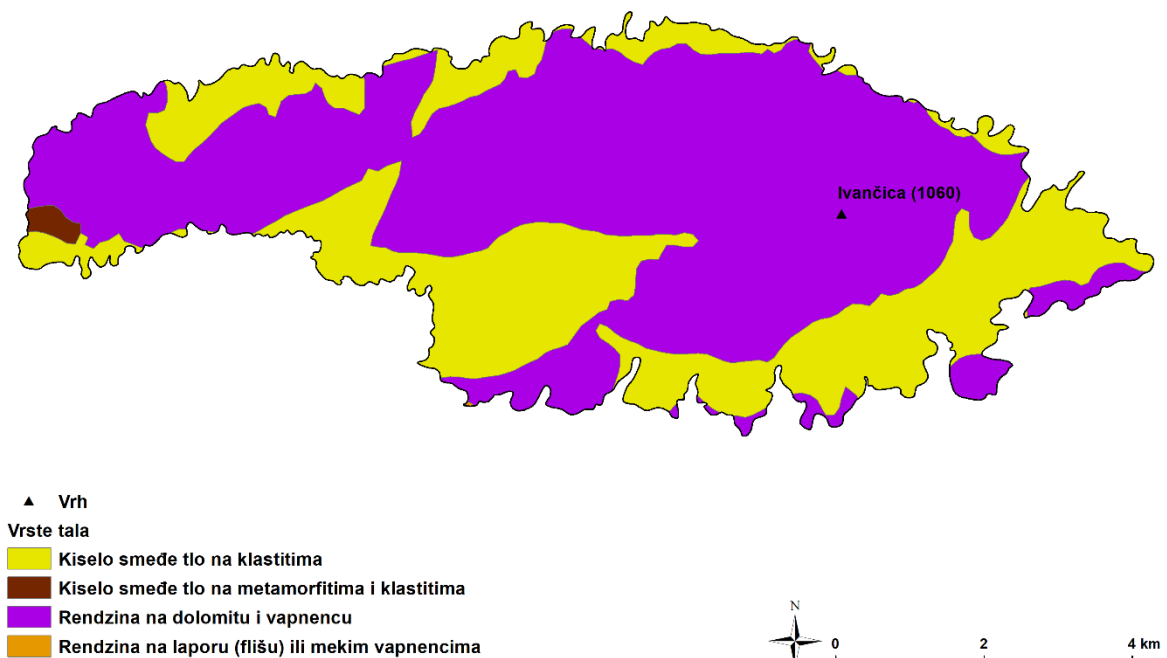
Na istraživanom prostoru nalaze se četiri osnovne vrste tala (sl. 6). Prva i najzastupljenija kategorija jest rendzina na dolomitu i vapnencu (65,1 %). Prema *Planu upravljanja ekološkom mrežom Natura 2000 Strahinjčica i vršni dio Ivančice* (2023), ovaj tip tla karakterizira relativno malena debljina od svega 60 cm te se uglavnom pojavljuje na terenima s nagibima većim od 15°. Unutar ove kategorije dodatno se izdvaja podtip rendzine na laporu (flišu) ili mekim vapnencima koja je u izuzetno malenom udjelu (0,009 %) zastupljena na krajnjem jugu istraživanog prostora uz dolinski prostor potoka Reka (sl. 6). Ono što generalno karakterizira ovaj tip tla jest njegova mala debljina i podložnost nepovoljnim utjecajima erozije te relativno visok pH. Ovaj tip tla je relativno otporan na štetne antropogene utjecaje vezane uz kemijsko zagađenje (Škorić i dr., 1985 prema Vukadinović n.d.).

Sljedeći po zastupljenosti jest tip kiselog smeđeg tla na klastitima. Ovaj tip se proteže u obliku gotovo neprekinutog pojasa koji okružuje čitav prostor s udjelom od 34,4 %, što je podudarno s prevladavajućom zonom donjokrednih klastita i miocenskih klastičnih naslaga (sl. 6). Ovo tlo je izuzetno osjetljivo na antropogena kemijska zagađenja (Škorić i dr., 1985 prema Vukadinović n.d.).

Posljednju grupaciju tla na istraživanom prostoru čine kisela smeđa tla na metamorfiteima i klastitima. Ova grupacija je na istraživanom prostoru zastupljena na krajnjem zapadu uz dolinski prostor Očure s udjelom 0,48 % od ukupne površine (sl. 6). Time je ovo tlo uglavnom podudarno s litološkom prostornom diferencijacijom vezanom uz bazalte i andezit bazalte trijaske starosti. Ovaj tip tla javlja se na padinama s nagibima većim od 15° te isto tako ima relativno malenu osjetljivost na antropogena kemijska zagađenja (Škorić i dr., 1985 prema Vukadinović n.d.).



I. Crkvenčić (1958) piše kako su uvjeti nastanka tla na južnom predgorskom i ocjeditom prostoru relativno siromašni zbog velikih nagiba padina i pretežno dolomitne litološke podloge. Isto tako, spominje kako su tla upravo zbog velikih nagiba padina istraživanog prostora relativno plitka te su isključivo mjestimično obrađena s aspekta lokalne i samodostatne poljoprivrede te se rijetko kad koriste za uzgoj oraničnih kultura. Dodatno, spominje linijsku bujičnu eroziju tla s ocjeditih rebara južne predgorske stepenice uslijed pojave bujičnih tokova tijekom sezonski povećane količine padalina. Nadalje, ukazuje na to da su tla s obzirom na prevladavajuću karbonatnu građu bogata kalcijevim karbonatom i to mjestimično s udjelom većim od 95 %, a to ih čini i relativno bogatim humusom. Međutim, kao najveći ograničavajući faktori nastanka i zadržavanja tla, izdvajaju se veliki nagibi padina i otporna litološka podloga koji pospješuju linijsku bujičnu eroziju. Gledano s aspekta geomorfologije, spomenute karakteristike tla, relativno malene debljine i intenzivne bujične erozije s prostora većih nagiba i otpornije litološke podloge, pospješuju infiltraciju oborinske vode u krški vodonosnik, a samim time se pospješuje okršavanje cijelog istraživanog prostora.



**Sl. 6.** Pojednostavljena pedološka karta istraživanog područja

Izvor: Digitalna pedološka karta Hrvatske (2023)

### 5.2.2. Obilježja zemljišnog pokrova i načina korištenja zemljišta

S prirodoslovnog stajališta, zemljišni pokrov se može definirati kao ono čime je zemljište pokriveno, a samim time ono odražava neraskidivu vezu s ekosferom i geosferom. S druge pak strane, način korištenja zemljišta definiran je više s funkcionalnog i socioekonomskog stajališta čovjeka i njegovih potreba koje se očituju u različitim načinima iskorištavanja zemljišta (Kušan, 2010).

Prema podacima o zemljišnom pokrovu CORINE, na istraživanom prostoru je zastupljeno sedam osnovnih klasa pokrova zemljišta. U najvećem udjelu od 93 % dominiraju bjelogorične šume koje neprekinuto prekrivaju čitavo područje (sl. 7). Sljedeća po zastupljenosti je mješovita šuma s udjelom od 3,5 % (sl. 7). Područja mješovite šume uglavnom su koncentrirana na sjevernom i središnjem dijelu istraživanog prostora u obliku tri manje izdvojene zone koje su prekinute bjelogoričnim šumskim pojasom. Nadalje, po zastupljenosti slijedi kategorija poljoprivrednih površina sa značajnim udjelom prirodne vegetacije (2,2 %). Na istraživanom prostoru, ova klasa se pruža u obliku „klina“ na području jugozapada, kod naselja Stari Golubovec (sl. 7).

Sljedeća po zastupljenosti klasa pokrova i načina korištenja jesu područja eksploatacije mineralnih sirovina, odnosno kamenolomi koji na istraživanom prostoru zauzimaju oko 1 % površine. Ova kategorija je na istraživanom prostoru vezana uz neaktivni kamenolom na sjeveru područja, iznad Lepoglave te aktivni kamenolom na sjeverozapadu uz dolinski prostor Očure (sl. 7).

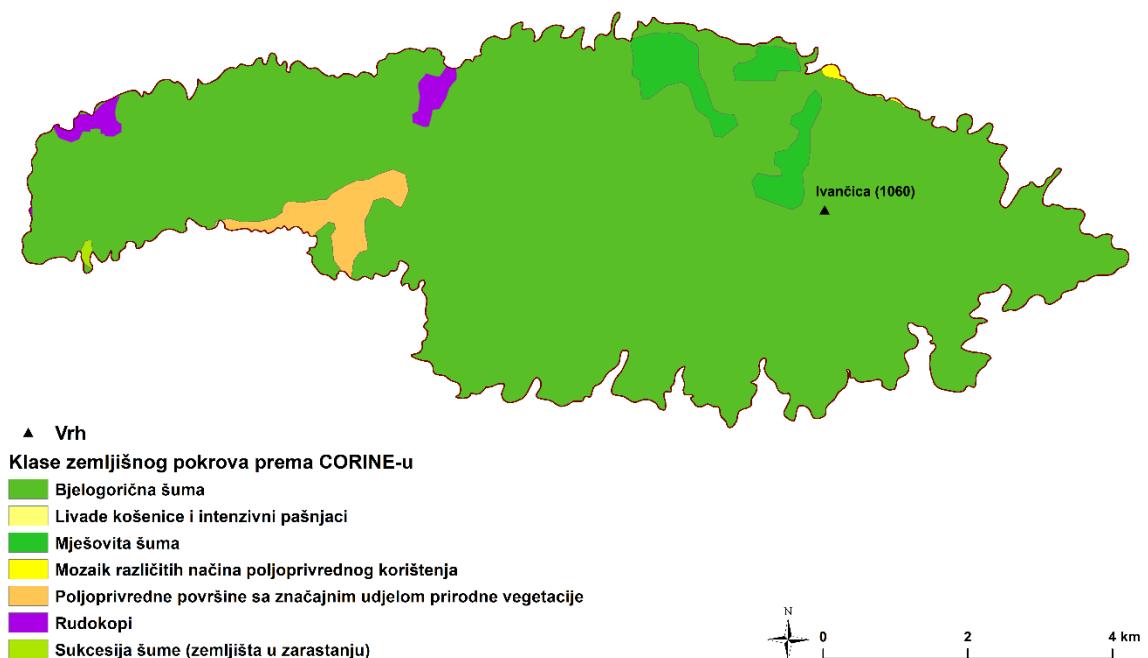
Klasa mozaika različitih načina poljoprivrednog korištenja je na području istraživanja zastupljena s udjelom od 0,11 % te je uvelike koncentrirana na sjeveroistoku područja, točnije na području naselja Prigorec.

Dalje po zastupljenosti slijedi klasa sukcesije šume, odnosno zemljišta u zarastanju s udjelom od 0,009 % u jugozapadnom dijelu područja (sl. 7). Ova klasa veže se uz zonu naselja Novi Golubovec i Gora Veternička kao većih naselja na tom području koja uvelike gravitiraju Krapini kao centru pretežito sekundarnih i tercijarnih djelatnosti, a to zauzvrat uvjetuje deagrarizaciju te u konačnici sukcesiju prirodne vegetacije (Njegač, 1996).

Posljednja kategorija pokrova zemljišta su livade košenice i intenzivni pašnjaci koji su na konkretnom prostoru istraživanja zastupljeni sa svega 0,003 % i to na južnom predgorskom dijelu područja na kojem prevladavaju manji nagibi padina koji su pogodovali razvoju livada i pašnjaka (sl. 7).

Prema karakteristikama zemljišnog pokrova, vidljivo je kako su temeljne gospodarske grane na istraživanom području vezane uz šumarstvo, poljoprivredu te eksploataciju mineralnih sirovina, a na to ukazuje i *Plan upravljanja ekološkom mrežom Natura 2000 Strahinjčica i vršni dio Ivančice* (2023).

Prema udjelu prirodnih tipova zemljišnog pokrova, može se tvrditi kako područje istraživanja zasad nije bilo pretjerano izloženo antropogenim pritiscima koji bi zauzvrat mogli narušiti stanje prirodne ravnoteže i uvjetovati nepovratno uništenje georaznolikosti. To vrijedi za gotovo cijeli prostor istraživanja, osim zona eksploatacije mineralnih sirovina na sjeveru i sjeverozapadu, no na ta područja otpada oko 1 % površine istraživanog prostora. Dakle, osim kamenoloma može se tvrditi kako trenutno ne postoji velika prijetnja georaznolikosti Ivančice na istraživanom prostoru te ona može ostati sačuvana u budućnosti. Međutim, to se ne može tvrditi za cijelo područje Ivančice gdje i dalje aktivno traje javna prepirka oko otvaranja kamenoloma na brdu Veliki Siljevec u blizini Ivanečke Željeznice (Plan upravljanja ekološkom mrežom Natura 2000 Strahinjčica i vršni dio Ivančice, 2023).



Sl. 7. Klase zemljišnog pokrova prema CORINE-u na istraživanom području

Izvor: CopernicusEU (2023)

## **5.3. Geomorfološka obilježja**

### **5.3.1. Orografske značajke**

Orografske značajke područja istraživanja uvjetovane su geološkom građom i klimatskim karakteristikama kao glavnim pasivnim te endogenim procesima kao glavnim aktivnim čimbenicima oblikovanja reljefa. Istraživani prostor se prema morfološkim značajkama može podijeliti u pet glavnih orografskih cjelina (sl. 8).

Prvu orografsku cjelinu čini sjeverna predgorska stepenica koju karakteriziraju nadmorske visine mjestimično niže od 400 metara, no uglavnom prevladavaju rasponi 400-500 metara. Ovaj pojas je na području istraživanja relativno uzak, svega 100-200 metara. Međutim, on se mjestimično nastavlja dalje sjeverno gdje ubrzo prelazi u dolinski prostor Bednje. Ova orografska cjelina uvelike je ispresijecana manjim tekućicama što joj daje izgled rebrastog reljefa.

Drugu orografsku cjelinu čini zapadni gorski pojas, koji se manjim dijelom spaja na istočni gorski pojas. Prirodnu granicu ta dva pojasa čini potok Koprivnjak i njegovi pritoci. Zapadni gorski pojas je relativno homogen prostor raščlanjenih grebena i vrhova mjestimično viših od 700 metara n. v. koji su međusobno razdvojeni širokim sedlima. Ovaj pojas predstavlja granicu između sjeverne predgorske stepenice te dolinskog prostora potoka Reka. Ova orografska cjelina je mjestimično različite širine, no uglavnom u rasponu 500-1000 metara.

Treća orografska cjelina, vezana je uz potok Loborsku Reku i njegove pritoke. Ova cjelina čini prirodnu granicu istočnog i zapadnog gorskog pojasa te je uglavnom vezana uz najniže dolinske dijelove u rasponu 280-400 m n.v. Međutim, morfologija ovog prostora je isto tako mjestimično heterogena. Zapadni dio ove cjeline čine potoci zapadnog gorskog pojasa i Rački potok koji je uklješten između zapadnog gorskog pojasa na sjeveru i Gornjeg Pokojca na jugu (koji je izvan područja istraživanja). S druge pak strane, istočni krak ove cjeline čini glavna tekućica područja, potok Loborska Reka, kojeg u gornjem dijelu toka čine potoci Dugi Jarek i Koprivnjak. Ovaj dio pritoke uglavnom dobiva s istočnog gorskog pojasa, a pritoci su međusobno razdvojeni nizom gorskih kosa.

Četvrtu orografsku cjelinu, čini istočni gorski pojas koji se spaja na već spomenuti zapadni gorski pojas, no on je nešto drugačije morfologije. Uglavnom se uz ovaj prostor vežu najviše nadmorske visine koje u konačnici prelaze iznad 1000 m n.v. Ovo je generalno kompaktna cjelina sastavljena od širokih raščlanjenih grebena i velikih zaobljenih vrhova, a mjestimično prelazi i 5 km širine.

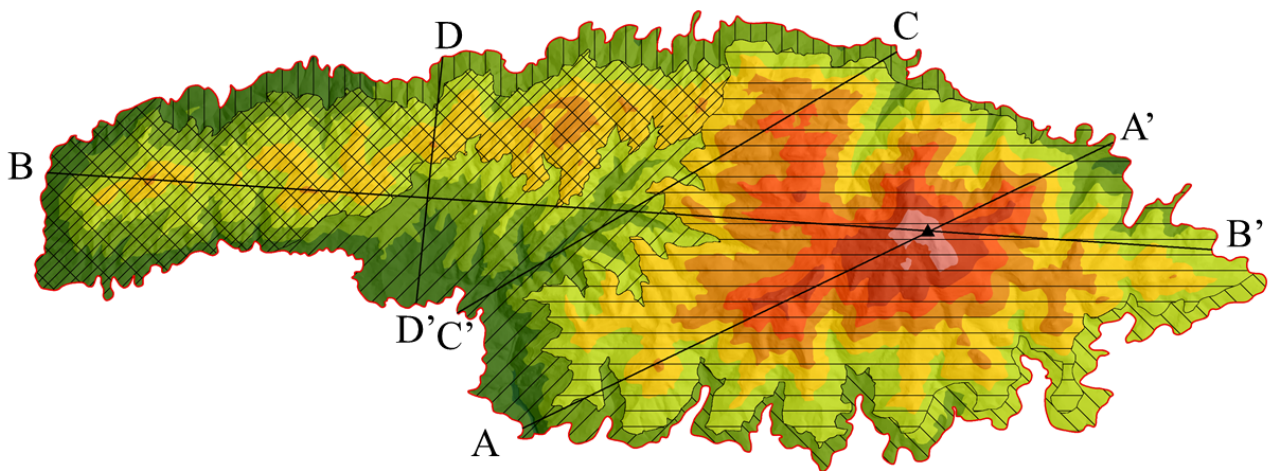
Posljednju orografsku cjelinu čini južna predgorska stepenica koja se nastavlja na istočni gorski pojas. Uz ovu cjelinu vežu se visine u rasponu 300-400 metara n.v. Na području istraživanja je širine svega 100-200 metara, no ona se puno markantnije nastavlja dalje južno, izvan područja istraživanja za razliku od sjeverne predgorske stepenice.

Profil A-A' (sl. 8), usmjeren je od jugozapada prema sjeveroistoku te se proteže kroz dolinski prostor potoka Reka i njegovih pritoka te istočnog gorskog pojasa. Na profilu se jasno vide najniže nadmorske visine vezane uz kanjon Loborske Reke, gdje se nakon toga reljef relativno naglo uzdiže prema istočnom gorskom pojasu koji je mjestimično isprekidan manjim dolinskim elementima. Međutim, reljef se ubrzo naglo uspinje prema najvišim dijelovima istraživanog područja u širini od otprilike 5 km. Ovaj visokogorski prostor se dalje na istoku naglo spušta u dolinski prostor potoka Šumi i sjeverne predgorske stepenice.

Profil B-B' (sl. 8) usmjeren je od zapada prema istoku područja te jasno ukazuje na granične dijelove prethodno spomenutih triju orografskih cjelina. Na zapadu, profil označava prostor zapadnog gorskog pojasa koji je ispresijecan manjim tekucicama porječja Krapine. U središnjem dijelu, profil ukazuje na spomenuti dolinsko-grebenski pojas potoka Loborske Reke koji ima tipična obilježja rebrastog reljefa. Nakon toga, reljef se naglo uzdiže prema istočnom gorskom pojasu koji kasnije prelazi u rebrasti reljef istočnog dijela Ivančice, izvan područja istraživanja.

Profil C-C' (sl. 8), usmjeren je od sjeveroistoka prema jugozapadu te naznačuje granice uske sjeverne predgorske stepenice, graničnog dijela istočnog gorskog pojasa te dolinsko-grebenskog pojasa potoka Loborske Reke. Jasno je vidljivo kako je sjeverni predgorski prostor uzak te se reljef naglo uzdiže prema jugozapadu, mjestimično i više od 800 metara n.v. te se uz manje prekide izvorišnih dolina pruža u širini od 3,5 km. U konačnici, morfologija postupno prelazi u rebrasti reljef kojim prolazi potok Loborska Reka te završava izdizanjem reljefa na glacis terasu Gornjeg Pokojca.

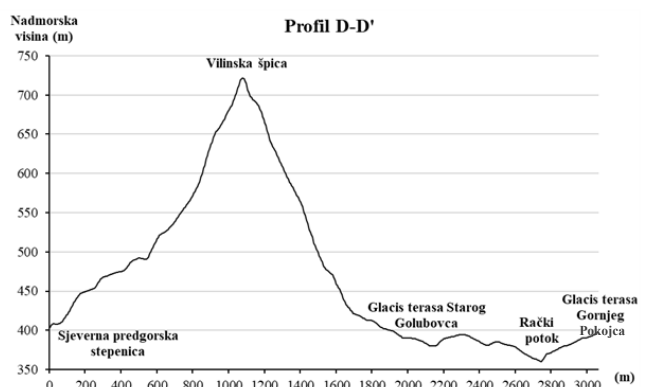
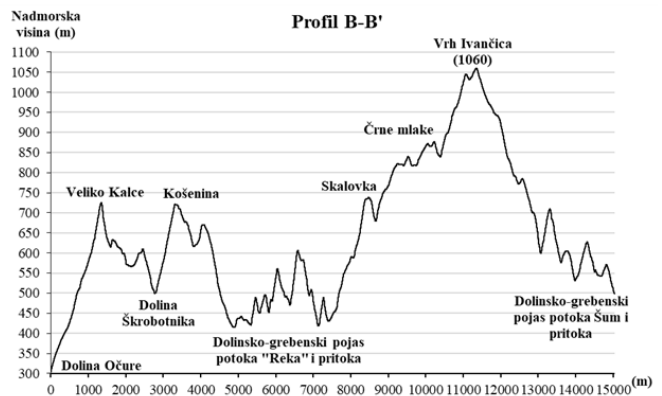
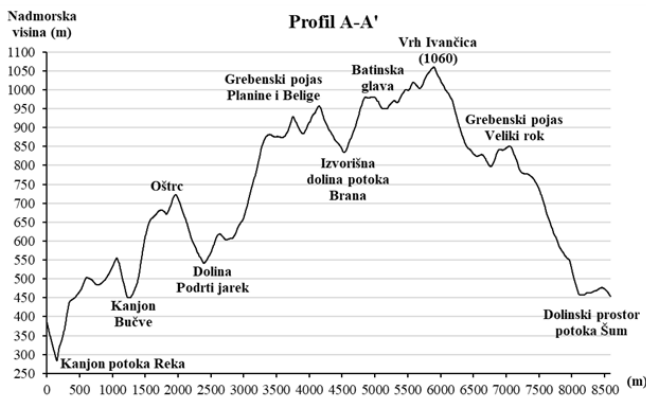
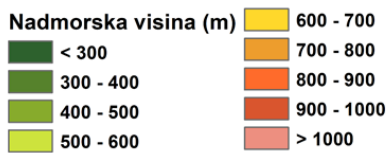
Profil D-D' (sl. 8), usmjeren je od sjevera prema jugu te označava granicu uske sjeverne predgorske stepenice i zapadnog gorskog pojasa koji je u ovom slučaju predstavljen jednim od najviših vrhova te cjeline, Vilinskom špicom te zapadnog dijela potoka Reka. Reljef se od sjevera prema jugu naglo izdiže prema Vilinskoj špici te se jednako naglo spušta prema glacis terasi Starog Golubovca, a nakon toga i prema Račkom potoku, koji je uklješten između glacis terase Starog Golubovca i glacis terase Gornjeg Pokojca.



▲ Vrh

Orografske cjeline

- Dolinski prostor potoka Reka i pritoka
- Istočni gorski pojas
- Južna predgorska stepenica
- Sjeverna predgorska stepenica
- Zapadni gorski pojas



Sl. 8. Orografske cjeline i karakteristični profili istraživanog područja

### 5.3.2. Morfometrijske značajke reljefa

Suvremena geomorfološka istraživanja uključuju cijeli niz kvantitativno-statističkih metoda pomoću kojih se analiziraju reljefni oblici i procesi te veze između čimbenika oblikovanja reljefnih oblika i reljefa u cjelini (Pahernik, 2007). Temeljni morfometrijski parametri reljefa su hipsometrija, nagib padina, ekspozicija padina, vertikalna raščlanjenost reljefa te uzdužna i poprečna zakrivljenost padina. Ovi se pokazatelji u suvremenim geomorfološkim istraživanjima računaju i vizualiziraju pomoću digitalnog modela reljefa (Pahernik, 2007).

Hipsometrijska obilježja reljefa odnose se na prikaz apsolutnih nadmorskih visina istraživnog prostora odgovarajućom paletom boja koje su podijeljene u visinske razrede. Pritom se hipsometrijom naglašava trodimenzionalnost reljefa i pomaže se u interpretaciji morfogenetskih procesa u kombinaciji s drugim morfometrijskim kartama (Buzjak, 2020).

Nagib padina jedan je od osnovnih morfometrijskih elemenata reljefa. Shodno tome, od izuzetne je važnosti razmatranje nagiba padina u kontekstu prevladavajućih geomorfoloških procesa. U lokalnim okvirima, nagibi padina predstavljaju direktnu posljedicu djelovanja egzogenih geomorfoloških procesa, a time je omogućena analiza odnosa intenziteta denudacije i akumulacije. U regionalnim prostornim okvirima (kilometarske površine), nagib padina neposredan je pokazatelj djelovanja endogenih geomorfoloških procesa, što čini direktnu poveznicu s neotektonskom aktivnosti (Marković, 1983).

Ekspozicija padina predstavlja orijentaciju padina u smjeru najvećeg nagiba padine s obzirom na strane svijeta, a pritom se kut najčešće određuje od pravca sjevera u smjeru kazaljke na satu. Ekspozicija padina dobar je indikator intenziteta recentnih geomorfoloških procesa te se dominantno očituje u modifikaciji utjecaja Sunčeva zračenja na amplitude temperature zraka i tla, mehaničko trošenje stijenske mase, izloženost padine smjeru kišonosnih vjetrova i sl. Upravo se maksimalne razlike egzogeomorfoloških procesa uočavaju na nasuprotnim ekspozicijama smjerom meridijanskog pružanja, odnosno prisojnim i osojnim padinama (Pahernik, 2007)

Kao i kod nagiba padina, u lokalnim okvirima, vertikalna raščlanjenost reljefa direktna je posljedica litoloških i klimatskih karakteristika kao pasivnih čimbenika koji uvjetuju razvoj različitih egzogenih geomorfoloških procesa. Prema tome, analiza vertikalne raščlanjenosti u lokalnim okvirima služi za određivanje odnosa denudacije i akumulacije (Marković, 1983).

S druge pak strane, u regionalnim okvirima, vertikalna raščlanjenost reljefa kao visinska razlika najviše i najniže točke unutar promatrane površine, predstavlja direktnu posljedicu endogenih procesa. Analizom vertikalne raščlanjenosti u regionalnim okvirima omogućen je uvid u neotektonska zbivanja, odnosno uvid o položaju, intenzitetu i predznaku neotektonskih pokreta (Marković, 1983).

Oblik padine, posljedica je odnosa denudacijskih i akumulacijskih procesa koji su uvjetovani endogenim i egzogenim geomorfološkim agensima, stoga se u okviru morfometrijskih geomorfoloških istraživanja, zakrivljenosti padina smatraju dobrim indikatorom intenziteta endogenih i egzogenih geomorfoloških procesa (Radoš i dr., 2012). Pritom se razlikuju dva osnovna tipa zakrivljenosti padina, uzdužna (profilna) i poprečna (planarna) zakrivljenost. Profilna zakrivljenost utječe na brzinu otjecanja vode i rastrošnog materijala niz padinu (Radoš i dr., 2012). Isto tako profilna zakrivljenost padina dobar je indikator relativne starosti padine, a samim time i neotektonske aktivnosti područja. Tako su konveksne padine relativno mlađe te na njima prevladavaju denudacijski procesi, dok su konkavne padine relativno starije i na njima prevladavaju akumulacijski procesi. S druge pak strane, planarna zakrivljenost ukazuje na smjer hipotetskog otjecanja vode niz padinu (Radoš i dr., 2012).

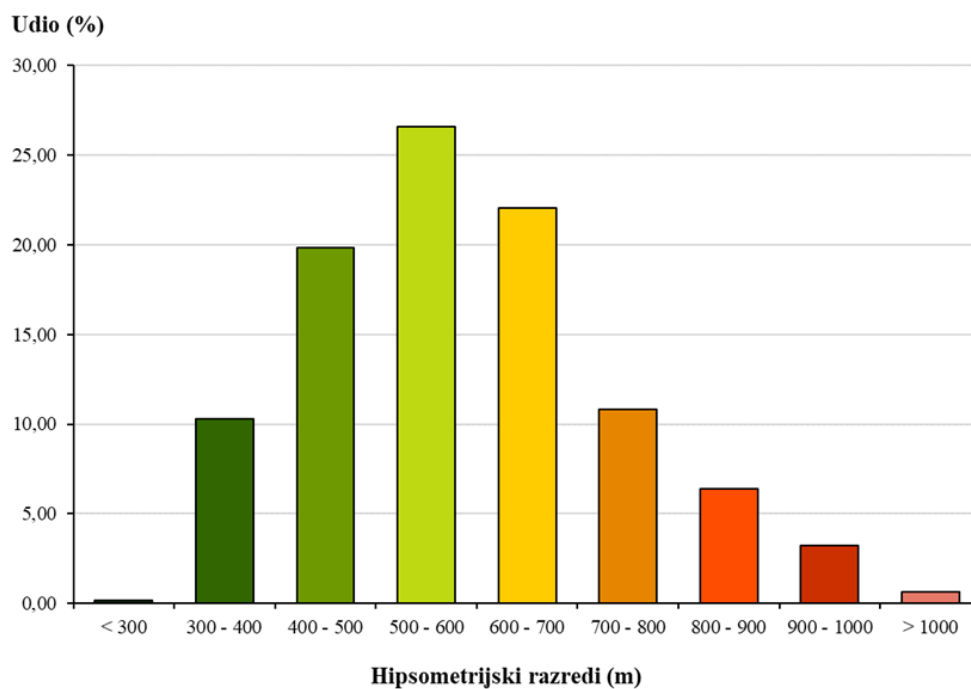
### **5.3.2.1. Hipsometrijske značajke reljefa**

Rasponi nadmorskih visina istraživanih područja kreću se 280-1060 m, dok prosječna nadmorska visina područja iznosi 588 m. Upravo zato je cijeli istraživani prostor podijeljen na 9 hipsometrijskih razreda po 100 m (sl. 10). Prostorna distribucija visinskih razreda na istraživanom prostoru je heterogena. Pritom su najniže vrijednosti uglavnom vezane uz dolinske prostore, a najizraženije su na prostoru potoka Loborska Reka na jugu i središnjem dijelu područja te uz dolinski prostor Očure na zapadu. Visine 300-500 m n.v. pretežito su vezane uz sjevernu i južnu predgorsku stepenicu te okružuju gotovo čitavo područje (sl. 10). Rasponi visina 500-700 m n.v. pravilno se nastavljaju na prethodni visinski razred te su vezani uz orografske cjeline zapadnog i istočnog gorskog pojasa. Ovi rasponi zauzimaju i najveći udio površine područja (sl. 9 i tab. 2). Razredi 700-800 m n.v. najviše su koncentrirani na istočnom gorskom pojasu, dok na zapadnom oni obuhvaćaju nekolicinu najviših vrhova. Hipsometrijski razredi viši od 800 m n.v., isključivo se nalaze na istočnom gorskom pojasu te čine jednu relativno homogenu i kompaktnu cjelinu cirkularnog oblika, širine nekoliko kilometara. Najviši dijelovi, viši od 1000 m n.v. isključivo su vezani uz sami vršni prostor Ivančice.

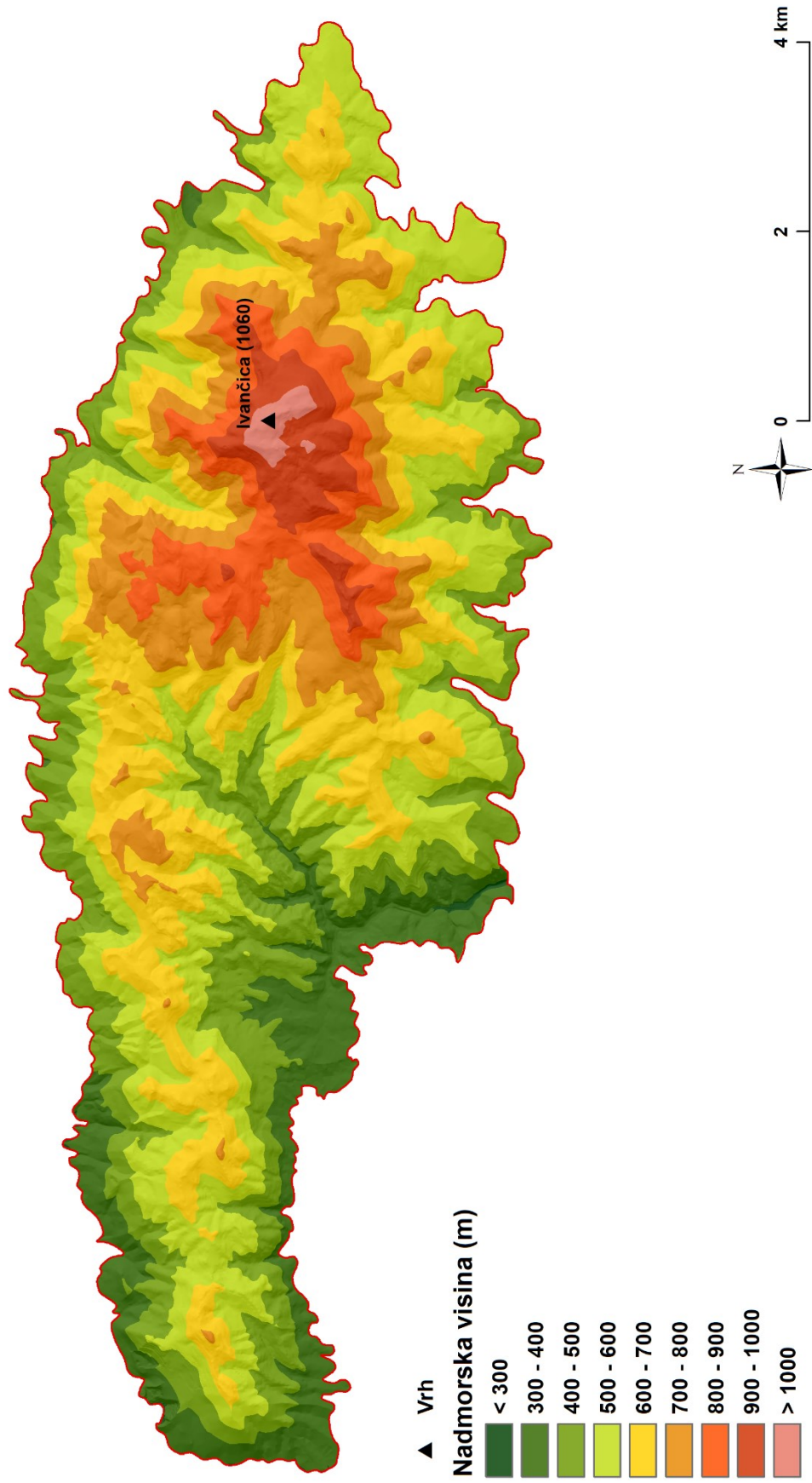


**Tab. 2.** Površine i udjeli hipsometrijskih razreda na istraživanom prostoru

<b>RAZRED (m)</b>	<b>POVRŠINA (km<sup>2</sup>)</b>	<b>UDIO (%)</b>
< 300	0,09	0,18
300 - 400	5,18	10,27
400 - 500	10,00	19,82
500 - 600	13,41	26,59
600 - 700	11,13	22,06
700 - 800	5,46	10,83
800 - 900	3,22	6,38
900 - 1000	1,64	3,25
> 1000	0,32	0,63
<b>Ukupno</b>	<b>50,45</b>	<b>100,00</b>



**Sl. 9.** Udjeli hipsometrijskih razreda u ukupnoj površini istraživanog prostora



Sl. 10. Hipsometrijska karta istraživanog prostora

### 5.3.2.2. Obilježja nagiba padina

U radu je korištena klasifikacija nagiba padina koja je prihvaćena od strane IGU-a (International Geographical Union), a ona je temeljena na razredima nagiba padina koji su diferencirani prema prevladavajućim geomorfološkim procesima (tab. 3).

**Tab. 3.** Razredi nagiba padina prema prevladavajućim geomorfološkim procesima

<b>RAZRED</b>	<b>OPIS</b>	<b>PREVLADAVAJUĆI PROCESI</b>
0 - 2°	Ravnice	Nema vidljivih tragova kretanja stijenske mase, a površinsko spiranje je minimalno
2 - 5°	Blago nagnuti tereni	Vidljive pojave kretanja stijenske mase, blago spiranje, tečenje i kliženje tla
5 - 12°	Nagnuti tereni	Snažna erozija, intenzivno tečenje i kliženje tla
12 - 32°	Jako nagnuti tereni	Vrlo snažna erozija i pojačano spiranje tla
32 - 55°	Vrlo strm teren	Izraziti pokreti stijenske mase, mjestimično zadržavanje materijala i pretežno ogoljene stjenovite površine
> 55°	Strmci, litice (eskarpmi)	Dominiraju intenzivni gravitacijski procesi (odroni i osipavanje)

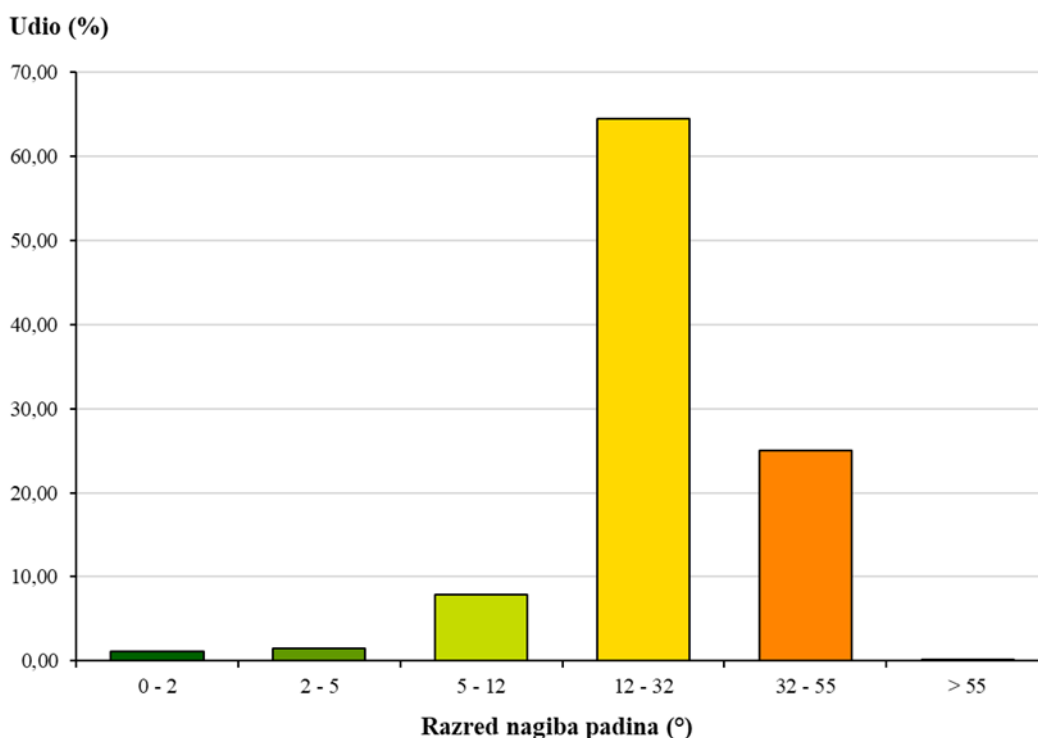
Izvor: Lozić (1996)

Na istraživanom području, rasponi nagiba padina kreću se od 0° do 73°, dok prosječna vrijednost iznosi 25°. S obzirom na prosječnu vrijednost nagiba, na cijelom istraživanom području mogu se očekivati intenzivni erozijski i derazijski procesi. Prostorna distribucija nagiba padina na istraživanom području izrazito je heterogena (sl. 12). Najniže kategorije nagiba, do 5°, prostorno su uglavnom koncentrirane na zapadnom dijelu orografske cjeline dolinskog prostora potoka Reka. Isto tako, ovi nagibi ocrtavaju glavne grebenske i dolinske elemente istraživanog prostora. Najzastupljenija kategorija nagiba, vezana je uz razred 12-32°, odnosno razred intenzivnih padinskih procesa (sl. 11). Ovaj razred uvelike je vezan uz sjevernu i južnu predgorsku stepenicu te uz blaže padine većih uzvišenja istočnog i zapadnog gorskog pojasa.

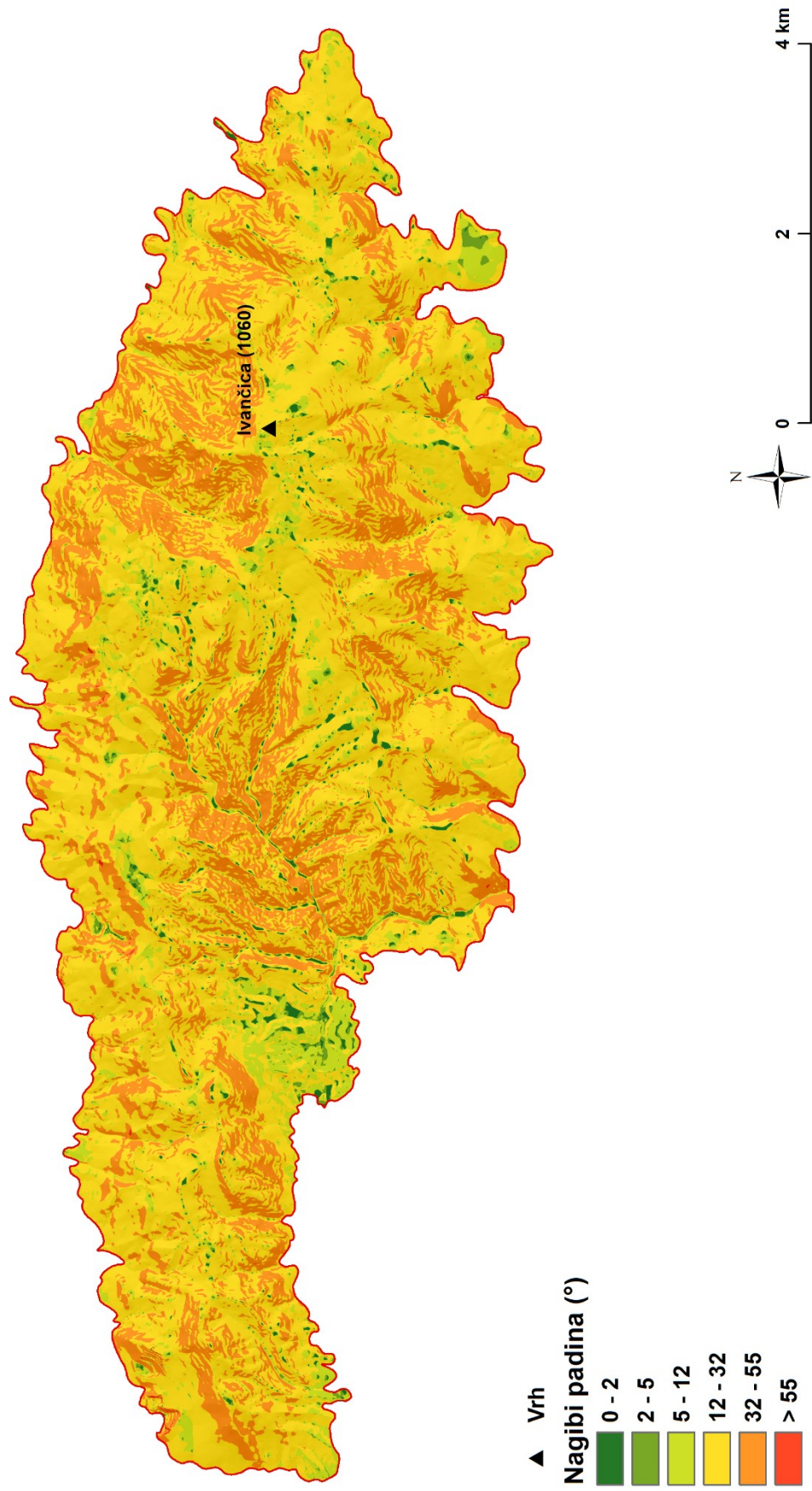
Kategorija nagiba 32-55° prostorno je najkoncentriranija u središnjem dijelu, uz dolinski prostor potoka Reka (sl. 12). Ova kategorija dominantno je zastupljena uz sve dolinske dijelove područja istraživanja te predstavlja strme dolinske strane te strme grebene i gorske kose koji ih razdvajaju. Posljednja kategorija nagiba padina (>55°), zastupljena je u iznimno malenom postotku od 0,08 % (sl. 11 i tab. 4) te je heterogeno distribuirana na istraživanom prostoru (sl. 12). Ova kategorija uglavnom se veže uz izdanke stijena, rasjedni odsjek kod Pragerskih krči te uz kanjonske dijelove južnog dijela istraživanog prostora. Ove kategorije nagiba padina najvjerojatnije su uvjetovane strukturno-tektonskim pokretima kvartarne neotektonike i epigenijom južnih tekućica kroz otpornije navlačke trijaskih dolomita.

**Tab. 4.** Površine i udjeli razreda nagiba padina na istraživanom prostoru

RAZRED (°)	POVRŠINA (km <sup>2</sup> )	UDIO (%)
0 - 2	0,57	1,13
2 - 5	0,73	1,45
5 - 12	3,98	7,89
12 - 32	32,51	64,44
32 - 55	12,61	25,01
> 55	0,04	0,08
<b>Ukupno</b>	<b>50,45</b>	<b>100,00</b>



**Sl. 11.** Udjeli razreda nagiba padina u ukupnoj površini istraživanog prostora



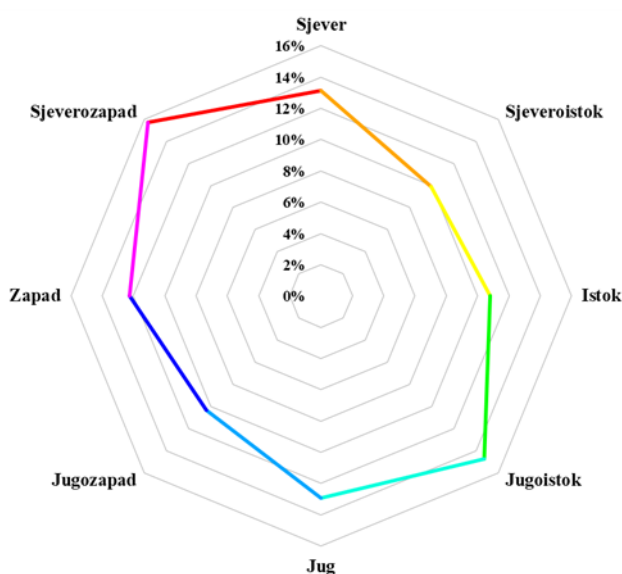
Sl. 12. Karta nagiba padina istraživanog prostora

### 5.3.2.3. Obilježja ekspozicije padina

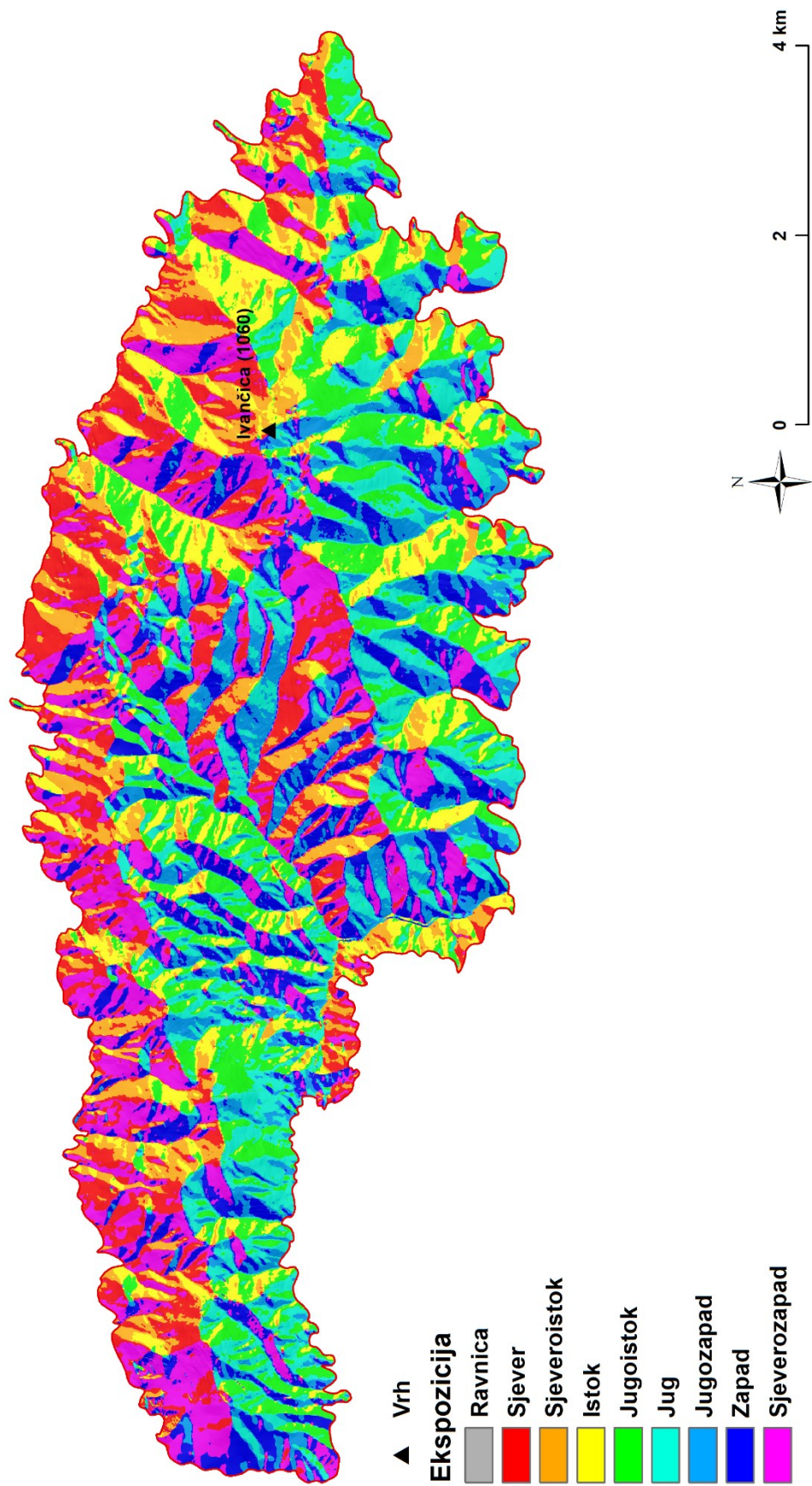
Prema analizi prostorne distribucije ekspozicije padina istraživanog prostora (sl. 14), vidljiva su dva izražena maksimuma ekspozicije. Prvi maksimum čini SZ orijentacija, dok je sekundarni maksimum vezan uz JI orijentaciju (sl. 13 i tab. 5). Uz oba navedena maksimuma, javlja se gotovo jednaka zastupljenost sjevernih padina uz primarnu SZ orijentaciju te južnih padina uz sekundarnu JI orijentaciju (sl. 13; tab. 5; sl. 14). Ove navedene kategorije posljedica su primarne orijentacije orografske osi Ivančice u smjeru zapad-istok, odnosno ZJZ-ISI. Ove kategorije ekspozicije zatim slijede Z i JZ te I i SI orijentacija (sl. 13; tab. 5; sl. 14). Primarne orijentacije padina SZ-S i JI-J vjerojatno su posljedica starijih tektonskih pokreta koji su oblikovali primarnu orografsku os Ivančice, dok bi sekundarne orijentacije Z-JZ te I-SI mogle biti povezane s promjenom orijentacije stresa tektonike i stvaranja dinarskog planinskog lanca. Kategorije bez ekspozicije zastupljene su u izuzetno malenom postotku (0,26 %) te su isključivo vezane uz velike i zaobljene vrhove (sl. 13; tab. 5; sl. 14).

**Tab. 5.** Površine i udjeli kategorija ekspozicije padina na istraživanom prostoru

SMJER	POVRŠINA (km <sup>2</sup> )	UDIO (%)
Ravnica	0,13	0,26
Sjever	6,62	13,13
Sjeveroistok	5,00	9,91
Istok	5,44	10,78
Jugoistok	7,42	14,71
Jug	6,51	12,91
Jugozapad	5,22	10,34
Zapad	6,19	12,27
Sjeverozapad	7,91	15,68
Ukupno	50,45	100,00



**Sl. 13.** Udjeli ekspozicije padina na istraživanom prostoru



Sl. 14. Karta ekspozicije padina istraživanog prostora

#### 5.3.2.4. Obilježja vertikalne raščlanjenosti reljefa

U radu su korištene standardne kategorije vertikalne raščlanjenosti reljefa koje su temeljene na utvrđenim kriterijima prema A. Bognaru (1992) (tab. 6).

**Tab. 6.** Kategorije i opis razreda vertikalne raščlanjenosti reljefa

<b>RAZRED (m/km<sup>2</sup>)</b>	<b>OPIS</b>
<b>0 - 5</b>	<b>Zaravnjen reljef</b>
<b>5 - 30</b>	<b>Slabo raščlanjene ravnice</b>
<b>30 - 100</b>	<b>Slabo raščlanjen reljef</b>
<b>100 - 300</b>	<b>Umjereno raščlanjen reljef</b>
<b>300 - 800</b>	<b>Izrazito raščlanjen reljef</b>
<b>&gt; 800</b>	<b>Veoma izrazito raščlanjen reljef</b>

Izvor: Bognar (1992)

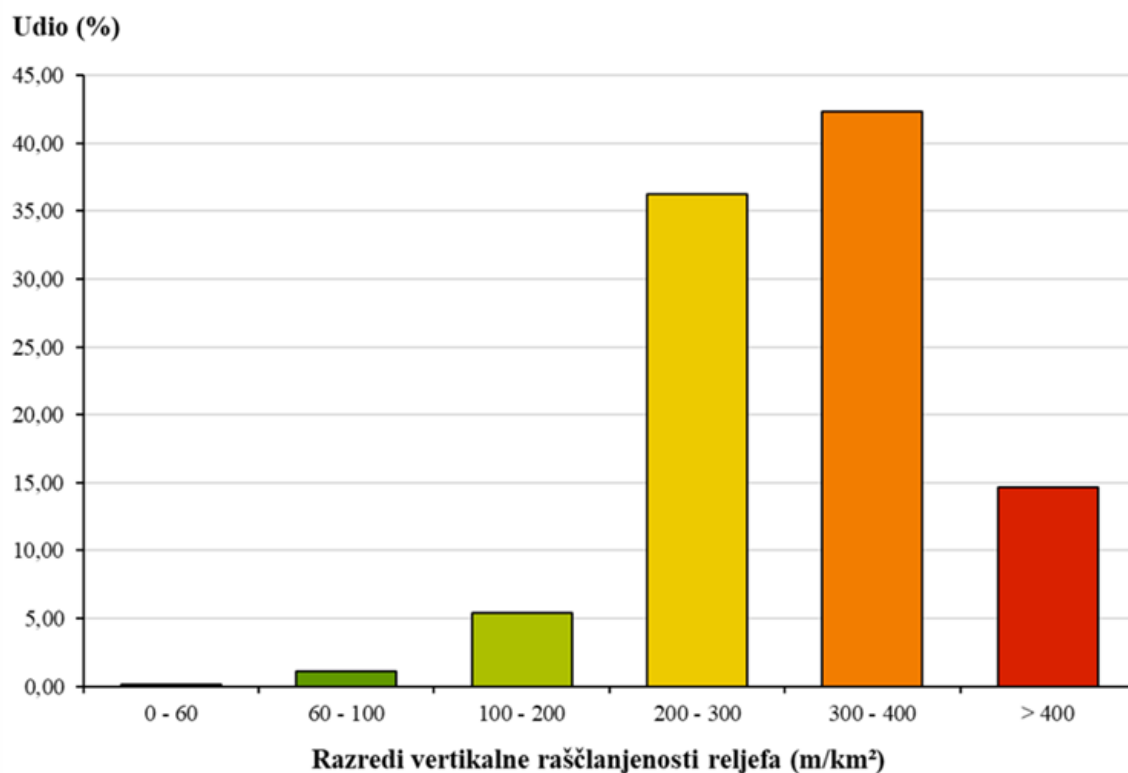
Za potrebe vizualizacije i interpretacije podataka istraživnog područja, gore navedene kategorije (tab. 6) su modificirane prema morfološkim karakteristikama istraživnog područja. Rasponi vertikalne raščlanjenosti reljefa na istraživnom prostoru variraju u rasponu 53-530 m/km<sup>2</sup>. Prosječna vrijednost vertikalne raščlanjenosti reljefa na području iznosi 313 m/km<sup>2</sup>. Prema tome, može se tvrditi da područje prosječno potpada u kategoriju izrazito raščlanjenog reljefa. Najniže kategorije uglavnom su vezane uz orografsku cjelinu zapadnog dijela potoka Loborska Reka, dolinski prostor Očure te se isto tako nastavljaju na južni predgorski prostor koji se proteže i izvan područja istraživanja (sl. 16). Kategorija vertikalne raščlanjenosti 200-300 m/km<sup>2</sup> proteže se kroz čitavo područje istraživanja u obliku neprekinutog pojasa (sl. 16). S druge pak strane, najzastupljenija kategorija 300-400 m/km<sup>2</sup> na području istraživanja naglašava orografske cjeline zapadnog i istočnog gorskog pojasa. Ova kategorija se kroz čitavi prostor proteže u obliku kružnog pojasa širokog 1-2 km te je usko vezana uz najviše prostore istoka i zapada područja istraživanja (sl. 16). Dodatno, ova kategorija javlja se i na krajnjem južnom i jugoistočnom dijelu područja u obliku izdvojenih zona koje markiraju navlačke trijaskih dolomita nad donjokrednim klastitima (sl. 16). Posljednji razred vertikalne raščlanjenosti (>400 m/km<sup>2</sup>), usko je vezan uz orografsku cjelinu istočnog gorskog pojasa te se na zapadu jedino izdvaja kao manja zona na području Velikog Kalca (sl. 16).



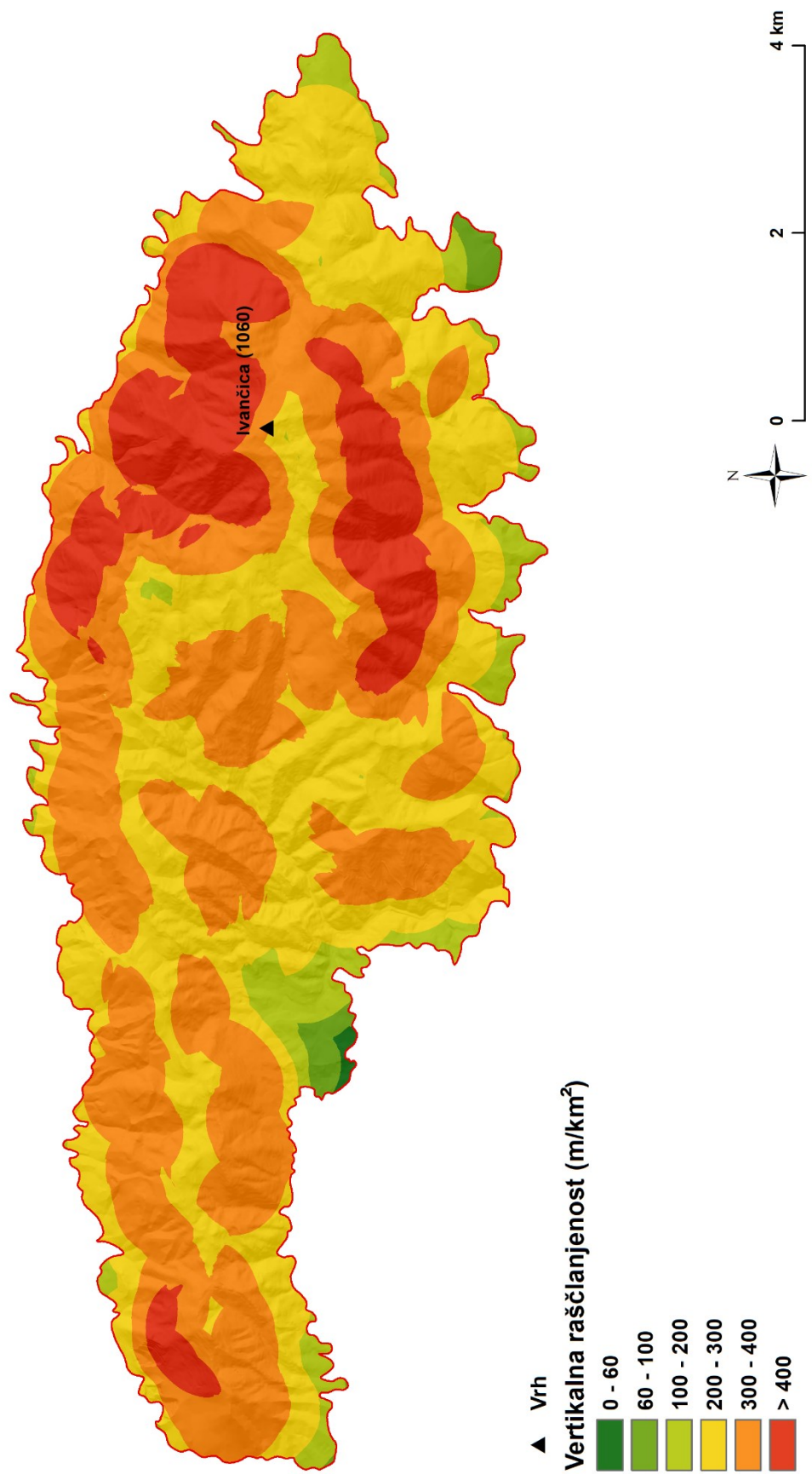
Prema posljednje dvije kategorije, jasno je vidljivo kako je neotektonska aktivnost bila većinski vezana uz izdizanje morfološki izraženih gorskih pojaseva, a pritom se može tvrditi da je na istoku bila intenzivnija. S obzirom da je geomorfološki gledano, ovo relativno star prostor, glavne gorske cjeline oblikovane su prethodnim orogenezama te imaju prevladavajuću orijentaciju I-Z. Time se pretpostavlja da je neotektonika na ovaj prostor djelovala uglavnom s pozitivnim predznakom, no pritom se ne zamjećuje velika promjena orijentacije u odnosu na prevladavajući smjer I-Z, osim u slučaju sjeveroistočnog dijela koji ima naglašenu orijentaciju SZ-JI. To može ukazivati na mlađu tektonsku aktivnost (sl. 16). Relativni udjeli kategorija vertikalne raščlanjenosti reljefa prikazani su na sl. 15 i u tab. 7.

**Tab. 7.** Površine u udjeli kategorija vertikalne raščlanjenosti reljefa na istraživanom prostoru

RAZRED (m/km <sup>2</sup> )	POVRŠINA (km <sup>2</sup> )	UDIO (%)
0 - 60	0,09	0,17
60 - 100	0,57	1,13
100 - 200	2,75	5,45
200 - 300	18,28	36,23
300 - 400	21,36	42,35
> 400	7,40	14,67
<b>Ukupno</b>	<b>50,45</b>	<b>100,00</b>



**Sl. 15.** Udjeli razreda vertikalne raščlanjenosti reljefa u ukupnoj površini istraživanog prostora



Sl. 16. Karta vertikalne raščlanjenosti reljefa istraživanog prostora

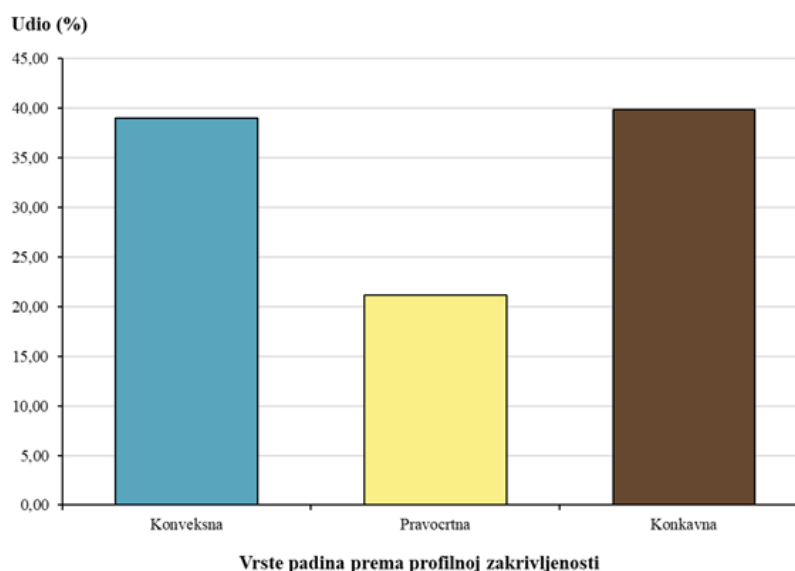
### 5.3.2.5. Obilježja zakrivljenosti padina

#### 5.3.2.5.1. Profilna zakrivljenost

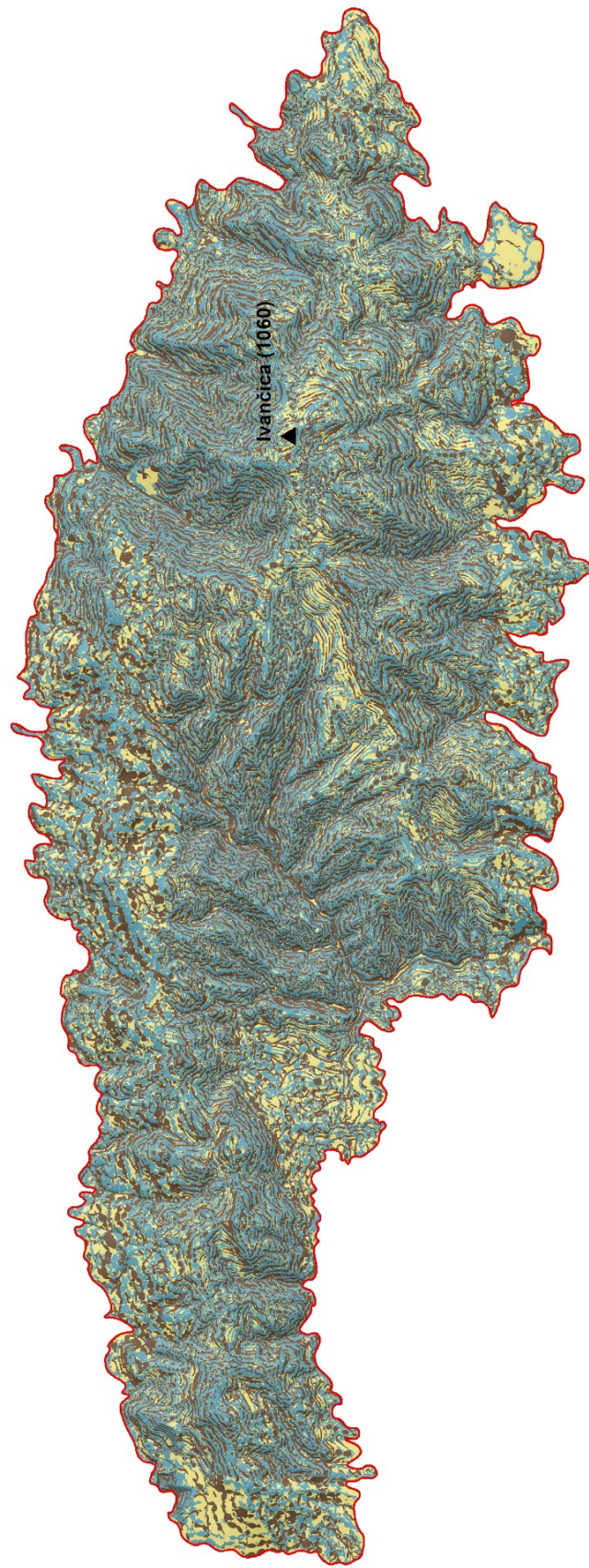
Prema profilnoj zakrivljenosti padina, odnosno zakrivljenosti padina u smjeru najvećeg nagiba padine, na istraživanom prostoru u gotovo jednakom udjelu zastupljene su konkavne (39,85 %) te konveksne (39,02 %) padine (sl. 17 i tab. 8). Iako postoji izražena prostorna heterogenost, konveksne padine ističu se na prostorima veće nadmorske visine. S druge pak strane, konkavne padine pretežito su vezane uz niže dijelove gorskih uzvišenja koje karakterizira prevladavajuća akumulacija materijala. Uravnotežene (pravocrtne) padine čine 21,13 % površine područja te se prostiru kao uski pojas označen žutom bojom između konveksnog i konkavnog dijela te naznačuju infleksijski dio padine. Isto tako, ove padine se javljaju kao veći zaravnjeni prostori, uglavnom podudarni s najvišim zaravnjenim vrhovima i akumulacijskim materijalom plavina (sl. 18).

**Tab. 8.** Površine i udjeli kategorija profilne zakrivljenosti padina na istraživanom prostoru

VRSTA PADINE	POVRŠINA (km <sup>2</sup> )	UDIO (%)
Konveksna	19,69	39,02
Pravocrtna	10,66	21,13
Konkavna	20,10	39,85
Ukupno	50,45	100,00



**Sl. 17.** Udjeli kategorija profilne zakrivljenosti padina u ukupnoj površini istraživanog prostora



▲ Vrh

Profila zakrivljenost

Konveksna padina

Pravocrtna padina

Konkavna padina



0 2 4 km

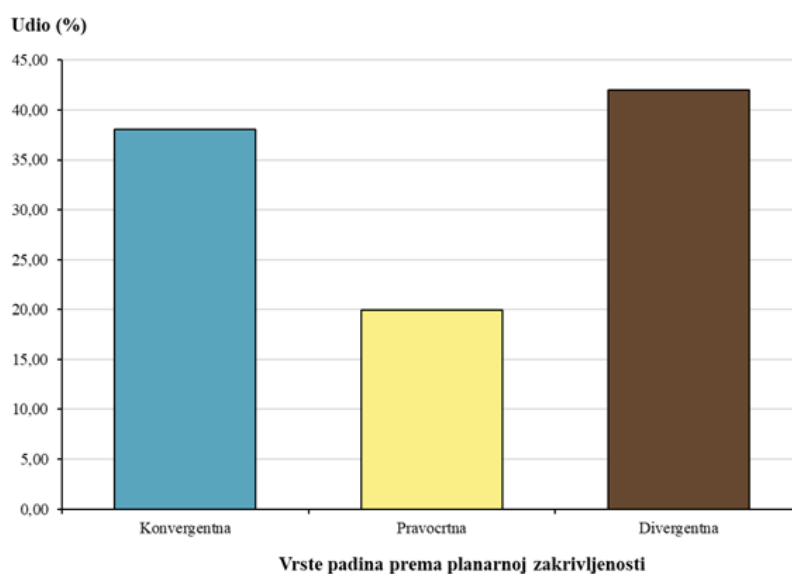
Sl. 18. Karta profiline zakrivljenosti padina istraživanog prostora

### 5.3.2.5.2. Planarna zakrivljenost

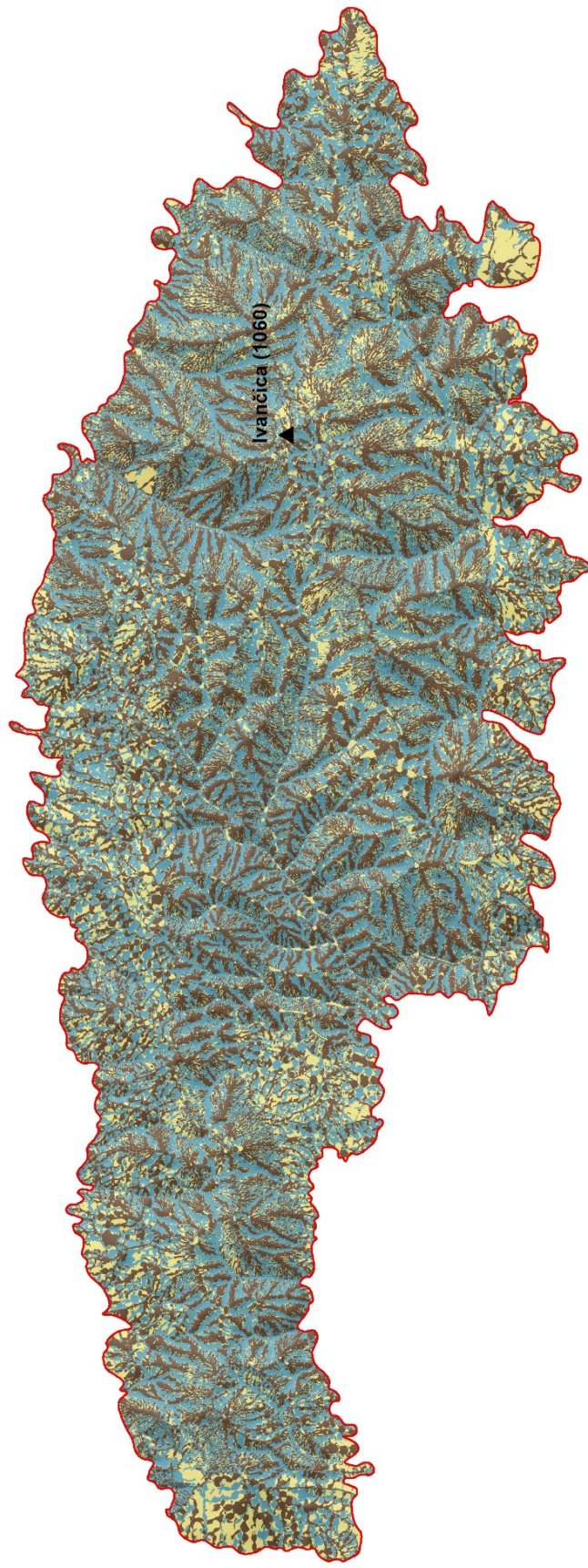
Planarna zakrivljenost se definira kao zakrivljenost padine u sekanti koja je okomita na smjer najvećeg nagiba padine (Pahernik, 2007). Prema planarnoj zakrivljenosti, razlikuju se pozitivne, odnosno konveksne ili divergentne padine te negativne, odnosno konkavne ili konvergentne padine. Kao i kod profilne zakrivljenosti, u planarnoj zakrivljenosti razlikuju se i uravnotežene padine (Radoš i dr., 2012). Planarna zakrivljenost pokazuje smjer hipotetskog otjecanja i prevladavajuće egzogeomorfološke procese. Konvergentne padine vezane uz akumulaciju vode, tla i materijala. Ove padine na području istraživanja zauzimaju 38,08 % (sl. 19. i tab. 9) te su uvelike podudarne s dolinskim elementima prostora (sl. 20). S druge pak strane, divergentne padine na kojima su intenzivniji derazijski, odnosno padinski procesi, na području istraživanja zastupljene su s udjelom od 42 % te ocrtavaju glavne grebenske strukture. Uravnotežene (pravocrtna) padine koje zauzimaju 19,92 % površine predstavljaju infleksijske dijelove padina i zaravnjena područja koja su pretežno vezana uz najviše vrhove te plavinske elemente prostora. Prema svemu navedenom, prema planarnoj zakrivljenosti, na istraživanom prostoru prevladavaju denudacijski procesi u odnosu na akumulacijske (sl. 20).

**Tab. 9.** Površine i udjeli kategorija planarne zakrivljenosti padina na istraživanom prostoru

VRSTA PADINE	POVRŠINA (km <sup>2</sup> )	UDIO (%)
Konvergentna	19,21	38,08
Pravocrtna	10,05	19,92
Divergentna	21,19	42,00
<b>Ukupno</b>	<b>50,45</b>	<b>100,00</b>



**Sl. 19.** Udjeli kategorija planarne zakrivljenosti padina u ukupnoj površini istraživanog prostora



▲ Vrh

**Planarna zakrivljenost**

■ Konvergentna padina

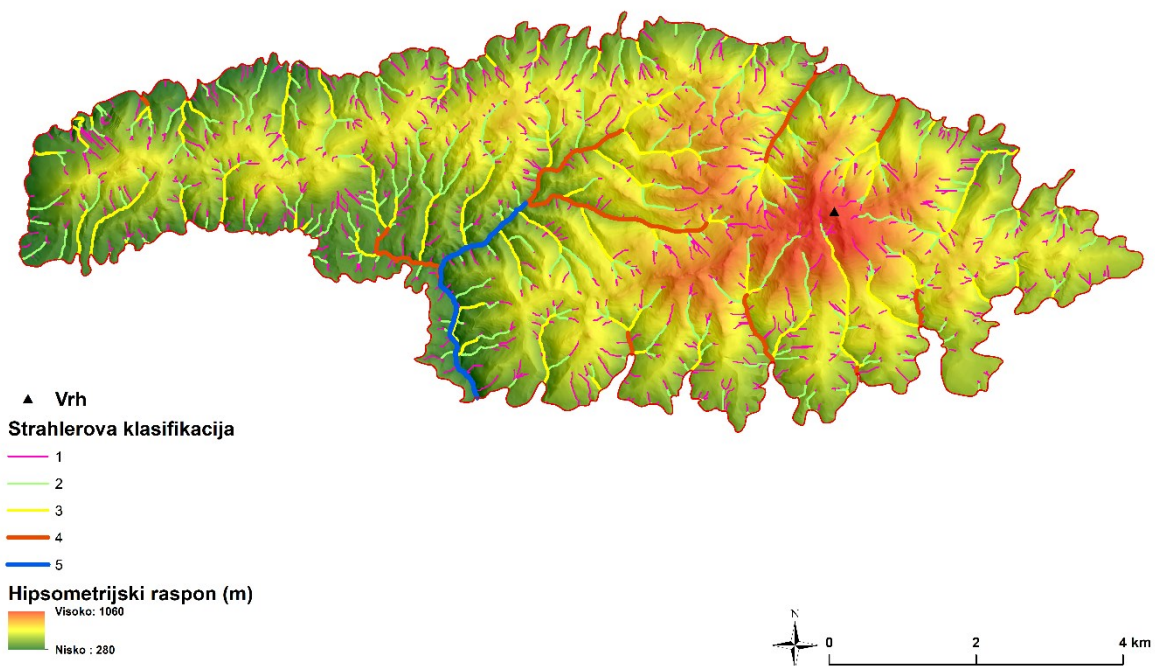
■ Pravocrtna padina

■ Divergentna padina

Sl. 20. Karta planarne zakrivljenosti padina istraživanog prostora

### 5.3.3. Obilježja drenažne mreže

Na istraživanom prostoru analizom je evidentirano 280 km glavnih površinskih tokova (sl. 21). Najveća tekućica istraživanog prostora jest potok Loborska Reka kojeg u gornjim dijelovima toka čine potoci Dugi Jarek i Koprivnjak. Oni tek nakon ušća Račkog potoka tvore Loborsku Reku. Prema Strahlerovoj klasifikaciji, na istraživanom području postoji maksimalna 5. kategorija koju čine spomenuti potoci Loborska Reka i Dugi Jarek. U 4. kategoriji klasifikacije je 11 tokova. Zbog relativno velike dominacije malenih tokova, prosječna vrijednost Strahlerove klasifikacije na području istraživanja iznosi 1,72. Ono što je karakteristika Ivančice i konkretnog područja istraživanja jest da on čini regionalnu hidrološku razvodnicu. Upravo glavne orografske cjeline istočnog i zapadnog gorskog pojasa razdvajaju sjeverno slijevno područje Bednje i u konačnici Drave, dok južna strana čini slijevno područje Krapine te u konačnici Save. Pritom se veća koncentracija vodenih tokova javlja na južnom dijelu područja koji se može smatrati ocjeditijim. Iako većina tokova svoja izvorišta ima na središnjem dijelu trijasko karbonatne trupine, jugoistočni vodeni tokovi izraženog paralelizma svoja izvorišta imaju na kontaktu dolomita i donjokrednih klastita. Upravo ti južni vodeni tokovi dalje dreniraju južnu predgorsku stepenicu i čine rebrasti reljef južnog prigorja Ivančice (Crkvenčić, 1958).



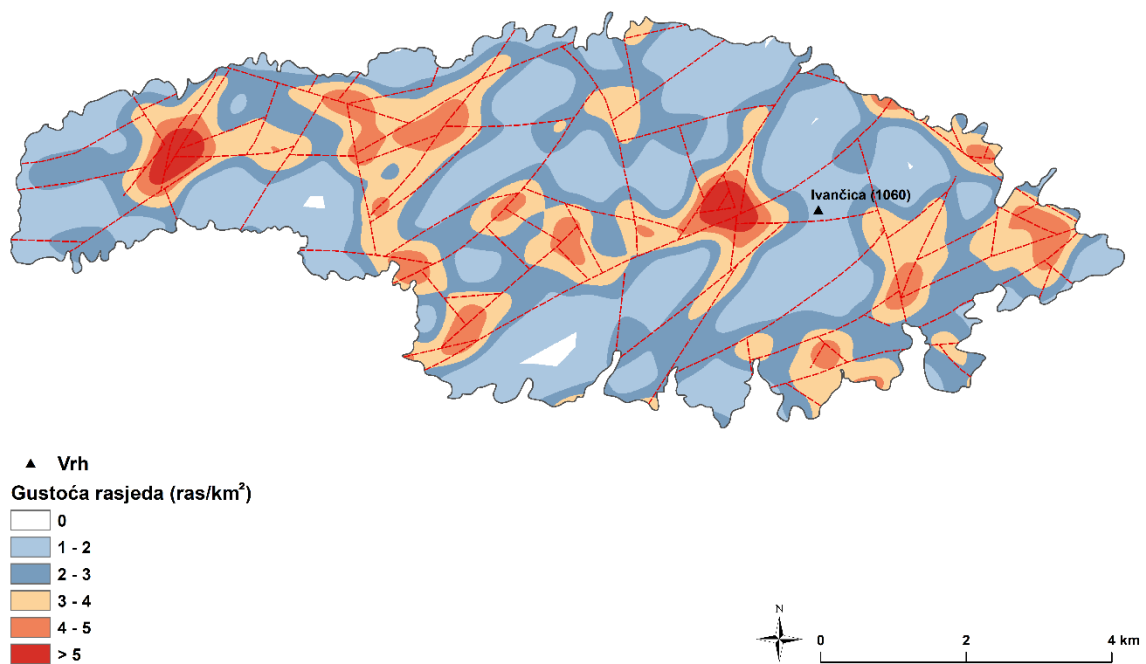
Sl. 21. Drenažna mreža istraživanog područja prema Strahlerovoj klasifikaciji

### 5.3.4. Prostorna gustoća izdvojenih elemenata reljefa

S obzirom na površinu istraživanog prostora, u konačnom vrednovanju georaznolikosti, određeni elementi reljefa predstavljeni točkama i linijama kao što su rasjedi, hidrogeološke pojave i ponikve nisu adekvatno kartografski vizualizirani, napravljena je procjena njihove gustoće pomoću metode Kernela.

#### 5.3.4.1. Prostorna gustoća rasjeda

Shodno dominantnoj karbonatnoj građi Ivančice, na istraživanom prostoru mogu se očekivati krški i fluviokrški morfogenetski tipovi reljefa. U tom kontekstu, veliku važnost imaju rasjedni elementi koji u navedenim morfogenetskim tipovima reljefa često uvjetuju pojavu veće koncentracije površinskih i podzemnih reljefnih oblika te usmjeravaju hidrološku aktivnost. Time se u direktnu vezu stavljaju i snažniji utjecaji geomorfoloških procesa što u konačnici može rezultirati većom georaznolikošću (Butorac i Cvitković, 2020). Prema karti prostorne gustoće rasjednih elemenata (sl. 22), jasno je vidljivo kako su najveće gustoće vezane uz zapadni gorski pojas, rasjedno predisponiranu dolinu potoka Reka i njegovih pritoka, središnji dio istočnog gorskog pojasa te navlačke trijaskih dolomita na jugoistoku područja.

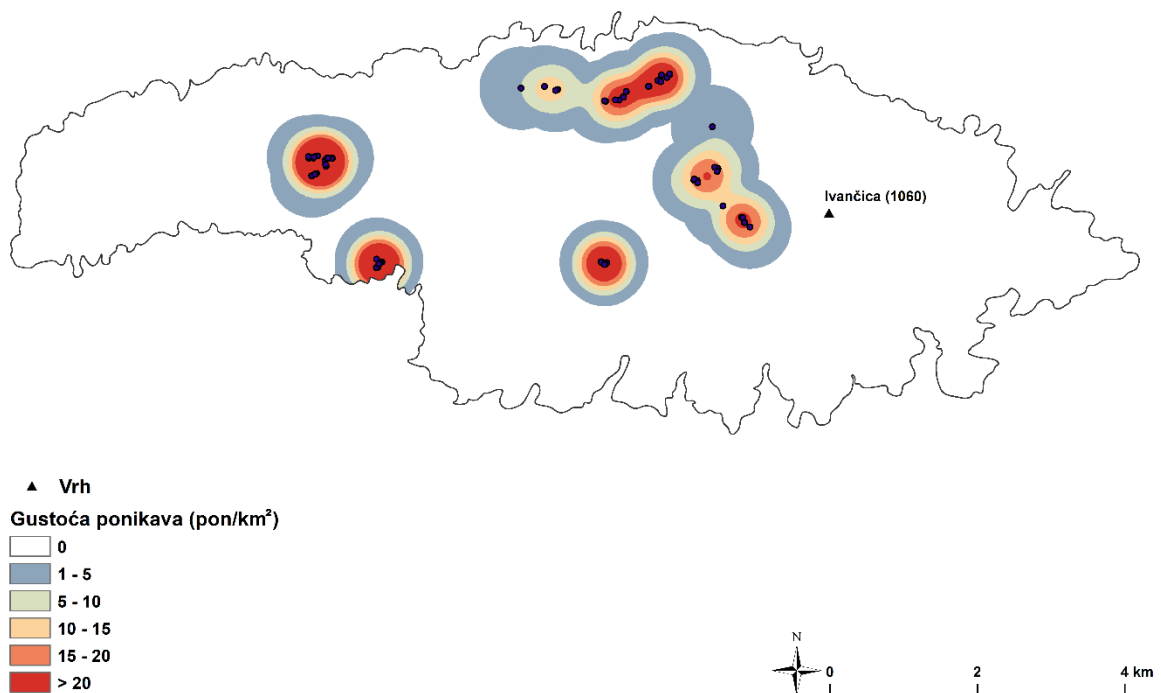


Sl. 22. Karta prostorne gustoće rasjeda na istraživanom prostoru



### 5.3.4.2. Prostorna gustoća ponikava

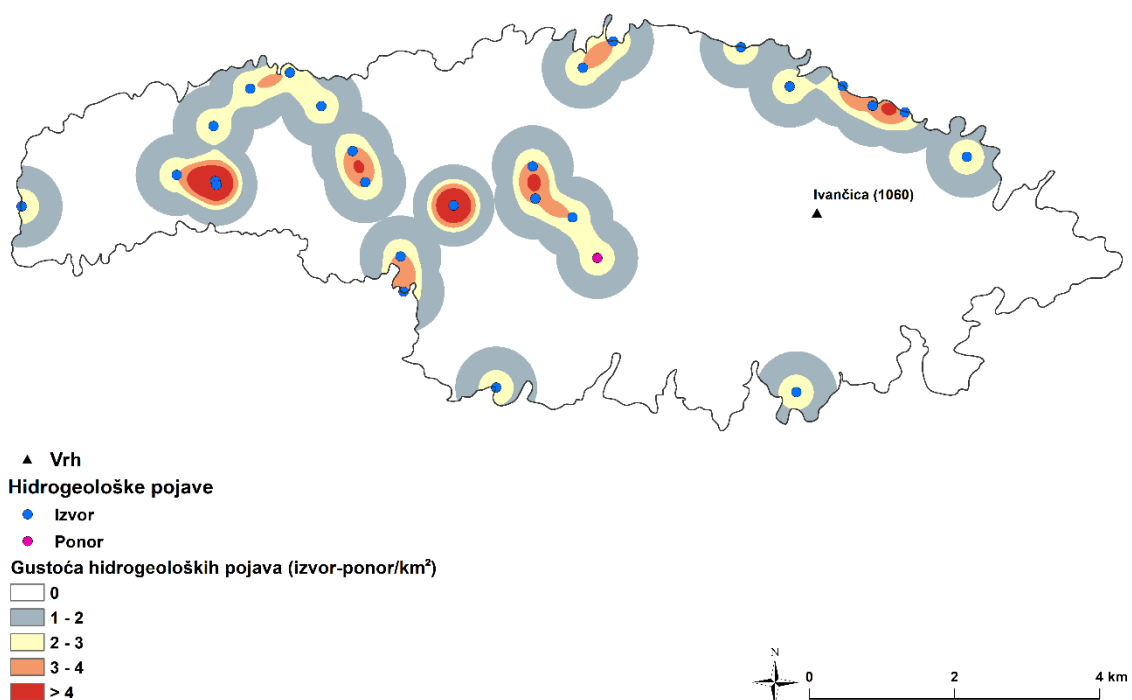
Prema D. Fordu i P. Williamsu (2007), ponikve se smatraju dijagnostičkim oblikom krškog reljefa te je njihova prostorna distribucija često u korelaciji s litološkim i strukturnim elementima prostora. Prema karti prostorne gustoće ponikava (sl. 23), najveća prostorna gustoća je vezana uz prostor Košenine na zapadnom gorskom pojasu. Na ovoj orografskoj cjelini još se izdvaja područje Malog Krča, na granici s istočnim gorskim pojasom. Kao područje velike gustoće ponikava, izdvaja se zona neposredno uz dolinu Račkog potoka na jugu koja je usko vezana uz zonu jursko-krednih vapnenaca na samom kontaktu s klastičnim naslagama miocena. Na istoj litološkoj podlozi, uočava se i razvitak ponikava uz sami ponor Šebastjanovec. Posljednja zona veće gustoće ponikava veže se uz središnji dio istočnog gorskog pojasa (Črne mlake i Jelenska peć). Prostorna gustoća ponikava na istraživanom području relativno je podudarna s gustoćom rasjednih elemenata (sl. 22), što je posebno izraženo na području Črnih mlaka i Jelenske peći. S druge pak strane, ostale izdvojene zone velike gustoće ponikava isto se vežu uz rasjedne elemente, ali ne toliko izražene gustoće. Takav je primjer prostor Košenine i Malog Krča.



Sl. 23. Karta prostorne gustoće ponikava na istraživanom prostoru

### 5.3.4.3. Prostorna gustoća hidrogeoloških pojava

Specifična karbonatna građa Ivančice, uvjetovala je nastanak izdašnog krškog vodonosnika specifične i heterogene građe te pojavu brojnih krških izvora koji su uvelike vezani uz kontakt trijaskih dolomita i nepropusnih naslaga različite starosti (Meaški i dr., 2019). Pritom se na istraživanom prostoru (sl. 24), izdvajaju četiri ključne zone povećane gustoće hidrogeoloških pojava. Prva je sjeveroistočna zona preljevni izvora koja je zapravo vidljiva manifestacija rasjeda Prigorec-Gotalovec (Lugić i dr., 2019; Meaški i dr., 2019). Središnji dio povećane gustoće veže se uz izvorišno područje koje formira potok Reku te Rački potok koji su zahvaćeni za potrebe vodoopskrbe Zagorskog vodovoda. U zapadnom dijelu područja, javlja se povećana gustoća izvora na kontaktu trijaskih dolomita i miocenskih klastičnih naslaga Starog Golubovca (sl. 24). U konačnici, na kontaktima dolomita, bazaltnih i andezitnih naslaga te miocenskih klastita sjeverne predgorske stepenice javlja se nekolicina slabijih preljevni izvora. Na području istraživanja (sl. 24), nalazi se jedini poznati ponor ovog dijela Ivančice (Šebastjanovec) koji je dio hidrogeološkog kompleksa potoka Reka. Prema pretpostavljenom hidrogeološkom modelu Ivančice, pretpostavlja se da izvorišta sjeverne, središnje i južne strane čine jedinstveni hidraulički povezani karbonatni vodonosnik (Larva i dr., 2013 prema Larva i dr., 2016).



Sl. 24. Karta prostorne gustoće hidrogeoloških pojava istraživanog prostora

### 5.3.5. Morfogenetska obilježja reljefa

#### 5.3.5.1. Strukturno-geomorfološka obilježja

Ivančica je tijekom duge geološke prošlosti bila zahvaćena mnogobrojnim tektonskim pokretima što je čini jednim od najkompleksnijih prostora sjeverne Hrvatske. Međutim, danas su u reljefu isključivo izraženi rezultati mlađih tektonskih zbivanja neogenske i kvartarne (neo)tektonike. Pritom se tektonska jedinica *horsta Ivančice* u geomorfološkom smislu dijeli na četiri osnovne strukturne jedinice: *antiklinala Toplice-Margečan*, *navlaka Čevo*, *navlaka Ivančice* te *navlaka Skalovke* (Šimunić i dr., 1981). Od toga se na istraživanom području nalaze posljednje tri spomenute strukturne jedinice.

Strukturna jedinica *navlaka Čevo* čini istočni dio Ivančice koji je markantnim rasjedima s odrazom u reljefu odvojena od ostalih struktura. Na istraživanom području (sl. 25), ova jedinica zauzima najmanju površinu i veže se isključivo uz krajnji istočni dio područja istraživanja čiju granicu markira jedan od glavnih morfolineamenta, rasjed Prigorec-Gotalovec. Manifestacija ovog rasjeda se u reljefu vidi pojavom velikog broja preljevnih izvora u sjeveroistočnom dijelu područja (sl. 24).

Strukturna jedinica *navlaka Ivančice* obuhvaća najviše dijelove horsta. Ova strukturna jedinica još se naziva i struktura *Konj-Mrzljak* te je trokutastog tlocrta (Šimunić i dr., 1981; Meaški i dr., 2019). Ova strukturna jedinica se nalazi između dva markantna rasjeda s odrazom u reljefu. Prvi je prethodno spomenuti rasjed Prigorec-Gotalovec, dok je drugi Prigorec-Lobor koji je ujedno i glavni izraženi morfolineament područja. Prema analizi vertikalne raščlanjenosti reljefa (sl. 16), koja se na ovoj strukturnoj jedinici manifestira u kategoriji najvećih vrijednosti ( $>400 \text{ m/km}^2$ ), može se zaključiti kako su ova dva rasjeda na koje se nastavljaju brojni manji poprečni i horizontalni rasjedi imali veliki utjecaj u sklopu neotektonske aktivnosti područja kada je prostor mjestimično izdignut i više od 500 m (Šimunić i dr., 1981). Unutar ove strukturne jedinice primijećena je i najveća poremećenost litostratigrafskih odnosa. Južni rub ove jedinice obilježava velik broj tektonskih krpa, odnosno navlačaka trijaskih dolomita na donjokredne klastite. Samo neki od primjera su Oštrc, Velečki grad, Mrzljak, Drenovec i Mala Ivančica. Njihova manifestacija u reljefu obilježena je epigenetskim antecedentnim dolinama kao što je primjer donji dio toka Loborske Reke, što spominje i I. Crkvenčić (1958). S druge pak strane, ti navlačci trijaskih dolomita u zoni rasjeda Prigorec-Lobor postepeno sužavaju zonu donjokrednih klastita, a time čine izuzetno poremećenu i neotektonski dezintegriranu sinklinalu (Šimunić i dr., 1981).

Ovu strukturnu jedinicu obilježavaju brojni manji rasjedi koji se poprečno i paralelno spajaju na lineamente Prigorec-Gotalovec i Prigorec-Lobor te koji imaju mjestimični odraz u reljefu u obliku laktastih skretanja dolina, što je posebno izraženo u gornjem dijelu toka potoka Šumi. Isto tako, odraz rasjeda Prigorec-Lobor u reljefu vidljiv je na prostoru Črnih mlaka putem stvaranja pukotinske zone u srednjetrojaskim dolomitima koji su tako pretvoreni u sekundarno propusne stijene, čime je konsekventno uvjetovan nastanak ponikava.

Posljednju strukturnu jedinicu čini *navlaka Skalovke* koja se još naziva i struktura *Veliko Kalce-Košenina* (Šimunić i dr., 1981; Larva i dr., 2016) (sl. 25). Na granici ove strukturne jedinice s *navlakom Ivančice*, uz rub rasjeda Prigorec-Lobor, pretpostavlja se da je došlo do stvaranja pukotinske zone u jursko-krednim vapnencima tijekom neotektonike što je rezultiralo stvaranjem ponora Šebastjanovec. Do ponora markantno vode tri manje slijepa fluviokrške doline, dok je u nastavku suha fluviokrška dolina koja predstavlja koridor paleootjecanja. U sklopu ove pukotinske zone, neposredno uz ponor, razvijen je veći broj manjih (cca. 1-1,5 m širine i 0,5 m dubine) i jedna veća ponikva (cca. 8 m širine i 5 m dubine).

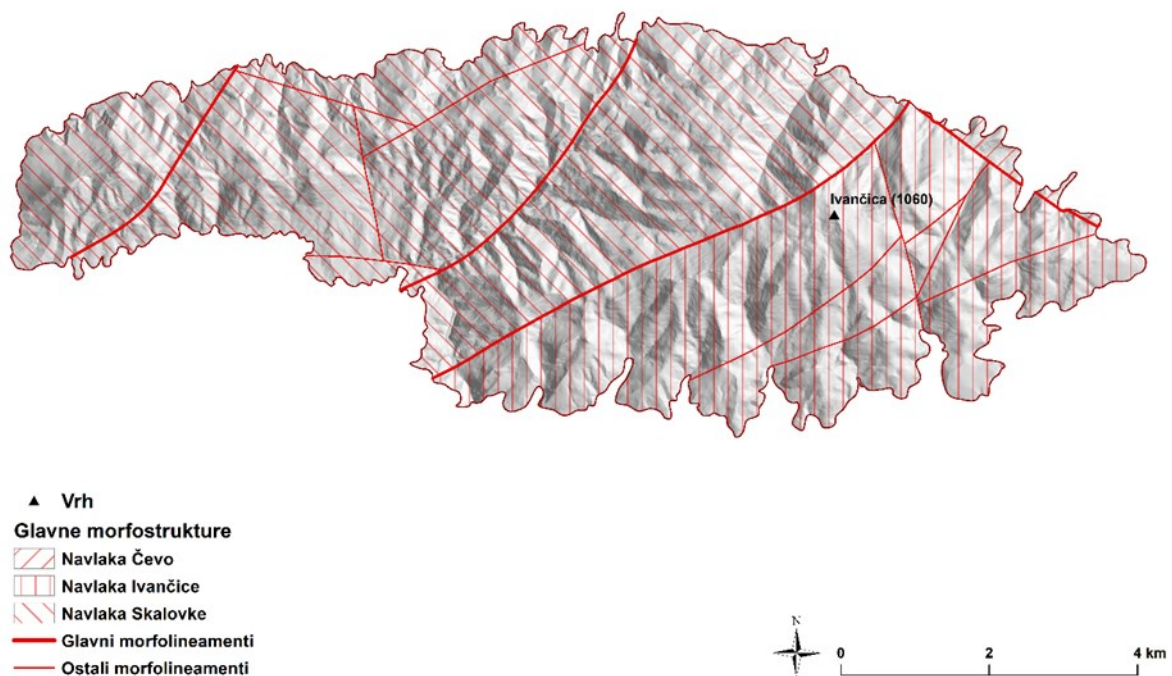
Unutar ove strukturne jedinice, javljaju se brojni manji rasjedi poprečne i horizontalne orijentacije koji se uglavnom spajaju na glavni lineament Prigorec-Lobor (sl. 25). Od brojnih manjih rasjeda na ovom području, samo neki imaju odraz u reljefu, dok ga neki imaju mjestimično ili su prikriveni djelovanjem egzogeomorfoloških procesa. Jedan takav je uvjetovao oblikovanje dolina potoka Dugog Jarka i Koprivnjaka. Stoga se može tvrditi da je glavna dolinska forma područja strukturno uvjetovana, a čija se manifestacija u reljefu vidi prema brojnim laktastim skretanjima obje doline, njihovih lijevih pritoka te razvitkom speleoloških objekata u neposrednoj blizini (sl. 28). Isto tako, brojni poprečni rasjedi koji imaju mjestimičan odraz u reljefu, na prostoru Jelenske peći vjerojatno su uvjetovali nastanak pukotinske zone što je konsekventno rezultiralo i nastankom ponikava.

Manji poprečni rasjedi na središnjem i zapadnom dijelu ove strukturne jedinice imaju vidljiv odraz u reljefu (sl. 25). Jedan takav je rasjed Pragerske krči-Košenina čiji odraz je vidljiv prema rasjednom odsjeku i liticama kod Pragerskih krči te laktastog skretanja doline kod Jazevćeve jame.

Na području Košenine, rasjedi su u reljefu izraženi prema najvećoj gustoći ponikava te širokim sedlima između glavnih vrhova. Time se pretpostavlja kako su ovi rasjedi imali značajan utjecaj na oblikovanje reljefa ovog dijela područja istraživanja.

Posljednji veći i značajniji morfolineament vezan je uz rasjednu zonu jugozapadnog dijela istraživanog područja te ga čini nekoliko povezanih rasjeda koji se pružaju od Brezovca preko Starčevine do Šumeca (sl. 25). Njegova manifestacija u reljefu je izražena putem savijanja grebena na jugu Velikog Kalca te stvaranja širokog sedla na području Starčevine. Ovu zonu mjestimično obilježavaju najveće vrijednosti vertikalne raščlanjenosti reljefa ( $>400 \text{ m/km}^2$ ), a to upućuje na snažne neotektonske pokrete pozitivnog predznaka (sl. 16).

Na temelju izloženih rezultata analize reljefa orografske cjeline zapadnog gorskog pojasa, pretpostavlja se da je ovaj prostor u geološkoj prošlosti činio jedinstvenu cjelinu, odnosno jedinstveni grebanski pojas koji se protezao od Vilinske špice preko Košenine do Velikog Kalca. Međutim, vjerojatno je tijekom snažnih neotektonskih pokreta tijekom neogena i kvartara ovaj jedinstveni grebanski pojas razlomljen na manje cjeline koje su mjestimično individualno izdignute. To je vidljivo po izdvojenim zonama veće vertikalne raščlanjenosti reljefa u odnosu na okolni prostor (sl. 16) te brojnim sedlima između vrhova (sl. 28).



Sl. 25. Morfostrukturalna karta istraživanog područja

### 5.3.5.2. Egzogeno-geomorfološka obilježja

Na istraživanom području analizom su utvrđena četiri morfogenetska tipa reljefa (tab. 10). S udjelom od 65,45 % prevladava fluviokrški morfogenetski tip. Zastupljen je na gotovo čitavom području u obliku neprekinutog pojasa diseciranog uglavnom na južnom dijelu, u zoni prevladavajućeg fluviudenudacijskog reljefa (sl. 28). Morfogenetski tip fluviudenudacijskog reljefa zauzima 27,19 % (tab. 10) te je poglavito vezan uz južnu zonu klastičnih naslaga donje krede i miocena. U sjevernom dijelu područja, ovaj morfogenetski tip manje je zastupljen te je uglavnom vezan uz bazaltne i andezitne litološke jedinice te miocenske klastične sedimente sjeverne predgorske stepenice (sl. 28). Sljedeći po zastupljenosti je krški morfogenetski tip s udjelom od 6,76 % (tab. 10). Ova kategorija je usko vezana uz najviše dijelove istočnog i zapadnog gorskog pojasa (sl. 28). Posljednji tip je fluvijalni reljef, najmlađe (kvartarne) starosti, koji je zastupljen s udjelom od 0,6 % te se nalazi u uskom pojasu glavnih tokova istraživanog područja (tab. 10 i sl. 28).

**Tab. 10.** Površine i udjeli morfogenetskih tipova reljefa na istraživanom prostoru

<b>MORFOGENETSKI TIP RELJEFA</b>	<b>POVRŠINA (km<sup>2</sup>)</b>	<b>UDIO (%)</b>
<b>Akumulacijski (fluvijalni)</b>	<b>0,30</b>	<b>0,60</b>
<b>Fluviudenudacijski</b>	<b>13,76</b>	<b>27,19</b>
<b>Fluviokrški</b>	<b>33,12</b>	<b>65,45</b>
<b>Krški</b>	<b>3,42</b>	<b>6,76</b>
<b>Ukupno</b>	<b>50,60</b>	<b>100,00</b>

### 5.3.5.2.1. Krški reljef

Ivančica spada u izolirani pojas tzv. otočnog krša *Supradinarika*. Ova morfotektonska jedinica nije poznata po svojoj okršenosti kao jedinice *Dinarik* i *Adriatik*. Pritom se u otočnom kršu mogu diferencirati dvije okršene cjeline stijena: starija trijaska te mlađa gornjobadska (Cuković, 1995, prema Ozimec i Šincek, 2011).

Na Ivančici i području istraživanja prevladava krš razvijen na trijaskim dolomitima s relativno slabom zastupljenosti površinskih krških oblika te se krš u tom kontekstu više odlikuje u hidrogeološkoj funkciji. Razlog tome je vezan uz litološke karakteristike u kojima prevladavaju trijaski dolomiti koji su slabije topive stijene od vapnenaca, no oni su zbog velike tektonske poremećenosti područja razlomljeni što ih je konsekventno učinilo sekundarno propusnim stijenama (Ozimec i Šincek, 2011).

U kontekstu prethodno iznesenih činjenica, većina istraživanog prostora spadala bi pod krški morfogenetski tip reljefa. Međutim, na temelju provedene geomorfološke analize i terenskog istraživanja, u njega su uključeni isključivo prostori na kojima se nalaze tipični površinski krški oblici kao što su ponikve te oni prostori na kojima nisu zamijećene ponikve terenskim istraživanjem, ali imaju slične morfološke karakteristike kao i područja s ponikvama.

Prema terenskom istraživanju i provedenoj geomorfološkoj analizi, može se tvrditi da istraživano područje čini zanimljiv i mješovit krški sustav u kojem je prisutna autogena i alogena komponenta, a takve karakteristike spominju i N. Buzjak i dr. (2020) na području Značajnog krajobraza Risovac-Grabovača. Autogena komponenta prevladava te ju karakteriziraju ponikve i odsutnost površinskih vodenih tokova. S druge pak strane, alogena komponenta je na temelju terenskog istraživanja ustvrđena samo na jednom dijelu područja, odnosno kod ponora Šebastjanovec.

Ponikve se mogu smatrati dijagnostičkim oblikom krša, a o tome još govori i J. Cvijić potkraj 19. st., koji naglašava važnost ponikava u kontekstu ključnog čimbenika krške topografije. Međutim, njihova odsutnost ne znači da se krški hidrogeološki sustav nije mogao razviti (Ford i Williams, 2007). To je djelomično i karakteristika istraživanog prostora. U istraživanju, terenskim metodama kartirane su ponikve na izdvojenim zonama s nagibom padina  $<10^\circ$ , karbonatne litologije i s velikim brojem strukturnih elemenata. Na istraživanom prostoru ukupno je pronađeno 75 ponikava. Ponikve su na području istraživanja uglavnom malenih dimenzija (cca. 1-1,5 m širine i 0,5 m dubine), osim kod ponora Šebastjanovec gdje je pronađena jedna veća (cca. 8 m širine i 5 m dubine).

Prevlast malenih ponikava tumači se slabijom okršenosti područja te relativno sporijom infiltracijom oborinske vode u krško podzemlje. To je u skladu s terenskim opažanjima, gdje je u nekim ponikvama bila prisutna voda, odnosno stvoren je privremeni epikrški vodonosnik (sl. 26a i sl. 26b). Prema tome, ponikve su usko vezane uz glavne rasjedne i pukotinske zone Košenine, Malog Krča, Jelenske peći i Črnih mlaka koji su ujedno i najviši dijelovi istočnog i zapadnog gorskog pojasa. Pritom je njihova prostorna distribucija uglavnom raspršena, a manjim dijelom linearna.

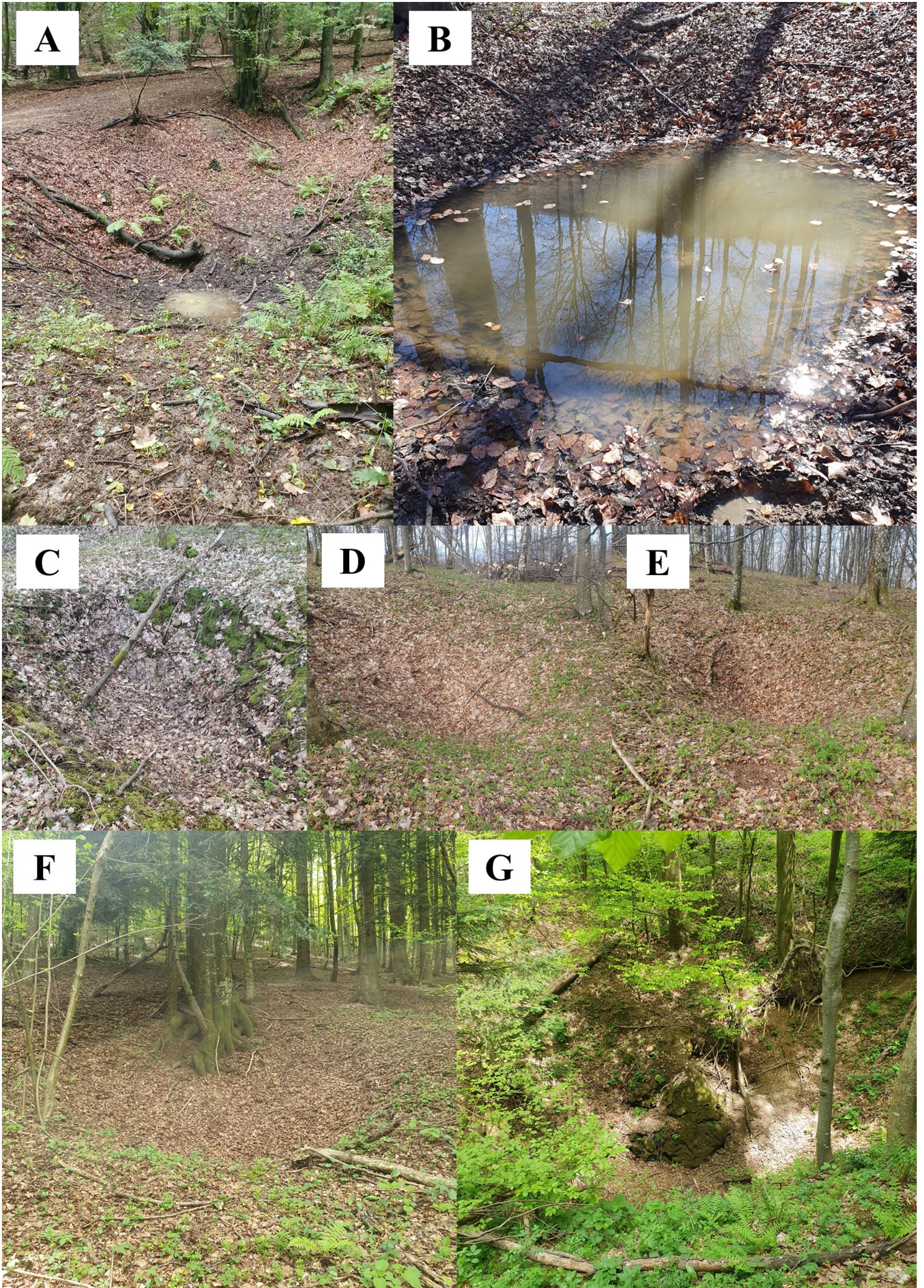
Prema prethodno iznesenim činjenicama vezanih uz prostornu distribuciju ponikava i samim time krškog tipa reljefa, u krški reljef su uvršteni i dijelovi navedenih gorskih pojaseva slične morfologije iako na njima terenskim radom nisu pronađene ponikve (sl. 28). Ovaj krški pojas obilježava pretežito građa od dolomita srednjetrijske starosti, što je u korelaciji sa slabijim razvitkom površinskih krških oblika.

Ponikve su terenskim istraživanjem pronađene i na jugu istraživanog prostora, na području jursko-krednih vapnenaca uz kontakt s miocenskim klastičnim naslagama Starog Golubovca (sl. 26c). Međutim, ovaj prostor je na malenoj prostornoj skali diseciran brojnim manjim jarugama i površinskim tokovima, stoga je uvršten u fluviokrški mofogenetski tip.

Ponikve su pronađene i na području oko ponora Šebastjanovec, koji predstavlja primjer alogenog krškog sustava te je krš zastupljen u uskom pojasu suhe fluviokrške doline koja se pruža u nastavku ponora i predstavlja koridor paleootjecanja. Ponikve su na ovom prostoru položene rubno, u neposrednoj blizini ponora. Ovdje se nalazi i najveća pronađena ponikva istraživanog prostora (cca. 8 m širine i 5 m dubine), a ona bi mogla biti i fosilni ponor. Međutim to zahtijeva dodatna istraživanja. Veća gustoća ponikava u blizini ponora Šebastjanovec ukazuje na jaču okršenost područja koja je uvjetovana glavnim rasjedom Prigorec-Lobor. Ovaj rasjed je najvjerojatnije uvjetovao jaču tektonsku izlomljenost jursko-krednih vapnenaca što je pospješilo infiltraciju vode u krško podzemlje te u konačnici snižavanje razine vodnog lica i stvaranje ponora, a samim time i većih ponikava (sl. 26f; g).

Speleološki objekti su jedan od indikatora krškog i fluviokrškog reljefa pa su na istraživanom prostoru uvelike vezani uz fluviokrške zone koje prate rasjedne kontakte i promjene u litološkom sastavu. Samo je nekolicina speleoloških objekata usko vezana uz izdvojena krška područja gorskih pojaseva (u blizini Jelenske peći i Pragerskih krči). To se može objasniti pretpostavkom da su kartirane jedinice krškog reljefa (sl. 28), relativno starije u odnosu na ostale dijelove područja te su naknadno izdignute i dezintegrirane neotektonskim pokretima, a to je konsekvntno uvjetovalo odsutnost vodenih tokova koji bi mogli stvarati speleološke objekte.





SI. 26. Primjeri ponikava na istraživanom prostoru. Ponikve kod Košenine (A i B). Ponikva kod Starog Golubovca (C). Ponikve kod Črnih mlaka (D i E). Ponikve kod ponora Šebastjanovec (F i G).

### 5.3.5.2.2. Fluviokrški reljef

Prema prethodno provedenoj geomorfološkoj analizi, vidljivo je kako na većini područja istraživanja prevladavaju dolomiti koji u svom litološkom sastavu mjestimično imaju zastupljenu veću količinu klastičnih i ostalih netopivih sastojaka što je utjecalo na njihovu slabiju okršenost i veću podložnost mehaničkom trošenju, posljedica čega je obilatiji reziduum. Prema tome, na području istraživanja, nastali su reljefni oblici i forme koji se intermedijalno nalaze između krškog i fluviodenudacijskog reljefa, a to čini fluviokrški reljef (Roglić, 1960 prema Ford i Williams, 2007).

Fluviokrški morfogenetski tip prostorno je najzastupljenija kategorija reljefa (tab. 10). Na području istraživanja koje je većinski građeno od dolomita, prevladava dolomitni podtip fluviokrša. Međutim, na području se nalazi i primjer jednostavnog kontaktnog tipa fluviokrša koji je vezan uz zonu ponora Šebastjanovec.

Na dolomitnom podtipu fluviokrša od općenitih oblika prevladavaju jaruge kao kategorija padinskog reljefa, dok od specifičnih oblika fluviokrša prevladavaju aktivne fluviokrške doline. Dolinske forme istraživanog prostora uvelike svoja izvorišta imaju na području trijaskе karbonatne trupine te uglavnom svojim gornjim dijelom toka zasijecaju trijaskе dolomite. Međutim, u velikom broju slučajeva, doline povremenih i stalnih vodotoka često zasijecaju klastične sedimente uglavnom donjokredne starosti na jugu te miocenske starosti na jugozapadu i sjeveru područja. Prema tim karakteristikama, doline stalnih i povremenih vodotoka istraživanog područja obilježava poligenetska morfologija (sl. 28).

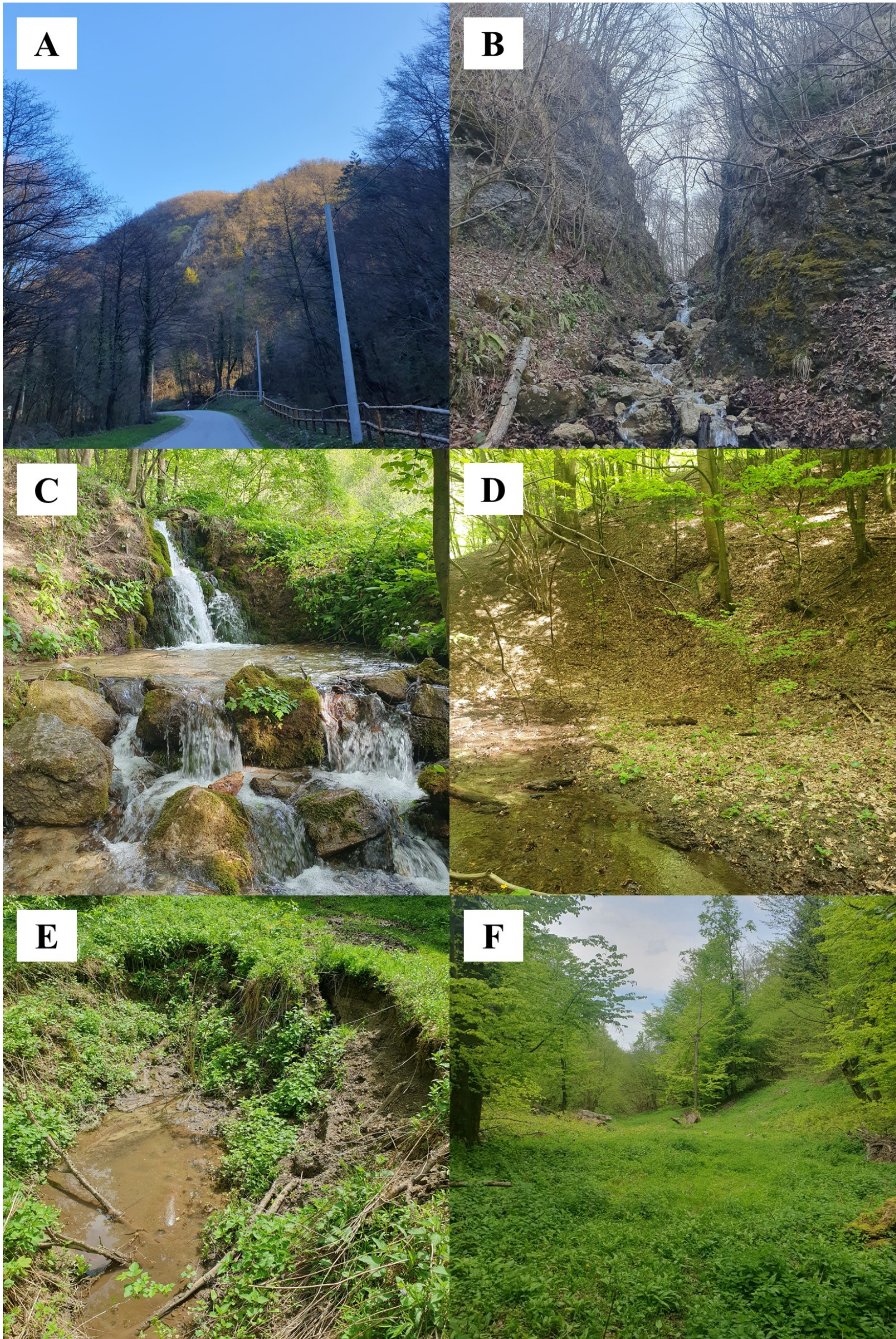
Jedan od najboljih primjera takve doline je potok Loborska Reka, odnosno Dugi Jarek i Koprivnjak u gornjim dijelovima toka. Koprivnjak i Dugi Jarek tvore brojne manje aktivne fluviokrške doline koje svoja izvorišta imaju u najvišim dijelovima istočnog i zapadnog gorskog pojasa. Izvorišni krakovi ovih dolina opet su različite morfologije. Kod nekih pritoka postoje vidljivi tragovi jaruženja i derazijskih procesa u gornjim dijelovima toka, dok kod drugih oni nisu zamijećeni te prevladava isključivo dolinska morfologija kod koje se tek u donjim dijelovima toka javljaju jaruge kao opći oblici dolomitnog fluviokrša (sl. 28). Dugi Jarek i Koprivnjak, zajedno s aktivnom fluviokrškom dolinom Račkog potoka tvore potok Loborsku Reku koji najvećim dijelom svog toka na području istraživanja zasijeca zonu donjokrednih klastita te tako tvori široku fluviodenudacijsku koritastu dolinu. Fluviodenudacijski aspekt ovog dijela toka vidljiv je po prevladavajućim derazijskim procesima kojeg obilježavaju brojne jaruge i derazijske doline sa deluvijalnim konusima i proluvijalnim plavinama (sl. 28).

Specifičnost Loborske Reke i još nekolicine tekućica na južnom dijelu područja istraživanja jest da one donjim dijelom svog toka zasijecaju već spomenute navlačke trijaskih dolomita te tvore epigenetske fluviokrške kanjone (sl. 27a i sl. 28). Isto tako, I. Crkvenčić (1958), spominje kako potok Loborska Reka ima antecedentnu dolinu, odnosno dolinu koja je starija ili barem jednako stara kao navlačci trijaskih dolomita. Prema tome, može se tvrditi kako je usijecanje ove doline bilo paralelno s tektonskim izdizanjem i navlačenjem te nije bilo promjene smjera toka.

Slična situacija opaža se i s klancem Očurice, desnog pritoka Loborske Reke čiji se većinski dio toka nalazi u zoni trijaskih dolomita. Međutim, donji dio toka Očurice zasijeca usku zonu jursko-krednih otpornijih vapnenaca i tvori maleni klanac (sl. 27b)

Dakle fluviokrš na dolomitu i određeni aspekti kanjonskog fluviokrša povezani s epigenijom tekućica prevladavaju na istraživanom području. Međutim, na području se nalazi i manji prostor jednostavnog kontaktnog fluviokrša u zoni ponora Šebastjanovec. Do ponora vode tri manje slijepe fluviokrške doline koje svoja izvorišta imaju na području uske sinklinale donjokrednih klastita, no većim dijelom toka nalaze se u zoni jursko-krednih vapnenaca. Ovi vapnenci su najvjerojatnije u zoni rasjeda Prigorec-Lobor intenzivnije tektonski poremećeni što je potencijalno uvjetovalo nastanak samog ponora Šebastjanovec (sl. 27e). Od tri slijepe fluviokrške doline koje vode do ponora, samo jedna je aktivna (sl. 27d), dok su preostale dvije suhe i neaktivne. Isto tako, u zoni ponora vidi se izražena okršenost područja putem razvitka ponikava različitih veličina (sl. 26f; g). U nastavku ponora nastavlja se suha (neaktivna) fluviokrška dolina koja predstavlja koridor paleootjecanja. Za ovu dolinu se pretpostavlja da je relativno mlađeg postanka s obzirom da su sačuvani svi dolinski morfološki elementi (dolinske strane i talveg) te ona nije dezintegrirana ponikvama (sl. 27f). U nastavku suhe fluviokrške doline dolazi do promjene litologije i rasjednog kontakta gdje se javlja fluviokrški izvorišni obluk te dolina ponovno postaje aktivna. Time ponor Šebastjanovec čini hidrogeološki povezan sustav potoka Loborske Reke, no nije sigurno je li on povezan s drugim izvorištima na području istraživanja. Upravo zato je potrebno provesti detaljno trasiranje hidrogeološkog kompleksa Ivančice s ciljem utvrđivanja veza površinskih i podzemnih vodenih tokova.

U sklopu fluviokrškog morfogenetskog tipa, javljaju se i slapovi na sedri na području donjeg toka potoka Šumi, na istoku područja. Ovo je dobar primjer recentnog osedavanja. (sl. 27c).



SI. 27. Primjeri fluviokrša istraživanog prostora. Litice u kanjonu Loborske Reke (A). Klanac Očurice (B). Slapovi na sedri kod potoka Šumi (C). Aktivna slijepa dolina (D). Ponor Šebastjanovec (E). Suha fluviokrška dolina u nastavku ponora (F).

### **5.3.5.2.3. Padinski i fluviudenudacijski reljef**

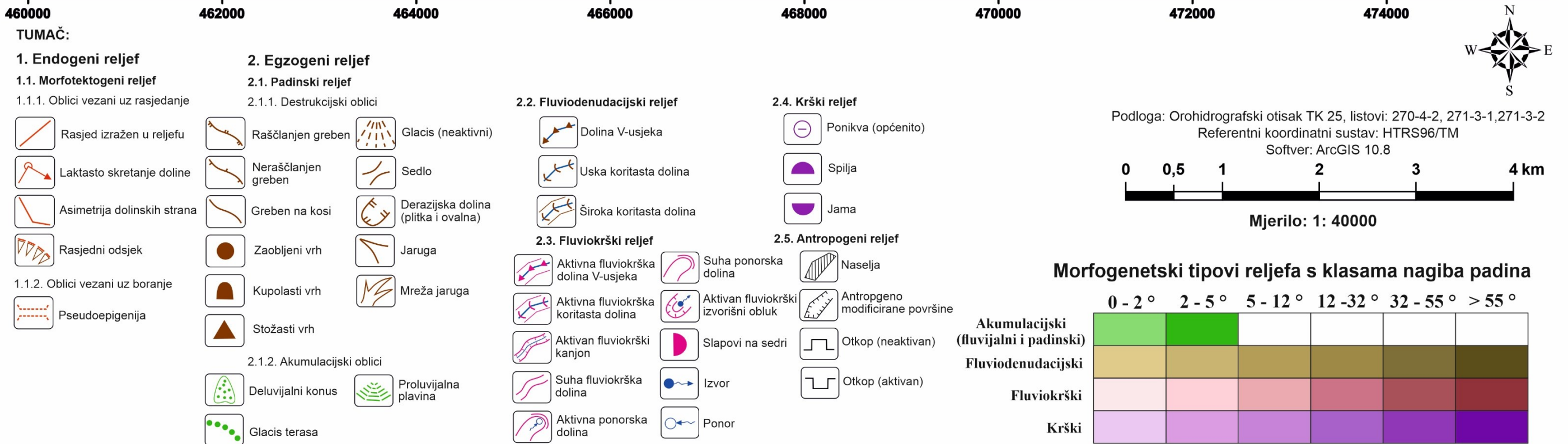
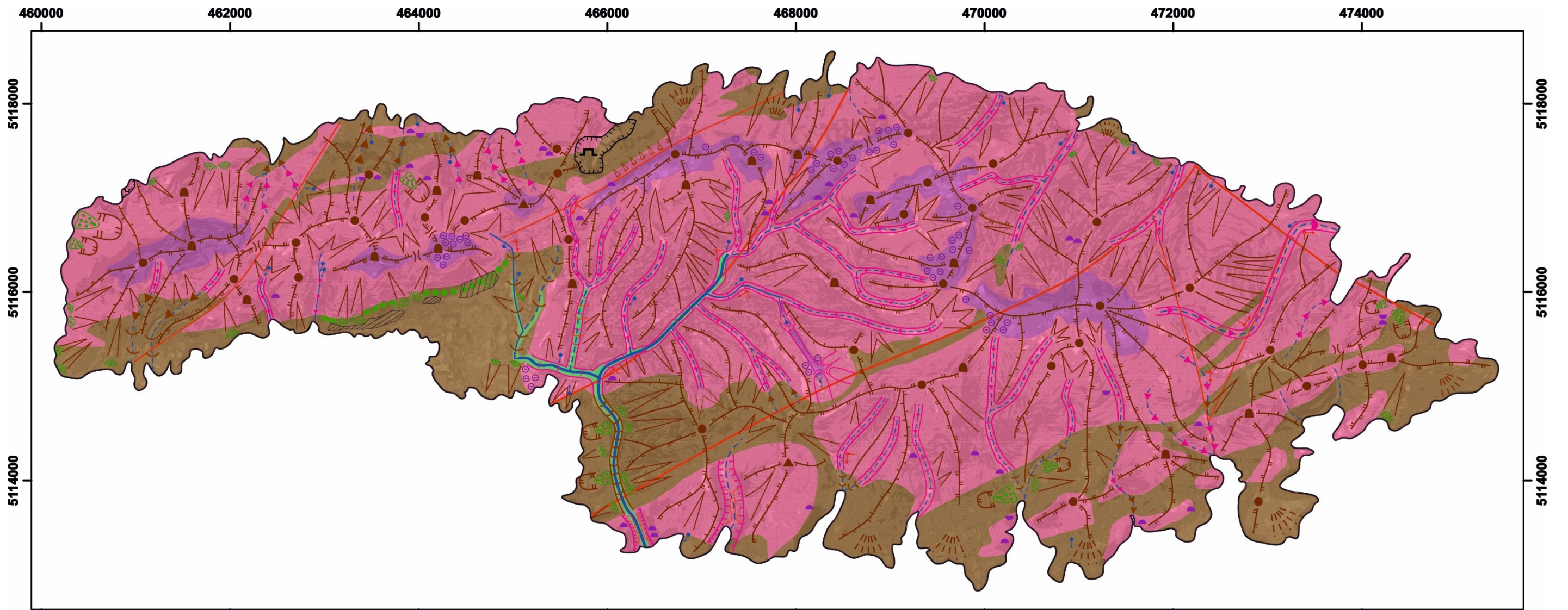
Derazijski procesi i posljedično padinski reljefni oblici najizraženiji su na područjima slabo vezanih klastičnih naslaga, prvenstveno u južnoj zoni donjokrednih klastita te miocenskih klastičnih naslaga Starog Golubovca (sl. 28). Isto tako, ovi oblici su zastupljeni na sjeveru i jugu područja u zoni obje predgorske stepenice te područjima na kojima se nalaze paleozojski škriljci te bazaltne stijene. Od destruktivskih padinskih oblika, najrazvijenije su jaruge te derazijske doline koje su posebno izražene u zoni donjeg dijela toka Loborske Reke. Isto tako, jaruge se kao što je već spomenuto, mjestimično pojavljuju i na dijelu dolomitne karbonatne trupine. To su uglavnom područja na kojima vjerojatno postoji veća količina sedimenata manje otpornosti na mehaničko trošenje. Od ostalih destruktivskih oblika padinskog reljefa, svakako treba istaknuti neaktivni glacis koji tvori sjevernu i južnu predgorsku stepenicu (sl. 28).

Od akumulacijskih oblika padinskog reljefa, prevladavaju deluvijalni konusi i proluvijalne plavine. Deluvijalni konusi su najizraženiji u dolinskom prostoru Očure na zapadu te uz desnu dolinsku stranu Loborske Reke na jugu područja. Isto tako, na području se nalaze brojne proluvijalne plavine koje su isto vezane uz prethodno spomenute dijelove područja (sl. 28). Dodatno, od akumulacijskih oblika padinskog reljefa, javlja se manja glacis terasa na kojoj se smjestio Stari Golubovec. Ova glacis terasa vezana je uz Rački potok te je nastala spajanjem proluvijalnih plavina jaruga koja svoja izvorišta imaju na području Košenine.

Od fluviudenudacijskog reljefa, najzastupljenije su već spomenute brojne poligenetske doline koje imaju promjenjivu dolinsku morfologiju. U gornjim dijelovima toka to su uglavnom uske doline V-usjeka, dok su u donjim dijelovima toka to uske koritaste doline (sl. 28).

### **5.3.5.2.4. Fluvijalni reljef**

Fluvijalni morfogenetski tip je vezan uz zonu glavnih tokova istraživanog područja (Očurica, Rački potok, Dugi Jarek i Loborska Reka) (sl. 28). Tipični fluvijalni reljefni oblici nisu zabilježeni terenskim opažanjem, već se ovaj morfogenetski tip veže uz uzak i tanak sloj kvartarnih nevezanih sedimenata, poglavito gline i pijeska. Unutar ovih sedimenata nalazi se kršje i veći blokovi koji su doneseni bujičnim vodotocima te derazijskim procesima s dolinskih strana (Larva i dr., 2016).



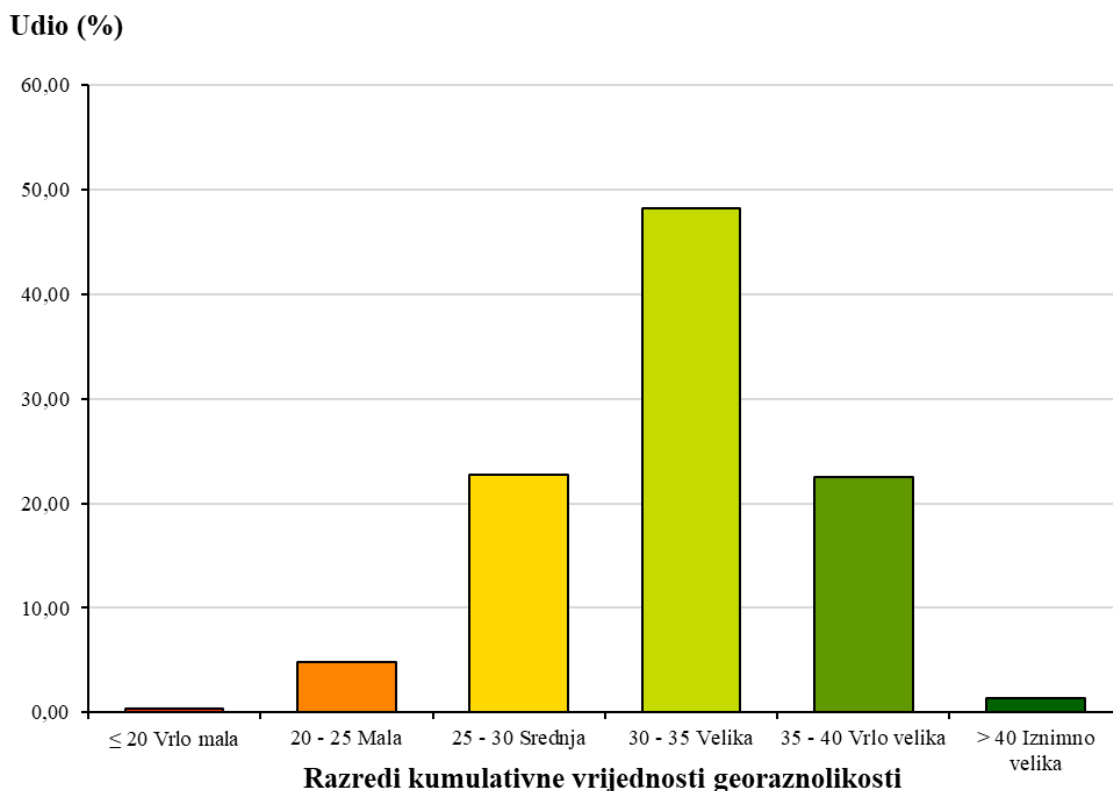
Sl. 28. Geomorfološka karta istraživanog prostora

## 5.4. Rezultati vrednovanja georaznolikosti Ivančice

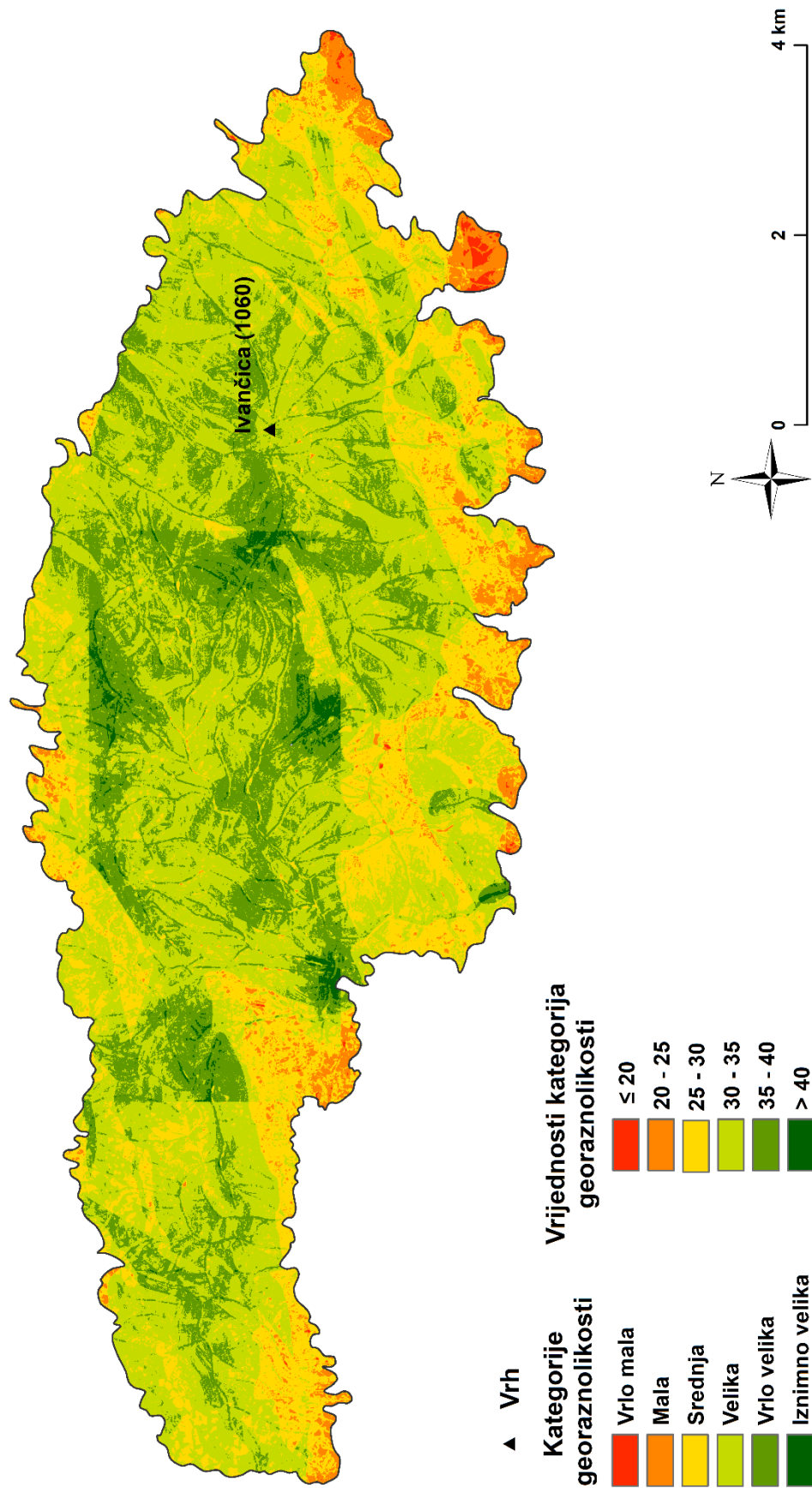
### 5.4.1. Kumulativna vrijednost georaznolikosti

Kumulativna karta georaznolikosti s odgovarajućim kategorijama dobivena je preklapanjem, tj. zbrajanjem vrijednosti ćelija svih rasterskih slojeva s odgovarajućim bodovima iz Tab. 1. Pritom prostorna rezolucija rasterskog prikaza kumulativne georaznolikosti iznosi 5x5 m (sl. 30). Teorijski je maksimum bodova u jednoj ćeliji rastera mogao biti 65, a minimum 13. Na području istraživanja, maksimalni broj bodova po ćeliji rastera iznosi 51, dok je minimalan broj bodova 16. Dijagram i tablica relativnih udjela i površina pojedinih kategorija georaznolikosti prikazani su na Sl. 29 i u Tab. 11.

Upravo kao što navode V. Butorac i M. Cvitković (2020), kao područja najveće kategorije georaznolikosti jasno su diferencirani prostori na kojima postoji najveći broj preklapanja kategorija krškog i fluviokrškog morfogenetskog tipa reljefa, velikih nagiba padina, velikog broja specifičnih i jedinstvenih geomorfoloških oblika te ostalih odgovarajućih kategorija obilježja iz Tab. 1. Pritom se područja georaznolikosti s više od 40 bodova jasno podudaraju s istaknutim dijelovima gorskih pojaseva i dolinskih formi (sl. 30).



**Sl. 29.** Udjeli kategorija kumulativne vrijednosti georaznolikosti u ukupnoj površini istraživanog područja



Sl. 30. Karta kumulativne vrijednosti georaznolikosti istraživanog prostora



Prva od nekolicine prostorno heterogenih zona iznimno velike georaznolikosti je područje ponora Šebastjanovec na kojem postoji i najveći broj preklapanja različitih reljefnih oblika, litologije, rasjeda i ostalih kategorija obilježja s velikim brojem bodova (sl. 31). Ovdje se nalazi jedinstveni primjer kontaktnog fluviokrša Ivančice koji je prostorno manifestiran dvjema suhim slijepim dolinama, jednom aktivnom slijepom dolinom, samim ponorom, suhom fluviokrškom dolinom te aktivnim fluviokrškim izvorišnim oblukom koji prati rasjedni kontakt i promjenu litologije. Isto tako, ovdje se nalazi i najveća terenski pronađena ponikva cijelog područja te nekolicina manjih.

Druga zona iznimno velike georaznolikosti nalazi se na samom jugu područja istraživanja te je podudarna s prostorom aktivnog fluviokrškog kanjona Loborske Reke s velikim nagibima padina, visokim liticama na određenim dijelovima te speleološkim objektima na najvišim dijelovima dolinskih strana kanjona (sl. 31).

Treća zona iznimno velike georaznolikosti nalazi se na jugu područja istraživanja, na fluviokrškom prostoru sutoka potoka Očurice, Račkog potoka i Dugog Jarka, kao tri aktivne fluviokrške doline koje na prostoru kontakta tvore potok Loborsku Reku (sl. 31). Pritom je na ovom području izražena velika gustoća ponikava, velik broj izvorišta te klanac Očurice.

Od ostalih karakterističnih fluviokrških elemenata istraživanog prostora koji su diferencirani kao područja iznimno velike georaznolikosti, valja spomenuti potok Šumi, na istoku područja, na kojem se nalaze slapovi na sedri (sl. 27c). Međutim, ovo područje je radi prostorne rezolucije rastera teško vizualno razlučivo, ali je uzeto u obzir u daljnjem razmatranju trasa potencijalnih poučnih staza.

Četvrta zona iznimno velike georaznolikosti nalazi se na području Košenine, na zapadu područja (sl. 31). To je područje starog krškog grebena koji je destruiran kombinacijom krških, padinskih i ostalih destruktivskih procesa. Na ovom dijelu postoji najveća prostorna gustoća ponikava te je u blizini nekolicina speleoloških objekata koji su radi prostorne rasterske rezolucije teško vidljivi, već se isključivo naziru kao malene zone nekolicine ćelija iznimno velike georaznolikosti (sl. 30).

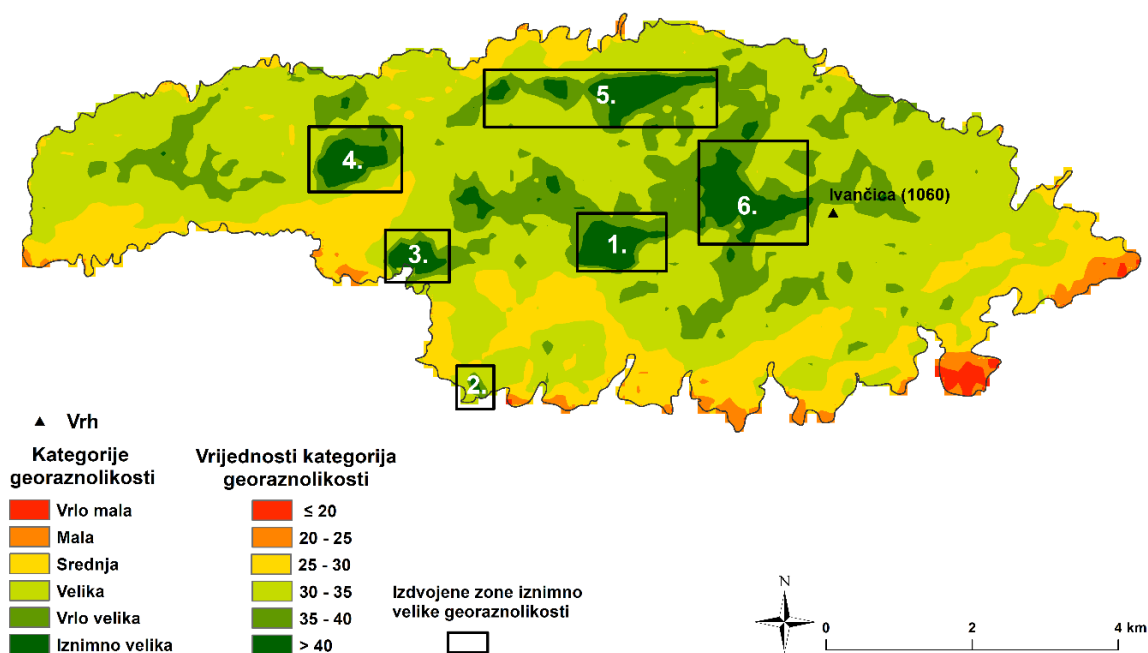
Peta zona iznimno velike georaznolikosti proteže se duž starog grebenskog pojasa od Malog Krča na istoku do Pragerskih krči na zapadu (sl. 31). Ovo je područje izražene gustoće ponikava, speleoloških objekata i rasjeda s odrazom u reljefu koji su vidljivi prema rasjednom odsjeku i liticama u blizini Pragerskih krči.

Šesta zona iznimno velike georaznolikosti, prostorno je distribuirana u neposrednoj blizini samog vrha Ivančice, kod Črnih mlaka i Jelenske peći kao istaknutih krških grebenskih pojaseva s izraženom gustoćom ponikava i izvorišnim krakovima fluviokrških dolina područja (sl. 31).

Kategorije velike i vrlo velike georazolikosti (sl. 31), u rasponu 30-40 bodova, proporcionalno se nastavljaju na spomenute zone iznimno velike georazolikosti te su uvelike podudarne s orografskim cjelinama istočnog i zapadnog gorskog pojasa i najvažnijih fluviokrških dolinskih formi istraživanog prostora. Kategorije srednje, male i vrlo male georazolikosti uglavnom su podudarne s klastičnim naslagama područja te se dominantno vežu uz prevladavajuće padinske procese i oblike. Ove kategorije najizraženije su na području obje predgorske stepenice (sl. 31). Prema (sl. 29 i tab. 11), jasno je vidljivo kako najveći dio istraživanog prostora čini zona velike georazolikosti (48,24 %), dok je pritom slijedi zona srednje (22,76 %) i vrlo velike (22,56 %) georazolikosti. Na temelju kumulativnih rezultata, može se tvrditi kako istraživani prostor obilježava velika georazolikost.

**Tab. 11.** Površine i udjeli kategorija kumulativnih vrijednosti georazolikosti na istraživanom prostoru

RAZREDI GEORAZOLIKOSTI	POVRŠINA (km <sup>2</sup> )	UDIO (%)
≤ 20 Vrlo mala	0,17	0,34
20 – 25 Mala	2,41	4,77
25 – 30 Srednja	11,48	22,76
30 – 35 Velika	24,34	48,24
35 – 40 Vrlo velika	11,38	22,56
> 40 Iznimno velika	0,67	1,33
<b>Ukupno</b>	<b>50,45</b>	<b>100,00</b>



**Sl. 31.** Generalizirana karta izdvojenih kategorija kumulativnih vrijednosti georazolikosti istraživanog prostora

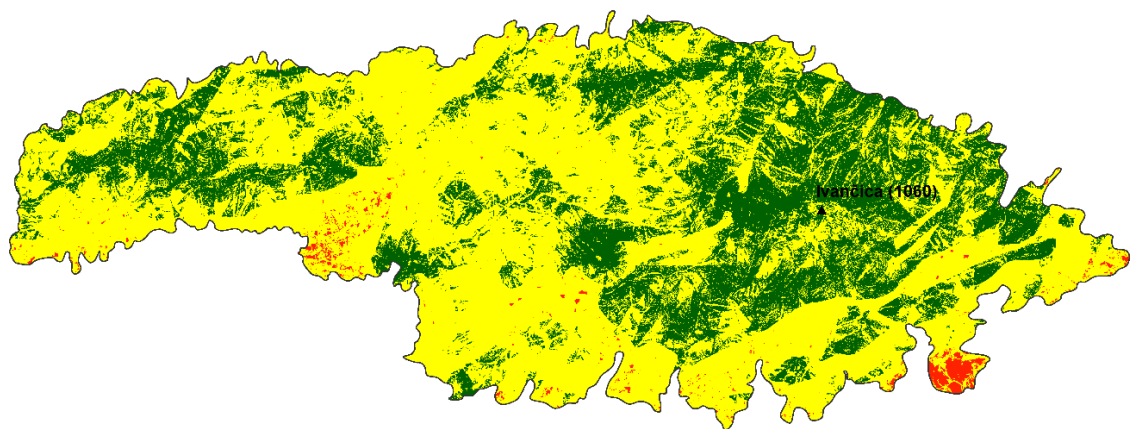
#### 5.4.2. Prosječna vrijednost georaznolikosti

Na temelju preklapanja slojeva s odgovarajućim bodovima iz tablice vrednovanja (tab. 1), dobivena je karta prosječnih vrijednosti georaznolikosti koja se temelji na rasteru prostorne rezolucije 5x5 m (sl. 32). Najniža srednja vrijednost po ćeliji rastera iznosi 1,55 bodova. Srednje vrijednosti po ćeliji rastera (<2) na istraživanom području zauzimaju udio od 1,04 %. Ove vrijednosti su uvelike podudarne s kumulativnim kategorijama male i vrlo male georaznolikosti, uglavnom vezane uz sjevernu i južnu predgorsku stepenicu te prostor miocenskih klastičnih naslaga s derazijskim procesima kod Starog Golubovca.

Prosječne vrijednosti georaznolikosti po ćeliji rastera u rasponu 2-3 boda uglavnom su podudarne s kumulativnom kategorijom srednje i djelomično velike georaznolikosti te na istraživanom području zauzimaju udio od 68,63 % (sl. 32).

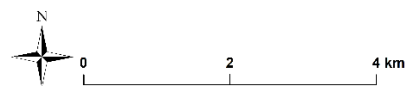
Područja najveće prosječne vrijednosti georaznolikosti po ćeliji rastera (>3), podudarna su s dijelovima velike, vrlo velike te iznimno velike kumulativne vrijednosti georaznolikosti te na istraživanom području zauzimaju udio od 30,33 % (sl. 32). Ovim ocjenama jasno se diferenciraju dijelovi istočnog i zapadnog gorskog pojasa, prostori povećane gustoće ponikava, najizraženiji dolinski fluviokrški elementi Očurice, Račkog potoka, Dugog Jarka te kanjon Loborske Reke. Navedeni elementi imaju najveće značenje u diferencijaciji georaznolikosti Ivančice jer predstavljaju jedinstvene geomorfološke oblike u regionalnim prostornim okvirima sjeverne Hrvatske.

Prema provedenoj analizi i dobivenim rezultatima prosječne vrijednosti georaznolikosti po ćeliji rastera (sl. 32 i sl. 33), može se tvrditi kako istraživani prostor uglavnom obilježava velika georaznolikost s obzirom da je maksimalan broj bodova po ćeliji rastera mogao biti 5.

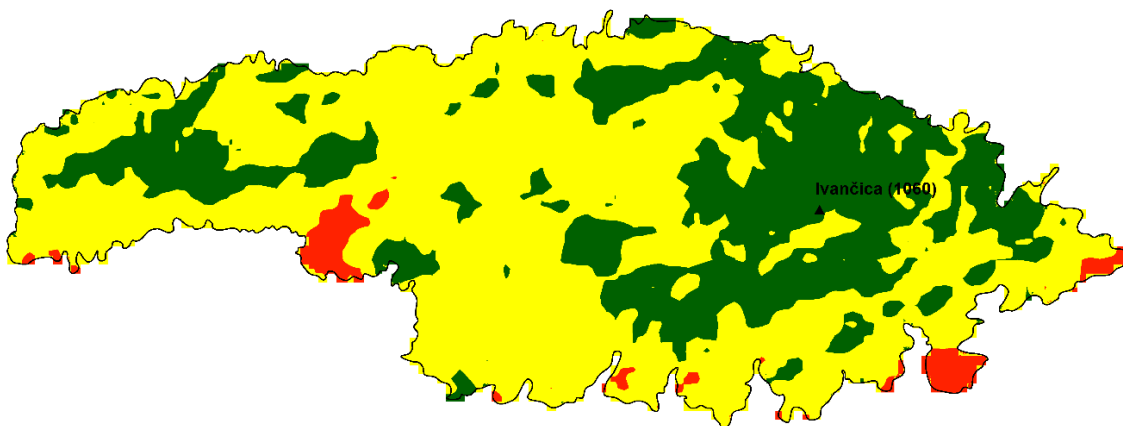


Srednje vrijednosti ocjena georaznolikosti  
po čeliji rastera 5x5 m

- ▲ Vrh
- ≤ 2
- 2 - 3
- > 3

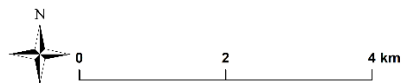


Sl. 32. Karta prosječnih vrijednosti georaznolikosti istraživanog prostora



Srednje vrijednosti ocjena georaznolikosti  
po čeliji rastera 5x5 m

- ▲ Vrh
- ≤ 2
- 2 - 3
- > 3



Sl. 33. Generalizirana karta prosječnih vrijednosti georaznolikosti istraživanog prostora

### 5.4.3. Prijedlog trasa potencijalnih poučnih staza

Prema rezultatima kumulativne vrijednosti georaznolikosti (sl. 30), isplanirano je 7 trasa potencijalnih poučnih staza. Prilikom trasiranja, u obzir nije uzeta estetska vrijednost prostora. Planirane poučne staze koncipirane su prema modelu geoturizma kao turizma koji je temeljen na znanstvenoj interpretaciji georaznolikosti, odnosno turizma koji se odvija u prirodnim područjima i orijentiran je ka interpretaciji geoloških, geomorfoloških i općih značajki krajobraza (Downling i Newson, 2006 prema Chakraborty, 2022). Takva interpretacija georaznolikosti pruža puno dublji aspekt razumijevanja krajobraza u odnosu na isključivo estetske vrijednosti (Chakraborty, 2022).

U kontekstu prethodno iznesenih činjenica, isplanirano je 7 poučnih staza, ukupne duljine 21,16 km (sl. 41). Prilikom trasiranja, u najvećoj mjeri praćene su postojeće planinarske i pješačke staze te ostali putevi radi što manjih antropogenih intervencija u krajobrazu koje bi imale potencijalno negativan utjecaj na georaznolikost. Prilikom trasiranja, jasno je praćena prostorno raspršena zona iznimno velike georaznolikosti, no ona u određenim dijelovima staza nije bila u potpunosti obuhvaćena iz praktičnih razloga trasiranja. Isto tako, prilikom trasiranja, gdje trenutno ne postoji infrastruktura puteva, obavljena je ručna vektorizacija prema najmanjim mogućim nagibima padina radi smanjenja težine savladavanja staza. Osnovni metrički pokazatelji planiranih poučnih staza vidljivi su u Tab. 12. Pritom je numeracija i daljnji opis staza vršen prema modelu najveće pretpostavljene edukativne vrijednosti s obzirom na kumulativni zbroj bodova (sl. 30) i broj elemenata georaznolikosti koji se na njima nalazi.

**Tab. 12.** Nazivi i osnovni metrički pokazatelji predloženih trasa poučnih staza

BROJ STAZE	NAZIV	OBLIK	DULJINA (km)	N.V. POČETNE TOČKE (m)	NAJNIŽA N.V. (m)	NAJVIŠA N.V. (m)	MAKSIMALNA VISINSKA RAZLIKA (m)	PROSJEČNA N.V. (m)	PROSJEČNI NAGIB (°)
1.	Šebastjanovec	Kružna	2,51	716,62	560,11	759,77	199,66	685,91	14,55
2.	Očurica	Kružna	3,56	383,24	318,55	416,38	97,83	363,46	19,86
3.	Loborska Reka	Kružna	0,95	281,51	280,02	404,11	124,09	339,01	37,4
4.	Šumi	Kružna	1,20	425,06	349,54	426,32	76,78	392,21	13,89
5.	Košena	Kružna	6,15	330,59	326,84	699,84	373,00	524,96	20,08
6.	Črne mlake-Jelenska peč	Linijaska	2,97	1059,89	838,07	1059,89	221,82	918,30	14,16
7.	Mali Krč-Pragerske krči	Linijaska	3,82	728,37	614,63	728,37	113,74	677,83	15,88

Poučna staza 1. (*Šebastjanovec*) (sl. 41) planirana je kao kružna poučna staza duljine 2,51 km (tab. 12). Ovaj prostor izdvaja se kao zona najveće georaznolikosti čitavog područja. Ovdje se nalaze jedinstveni primjeri kontaktnog fluviokrša Ivančice, a prema tome bi trebala biti usmjerena i znanstvena interpretacija. Tu su dvije suhe i jedna aktivna slijepa dolina, ponor, suha fluviokrška dolina, izvorišni obluk te nekolicina ponikava. Dakle, na ovom području je na mikrorazini predstavljen krški hidrogeološki sustav, a time je mogućnost interpretacije velika. Planirana staza je lako dostupna jer do nje vodi nekolicina glavnih planinarskih staza (Lobor-Pusti Lobor-Ivančica vrh, Obršje-Belige, Lobor-Oštregrad-Ivančica vrh), nekolicina spojnih planinarskih staza te velik broj ostalih pješačkih puteva. S obzirom da u podnožju ponora ne postoji mreža postojećih planinarskih puteva, isplanirana poučna staza trasirana je po najmanjim nagibima padina. Međutim, dolinski karakter staze čini je ne zahtjevnom, što je vidljivo i prema visinskom profilu (sl. 34), gdje staza savladava maksimalno 199,66 m visinske razlike na otprilike 800 m udaljenosti uz prosječni nagib od 14,55°



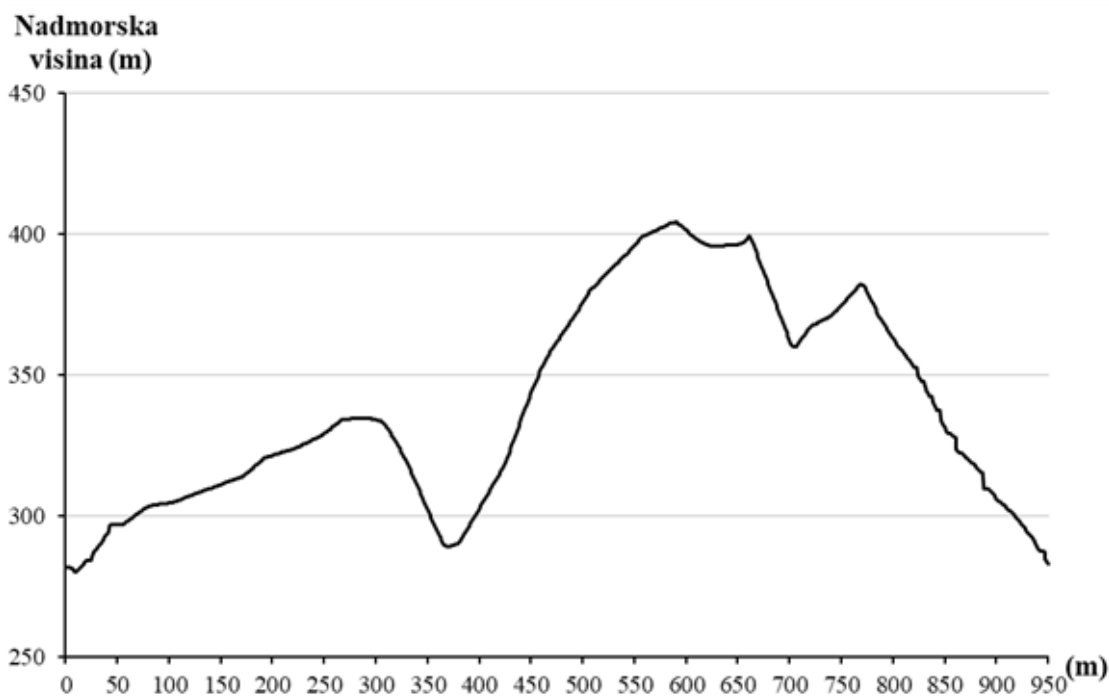
Sl. 34. Visinski profil poučne staze *Šebastjanovec* (1.)

Poučna staza 2. (*Očurica*) (sl. 41), planirana je kao kružna poučna staza duljine 3,56 km (tab. 12). Planirana staza obuhvaća prostor klanca Očurice i sutok triju aktivnih fluviokrških dolina (Rački potok, Očurica i Dugi Jarek), koji čine Loborsku Reku. Pritom se u fluviokrškom prostoru Račkog potoka nalazi nekolicina ponikava koje su ukliještene u uskoj zoni jursko-krednih vapnenaca uz miocenske klastične sedimente s prevladavajućim derazijskim procesima. Upravo zato ovaj prostor nudi mogućnost znanstvene geološke i geomorfološke interpretacije u kontekstu izmjene litologije i različitih reljefnih oblika i procesa koji su njome uvjetovani (sl. 41). Nadalje, prostor klanca Očurice (sl. 27b), daje mogućnost interpretacije u edukativne svrhe nastanka fluviokrških kanjona i kompozitnih dolina na mikrorazini. Isto tako, poučna staza obilazi ulaz u maleni speleološki objekt na zapadu (*Spilja iznad Vodovoda*), duljine 8,7 m). Dostupnost ove staze je višestruka s obzirom da se nalazi neposredno uz cestu Starog Golubovca i dobro je povezana s različitim planinarskim i ostalim stazama (Lobor-Skalovka-Ivančica vrh, Lobor-Pusti Lobor-Ivančica vrh). Visinski profil (sl. 35), ukazuje na relativnu jednostavnost planirane staze jer se nalazi uz glavne dolinske elemente s malenim nagibima padina. Pritom je najveća visinska razlika neposredno uz prostor klanca Očurice (97,83 m). Isto tako, prosječni nagib staze iznosi  $19,86^\circ$ . Kako trenutno ne postoji razvijena mreža puteva na području klanca Očurice, valjalo bi intervenirati u krajobrazu izgradnjom odgovarajuće infrastrukture. Međutim, klanac je dobro vidljiv i s ceste Starog Golubovca (sl. 27b).



Sl. 35. Visinski profil poučne staze *Očurica* (2.)

Poučna staza 3. (*Loborska Reka*) planirana je kao kružna staza duljine 0,95 km (tab. 12). Ova staza vezana je uz epigenetsku dolinu i aktivan fluviokrški kanjon Loborske Reke na jugu područja (sl. 41). Ovaj kanjon se proteže i dalje na jug te kao takav nije zahvaćen prilikom definiranja granica istraživanog područja, no valjalo bi voditi računa o mogućnostima uključivanja i ostatka kanjona Loborske Reke u interpretacijske svrhe. Ova poučna staza dostupna je glavnom cestom iz Starog Golubovca prema Loboru i nekolicinom pješačkih puteva koji se nastavljaju od prethodne poučne staze *Očurice* te koje se nadovezuju na planinarsku stazu Lobor-Pusti Lobor-Ivančica vrh (sl. 41). Pritom bi znanstvena interpretacija trebala biti usmjerena prema nastanku fluviokrškog kanjona epigenijom kompozitne doline Loborske Reke na otpornijim navlačima trijaskih dolomita. Staza je planirana kroz kanjon i uspinjanjem do najviših dolinskih strana kanjona. Na liticama iznad kanjona, pronađena su tri speleološka objekta koja bi isto tako trebala biti uključena u interpretaciju (spilja *Cukovčica* 7,4 m duljine, *Padavica*, 5,9 m duljine i *Poklončić*, 5,9 m duljine). S obzirom da trenutno ne postoji mreža puteva koji bi vodili do vrha kanjona, planirana trasa je napravljena prema što manjim mogućim nagibima padina. Pritom staza savladava 110 m visinske razlike na 200 m udaljenosti te prosječni nagib staze iznosi  $37,4^\circ$ , a to je čini relativno zahtjevnom (sl. 36). Upravo zato je potreban planirani razvitak odgovarajuće infrastrukture do vrha. Međutim, moguć je prolazak kanjonom i kroz njegovo podnožje (sl. 27a).



Sl. 36. Visinski profil poučne staze *Loborska Reka* (3.)



Poučna staza 4. (*Šumi*), planirana je kao kružna staza duljine 1,2 km (tab. 12 i sl. 41). Ovo je prostor iznimno velike georaznolikosti zbog pojave sedre i slapova na sedri (sl. 27c). Pritom bi znanstvena interpretacija ovog prostora trebala biti vezana uz krški karbonatni vodonosnik Ivančice, izvore te nastanak sedre kao univerzalnog elementa georaznolikosti, koji nastaje zbog specifične kombinacije različitih procesa, kako biotičke, tako i abiotičke prirode. Time se naglašava veza georaznolikosti i bioraznolikosti. Prema visinskom profilu staze (sl. 37), ova staza savladava maksimalnih 76,78 m visinske razlike na 300 metara udaljenosti uz prosječni nagib staze od 13,89°, što je čini ne zahtjevnom.



Sl. 37. Visinski profil poučne staze *Šumi* (4.)

Poučna staza 5. (*Košenina*), planirana je kao kružna staza duljine 6,15 km (tab. 12). Ova staza dostupna je sa sjeverne strane postojećom planinarskom stazom Lepoglava-Šumec-Ivančica vrh te nekolicinom manjih pješačkih puteva koji do staze vode od dolinskog prostora Očure na zapadu (sl. 41). Ova staza planirana je do prostora Košenine kao jednog od najviših dijelova zapadnog gorskog pojasa i krškog grebena s mnogim izdancima stijena. Na putu do Košenine, predviđen je obilazak ulaza u dva manja speleološka objekta, spilja *Cingulica pod Židovinom* (duljine 13,5 m) te ulaz u *Markovu jamu*, dubine 5 m. Dalje staza vodi do manje spilje *Šumec*, duljine 6 m. Staza nakon ovog speleološkog objekta vodi do sjevera Košenine, na široki plato s velikom gustoćom ponikava manjih dimenzija.

Dodatno, na tom platou, nalazi se nekolicina izvorišnih krakova fluviokrških dolina što daje dodatnu mogućnost interpretacije izmjene krških i fluviokrških morfogenetskih tipova reljefa i povezanih reljefnih oblika. Pritom staza savladava maksimalnih 373 m visinske razlike na otprilike 3,2 km udaljenosti uz prosječni nagib staze od 20,08° (sl. 38).



Sl. 38. Visinski profil poučne staze *Košenina* (5.)

Poučna staza 6. (*Črne mlake-Jelenska peč*) i 7. (*Mali Krč-Pragerske krči*), planirane su kao linijske staze na postojećim planinarskim putevima. Pritom bi znanstvena interpretacija obje staze bila slična kao i kod staze *Košenina*. Ovo je najviši gorski prostor na kojem se nalaze ponikve, izvorišni krakovi fluviokrških dolina, rasjedni odsjek kod Pragerskih krči te spilja *Malopećinska pećina* (5,4 m duljine). Pritom do staze *Mali Krč-Pragerske krči* vodi nekolicina sjevernih pješačkih puteva, zatim staza *Lepoglava-Šumec- Ivančica vrh*, *Vilinska staza* te cesta prohodna za motorna vozila sve do vrha. Isto tako, ova staza, ostalim je pješačkim putevima povezana i s južnim dijelovima područja (sl. 41). Poučna staza *Črne mlake-Jelenska peč* vezana je uz najviše dijelove *Ivančice*. Ova staza dostupna je velikim brojem planinarskih, pješačkih i cestovnih puteva s obzirom da se nalazi u blizini samog vrha *Ivančice* (sl. 41). Obje staze se nalaze na postojećim planinarskim stazama u blizini najviših vrhova i grebena, stoga je njihova zahtjevnost minimalna. To je vidljivo i prema visinskim profilima (sl. 39 i sl. 40), gdje je na stazi *Črne mlake-Jelenska peč* najveća visinska razlika 221,82 m na 1800 m udaljenosti, dok je kod staze *Mali Krč-Pragerske krči* to 113,74 m na 1400 m udaljenosti.

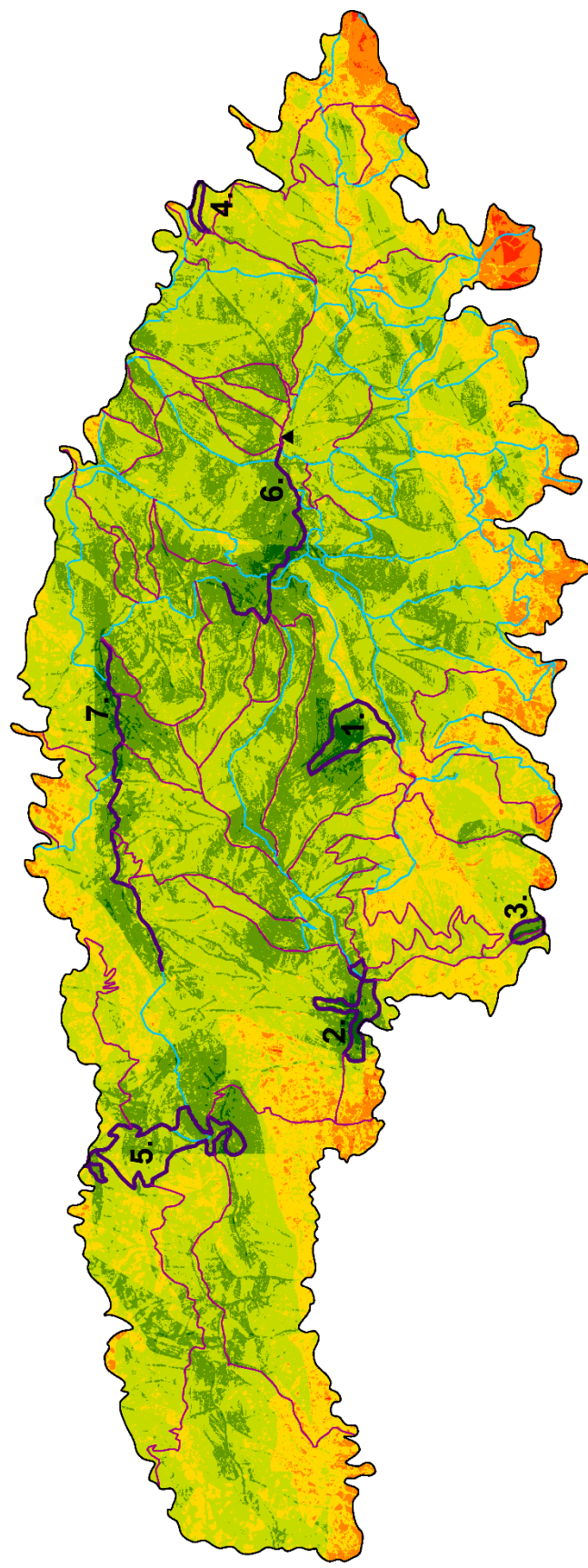


**Sl. 39.** Visinski profil poučne staze *Črne mlake-Jelenska peč* (6.)



**Sl. 40.** Visinski profil poučne staze *Mali krč-Pragerske krči* (7.)

Prema Zakonu o zaštiti prirode (NN 80/13, 15/18, 14/19, 127/19) za korištenje speleoloških objekata i provođenje zahvata unutar speleoloških objekata i njihovog nadzemlja potrebno je koncesijsko odobrenje Ministarstva (MINGOR). Time se pred planirane poučne staze koje imaju uključen obilazak ulaza u speleološke objekte stavlja zakonska problematika ishoda dozvole za trasiranje puta. Pritom bi svakako temeljni cilj prilikom izgradnje poučne staze trebalo biti očuvanje fundamentalnih prirodnih svojstava speleoloških objekata.



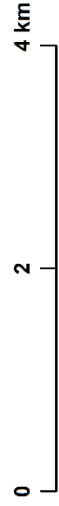
**Kumulativne vrijednosti i kategorije**

**ocjena georaznolikosti**

- ≤ 20 Vrlo mala
- 20 - 25 Mala
- 25 - 30 Srednja
- 30 - 35 Velika
- 35 - 40 Vrlo velika
- > 40 Najveća

**▲ Vrh**

- Trase potencijalnih poučnih staza
- Postojeće planinarske staze
- Pješaci i ostali pristupni putevi



**Sl. 41.** Karta trasa potencijalnih poučnih staza istraživanog područja zajedno s postojećom mrežom planinarskih i ostalih puteva  
 Izvor: Shapefile planinarskih staza Ivancice, HPS (2023), shapefile ostalih puteva, Geofabrik (2023)

## 6. Zaključak

Na temelju terenskih istraživanja i geoprostorne baze podataka, zatim provedene digitalne geomorfološke analize i vrednovanja georaznolikosti, može se zaključiti kako Ivančica tvori jedinstven primjer georaznolikosti Hrvatskog zagorja. Reljef Ivančice oblikovan je kroz dugo razdoblje geološke evolucije koje je započelo još potkraj paleozoika. Kroz milijune godina, na Ivančici su istaložene naslage različite starosti, među kojima prevladavaju trijaski dolomiti. Uslijed neotektonske aktivnosti, karbonatni sedimenti Ivančice pretvoreni su u sekundarno propusne stijene te je mjestimično razvijen krški reljef na dolomitu. Ovaj tip krša dominantno se očituje u hidrogeološkoj funkciji te relativnim siromaštvom površinskih krških oblika. Međutim, na temelju provedenog istraživanja, zabilježeni su i drugi reljefni oblici i procesi uglavnom fluviokrškog karaktera. Na Ivančici se nalaze specifični primjeri fluviokrša na dolomitu u kojem prevladava izmjena krških i padinskih geomorfoloških oblika i procesa. Istraživanjem je dokazano postojanje jednostavnog kontaktnog fluviokrša na području ponora Šebastjanovec te određeni aspekti kanjonskog podtipa fluviokrša vezani uz epigenetske doline južnih tekućica. Na temelju istraživanja i analize litoloških, pedoloških, morfostrukturnih, morfografskih, morfometrijskih i morfogenetskih obilježja Ivančice, napravljena je kategorizacija georaznolikosti. Kategorija iznimno velike georaznolikosti obuhvaća 1,33 % površine istraživanog područja te je usko vezana uz zone krškog i fluviokrškog morfogenetskog tipa reljefa te uz ona područja na kojima je razvijen najveći broj geomorfoloških oblika i procesa koji se intermedijalno isprepliću. Rezultati vrednovanja ukazuju kako 48,24 % površine istraživanog područja čini kategorija velike georaznolikosti, dok su sljedeće po zastupljenosti srednja (22,76 %) te vrlo velika (22,56 %). Prema dobivenim rezultatima, isplanirano je sedam trasa potencijalnih poučnih staza, ukupne duljine 21,16 km. Planirane staze uglavnom obuhvaćaju zonu iznimno velike georaznolikosti te bi s aspekta geoturizma trebale naglašavati dominantno geološke i geomorfološke karakteristike područja. Trenutno je pokrenuta inicijativa proglašenja Ivančice Parkom prirode Hrvatsko zagorje, a pritom je uvažavanje kako biološke tako i georaznolikosti prvi i najvažniji korak u pokušaju zaštite prirodnih vrijednosti ovog područja.

## Popis literature i izvora

### Popis literature

Aničić, A., Juriša, M., 1984: *Osnovna geološka karta SFRJ 1: 100 000, list Rogatec L33-68*, Geološki zavod, Ljubljana; Geološki zavod, Zagreb (1971-1981), Savezni geološki institut Beograd.

Aničić, A., Juriša, M., 1985: *Osnovna geološka karta SFRJ 1: 100 000, Tumač za list Rogatec L33-68*, Geološki zavod, Ljubljana; Geološki zavod, Zagreb (1983), Savezni geološki institut Beograd.

Babić, Lj., 1975: Kondenzirani Lijas Medvednice i Ivanščice i njegovo značenje za interpretaciju pelegeografskog razvoja unutarnje dinarske regije, *Geološki vjesnik*, 28 (1), 11-18.

Bognar, A. 1979. Uloga i zadaci geomorfologije u proučavanju i zaštiti okoliša. *Geographica Slovenica*, 9 (1), 127-130.

Bognar, A., 1990: Geomorfološke i inženjersko-geomorfološke osobine otoka Hvara i ekološko vrednovanje reljefa, *Hrvatski geografski glasnik*, 52 (1), 49-64.

Bognar, A., 1992: Inženjerskogeomorfološko kartiranje, *Acta Geographica Croatica*, 27 (1), 173-184.

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

Bognar, A., Prelogović, E., Klein, V., Krušlin, Ž., Mesić, I., Sarkotić-Šlat, M., Hromatko, B., 1994: Regionalna rasprostranjenost paleošljunčanih naslaga u dijelu SZ Hrvatske i njihovo geomorfološko značenje u tumačenju morfogeneze reljefa i kvartarnih neotektonskih pokreta, *Acta Geographica Croatica*, 29 (1), 7-16.

Bognar, A., Faivre, S., Buzjak, N., Pahernik, M., Bočić, N. 2012: Recent Landform Evolution in the Dinaric and Pannonian Regions of Croatia. *Recent Landform Evolution*. Lóczy, D., Stankoviansky, M., Kotarba, A. (ur.). Heidelberg, London, New York : Springer, 313-344.

Butorac, V., Cvitković, M., 2020: Geoekološka analiza u procjeni utjecaja na okoliš-Primjer buduće akumulacije Kosinj u Lici/Geocological analysis in environmental impact assesment-An example of the future accumulation of Kosinj in Lika, *Acta Geographica Croatica*, 45/46 (1), 15-32.

- Butorac, V., Talaja, M., 2021: Vrednovanje georazolikosti speleoloških objekata u svrhu razvijanja sustavne zaštite i upravljanja, *Speleolog*, 69 (1), 8-17.
- Butorac, V., Lončar, G., Cvitković, M., Vranješ, D., 2017: Geoekološko vrednovanje unutar studija o utjecaju na okoliš – primjer dosadašnje prakse: HE Kosinj/Senj 2/Geoecological evaluation within environment impact assessment studies – example of: Hydropower plants Kosinj and Senj 2, *Inženjerstvo okoliša*, 4 (2), 129-137.
- Buzjak, N., 2008: Geoekološko vrednovanje speleoloških pojava Žumberačke gore, *Hrvatski geografski glasnik*, 70 (2), 73-89.
- Buzjak, N., 2020: Geoekološko kartiranje-kartiranje geobaštine i georazolikosti, predavanje, Prirodoslovno-matematički fakultet, Geografski odsjek, Zagreb.
- Buzjak, N., Bočić, N., Pahernik, M., 2020: Geomorfološka baština Značajnog krajobraza Risovac-Grabovača/Geomorphological heritage of the Significant landscape Risovac-Grabovača, *Acta Geographica Croatica*, 45/46 (1), 49-67.
- Chakraborty, A., 2022: Geodiversity and Tourism Sustainability in the Anthropocene, *Tourism and Hospitality*, 3 (2), 496-508.
- Chrobak, A., Novotny, J., Struš, P., 2021: Geodiversity Assesment as a First Step in Designating Areas of Geotourism Potential. Case Study: Western Carpathians, *Frontiers in Earth Science*, 9 (1), 1-20.
- Crkvenčić, I., 1951: O agrarnoj strukturi gornjeg porječja Bednje, *Hrvatski geografski glasnik*, 13 (1), 101-114.
- Crkvenčić, I., 1958: Prigorje planinskog niza Ivančice, *Acta Geographica Croatica*, 1 (1), 7-113.
- Čirjak, B., R., Mamut, M., 2016: Geoekološko vrednovanje reljefa otoka Hvara s aspekta poljodjelske valorizacije, *Socijalna ekologija*, 25 (3), 211-234.
- Ford, D., Williams, P., 2007: *Karst Hydrogeology and Geomorphology*, John Wiley & Sons Ltd, West Sussex.
- Garašić, M., 2011: Doprinosi akademika Mirka Maleza hrvatskoj speleologiji, *Radovi Zavoda za znanstveni rad Varaždin* 22 (1), 137-165.
- Gray, M., 2008: Geodiversity: developing the paradigm, *Proceedings of the Geologists Association*, 119 (3-4), 287-298.

- Gray, M., 2013: *Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature, 2nd edition*. Wiley Blackwell, Chichester.
- Gray, M., 2018: The confused position of the geosciences within the “natural capital” and “ecosystem services” approaches, *Ecosystem Services*, 34 (1), 106-112.
- Hirc, D., 1905: *Prirodni zemljopis Hrvatske*, Tisak i Naklada Antuna Scholza, Zagreb.
- Hrvatska enciklopedija, 2021: *Tlo*, Leksikografski zavod Miroslav Krleža, <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=61548> (1. 6. 2023.).
- Kušan, V., 2010: *Pokrov i namjena korištenja zemljišta u Republici Hrvatskoj-stanje i trendovi*, Agencija za zaštitu okoliša Republike Hrvatske, Zagreb.
- Larva, O., Rubinič, J., Mraz, V., 2016: *Krapinsko-zagorska županija-Hidrogeološki i hidrološki monitoring na zapadnom dijelu Ivanščice s ciljem definiranja bilance i dinamike istjecanja podzemnih voda*, Hrvatski geološki institut, Zavod za hidrogeologiju i inženjersku geologiju.
- Lepirica, A., 2006: Geoekološke značajke doline gornjeg toka Une od Martin Broda do Pritoke, *Hrvatski geografski glasnik*, 68 (2), 31-55.
- Lozić, S., 1996: Nagibi padina kopnenog dijela Republike Hrvatske, *Acta Geographica Croatica*, 31 (1), 41-51.
- Lugić, E., Mikulčić, M., Kresonja, M., Mesić, Z., Birov, T., Petković, M., Gužvica, G., Tadić, J., Hocenski, K., Ostojić, A., 2019: *Strateška studija o utjecaju master plana prometnog sustava Grada Zagreba, Zagrebačke županije i Krapinsko-Zagorske županije na okoliš*, OIKON.
- Mamut, M., 2010a: Primjena metode relativnog vrednovanja reljefa na primjeru otoka Rave (Hrvatska), *Naše more*, 19 (3), 260-271.
- Mamut, M., 2010b: Geoekološki i turistički potencijal potencijal krajolika otoka Ugljana, *Socijalna ekologija* 19 (3), 247-271.
- Mamut, M., 2010c: Geoekološko vrednovanje reljefa otoka Pašmana, *Geoadria*, 15 (2), 241-267.
- Matišić, T., 2012: Speleološki objekti Ivančice na području Lepoglave, *Ivanečka škrinjica*, 8 (1), 16-46.
- Marković, M., 1983: *Osnovi primenjene geomorfologije*, Geoinstitut, Posebna izdanja, knjiga 8, Beograd.



- Meaški, H., Biondić, R., Loborec, J., Leskovar, K., 2019: Krški izvori u Varaždinskoj županiji, *7. hrvatska konferencija o vodama: Hrvatske vode u zaštiti okoliša i prirode*, Opatija.
- Njegač, D., 1996: Dinamika i prostorna diferencijacija deagrarizacije Hrvatskog zagorja, *Acta Geographica Croatica*, 31 (1), 95-114.
- Njegač, D., 1999: Funkcionalna diferencijacija naselja i centralomjesna organizacija Hrvatskoga zagorja, *Hrvatski geografski glasnik*, 61 (1), 25-36.
- Ozimec, R., Šincek, D., 2009: Speleološki objekti Ravne gore i njihov značaj, *Radovi Zavoda za znanstveni rad Varaždin*, 20 (1), 65-103.
- Ozimec, R., Šincek, D., 2011: Speleološki objekti planinskih masiva SZ Hrvatske, *Radovi Zavoda za znanstveni rad Varaždin*, 22 (1), 201-232.
- Pahernik, M., 2007: Digitalna analiza padina otoka Raba, *Geoadria*, 12 (1), 3-22.
- Parlov, J., Kovač, Z., Bačani, L., Bačani, A., 2016: Hydrogeological characteristics of south hills, Ivanščica Mountain, *Journal of maps*, 12 (1), 53-57.
- Plan upravljanja područjima ekološke mreže Strahinjčica i Vršni dio Ivančice, 2023*: Radoboj i Varaždin, [https://priroda-vz.hr/wp-content/uploads/2023/04/Prijedlog-Plana-upravljanja\\_PU-075.pdf](https://priroda-vz.hr/wp-content/uploads/2023/04/Prijedlog-Plana-upravljanja_PU-075.pdf) (10. 5. 2023.).
- Pontes, H., S., Massuqueto, L., L., Fernandes, L., A., Foltran, A., C., de Melo, M., S., Moreira, J., C., 2018: Caves Geodiversity Evaluation as an Instrument to the Management of the Campos Gerais National Park, Southern Brazil, *Geoharitage*, 11(1), 641-651.
- Radoš, D., Lozić, S., Šiljeg, A., 2012: Morfometrijske značajke šireg područja Duvanjskog polja, Bosna i Hercegovina, *Geoadria*, 17 (2), 177-207.
- Saletto-Janković, M., 1994: The role of geomorphological research in geoecology, *Acta Geographica Croatica*, 29 (1), 37-44.
- Šimunić, A., 1986: Geološka građa okolice Lepoglave i osvrt na pojave mineralnih sirovina, *Radovi Zavoda za znanstveni rad Varaždin*, 1 (1), 19-30.
- Šimunić, A., 2007: Dragutin Gorjanović-Kramberger Geological Mapping Pioneer in Croatia/Dragutin Gorjanović-Kramberger inicijator geološkog kartiranja u Hrvatskoj, *Kartografija i geoinformacije*, 6 (7), 52-73.
- Šimunić, A., Šimunić, Al., 1979: Petrografski sastav i geneza trijaskih naslaga Ivanščice, Kalnika i Ravne gore (Hrvatsko zagorje), *Geološki vjesnik*, 32 (1), 243-253.

Šimunić, A., Hećimović, I., 2006: *Geološke osobitosti Hrvatskog zagorja*, Muzeji Hrvatskog zagorja, Krapina.

Šimunić, A., Šimunić, Al., Milanović, M., 1979: Geološka građa Ivanščice i Ravne gore, *Geološki vjesnik*, 31 (1), 157-174.

Šimunić, A., Pikija, M., Hećimović, I., 1983: *Osnovna geološka karta SFRJ 1: 100 000, list Varaždin L33-69*, Geološki zavod, Zagreb, (1971-1978); Savezni geološki institut, Beograd (1982).

Šimunić, A., Pikija, M., Hećimović, I., Šimunić, Al., 1981: *Osnovna geološka karta SFRJ 1: 100 000, Tumač za list Varaždin L33-69*, Geološki zavod, Zagreb (1982); Savezni geološki institut Beograd.

Šorgić, B., Subanović, N., Borić, B., Kušan, V., Šimunec, I., Pandža, H., Tošić, I., 2017: *Program zaštite zraka ozonskog sloja i ublažavanja klimatskih promjena Krapinsko-zagorske županije*, naručitelj: Krapinsko-zagorska županija.

Tandarić, N., Buzjak, N., Bočić, N., Dubovečak, V., Lacković, I., Zastavniković, I., Tomić, D., 2018: Fizičkogeografska analiza i geokološko vrednovanje potencijalno zaštićenog područja-primjer doline Kupčine/Physical geographical analysis and geocological assessment of potential protected area – the example of the Kupčina river valley, Zagreb County, Croatia, *Hrvatski geografski glasnik*, 80 (1), 27-59.

Tomičić, Ž., 2011: Akademik Mirko Malez-Pionir hrvatske speleoarheologije, *Radovi Zavoda za znanstveni rad Varaždin*, 22 (1), 107-136.

Vukadinović, V., n.d: *Klasifikacija tala*, Pedologija, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera, Fakultet agrobiotehničkih znanosti, Osijek,

<http://pedologija.com.hr/Literatura/Pedogeneza/Klasifikacija.pdf> (5. 6. 2023.).

Zakon o zaštiti prirode (NN 80/13, 15/18, 14/19, 127/19).

## Popis izvora

CopernicusEu, 2023: *CORINE Land Cover, CLC (2018)*, <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover> (4. 4. 2023.).

Državni Hidrometeorološki zavod (DHMZ), 2022: *Infrastruktura; prizemna meteorološka mjerenja, glavne i automatske postaje; klimatološke postaje, Krapina i Novi Marof*, [https://meteo.hr/infrastruktura.php?section=mreze\\_postaja&param=pmm&el=glavne](https://meteo.hr/infrastruktura.php?section=mreze_postaja&param=pmm&el=glavne) (10. 5. 2023.).

Digitalna pedološka karta Hrvatske, 2023: [http://pedologija.com.hr/iBaza/DPK-Hr\\_2021/index.html#2/44.7/16.1](http://pedologija.com.hr/iBaza/DPK-Hr_2021/index.html#2/44.7/16.1) (2. 6. 2023.).

Digitalni model reljefa 5x5 m i 10x10 m, Arhiva Geografskog odsjeka PMF-a.

Geofabrik, 2023: *Open street maps, roads*. <http://download.geofabrik.de/europe/croatia.html> (2. 4. 2023.).

Geoportal DGU, 2023: *Topografska karta, 1: 25000, WMS servis*, <https://geoportal.dgu.hr/#/menu/podaci-i-servisi> (27. 3. 2023.).

Hrvatski planinarski savez (HPS), 2023: *Interaktivna planinarska karta Hrvatske, planinarski putevi, Ivančica*, <https://www.hps.hr/karta/> (15. 3. 2023.).

Topografska karta 1: 25000, *Gauss-Krüger 5. zona, listovi: 270-4-2, 271-3-1, 271-3-2*, Arhiva Geografskog odsjeka PMF-a.

## Prilozi

### Popis slika:

Sl. 1. Prostorni obuhvat i geografski položaj istraživanog područja .....	6
Sl. 2. Geomorfomorfološki položaj istraživanog prostora .....	7
Sl. 3. Hodogram koraka istraživanja zajedno s korištenim podacima, softverima i alatima ....	14
Sl. 4. Pojednostavljena geološka karta istraživanog područja .....	18
Sl. 5. Klimadijagram prosječne nadmorske visine područja .....	20
Sl. 6. Pojednostavljena pedološka karta istraživanog područja .....,.....	22
Sl. 7. Klase zemljišnog pokrova prema CORINE-u na istraživanom području .....	24
Sl. 8. Orografske cjeline i karakteristični profili istraživanog područja .....	27
Sl. 9. Udjeli hipsometrijskih razreda u ukupnoj površini istraživanog prostora .....	30
Sl. 10. Hipsometrijska karta istraživanog prostora .....	31
Sl. 11. Udjeli razreda nagiba padina u ukupnoj površini istraživanog prostora .....	33
Sl. 12. Karta nagiba padina istraživanog prostora .....	34
Sl. 13. Udjeli ekspozicije padina na istraživanom prostoru .....	35
Sl. 14. Karta ekspozicije padina istraživanog prostora .....	36
Sl. 15. Udjeli razreda vertikalne raščlanjenosti reljefa u ukupnoj površini istraživanog prostora .....	38
Sl. 16. Karta vertikalne raščlanjenosti reljefa istraživanog prostora .....	39
Sl. 17. Udjeli kategorija profilne zakrivljenosti padina u ukupnoj površini istraživanog prostora .....	40
Sl. 18. Karta profilne zakrivljenosti padina istraživanog prostora .....	41
Sl. 19. Udjeli kategorija planarne zakrivljenosti padina u ukupnoj površini istraživanog prostora .....	42
Sl. 20. Karta planarne zakrivljenosti padina istraživanog prostora .....	43
Sl. 21. Drenažna mreža istraživanog područja prema Strahlerovoj klasifikaciji .....	44
Sl. 22. Karta prostorne gustoće rasjeda na istraživanom prostoru .....	45
Sl. 23. Karta prostorne gustoće ponikava na istraživanom prostoru .....	46
Sl. 24. Karta prostorne gustoće hidrogeoloških pojava istraživanog prostora .....	47
Sl. 25. Morfostrukturna karta istraživanog područja .....	50
Sl. 26. Primjeri ponikava na istraživanom prostoru .....	54
Sl. 27. Primjeri fluviokrša istraživanog prostora .....	57
Sl. 28. Geomorfološka karta istraživanog prostora .....	59
Sl. 29. Udjeli kategorija kumulativne vrijednosti georaznolikosti u ukupnoj površini istraživanog područja .....	60
Sl. 30. Karta kumulativne vrijednosti georaznolikosti istraživanog prostora .....	61
Sl. 31. Generalizirana karta izdvojenih kategorija kumulativnih vrijednosti georaznolikosti istraživanog prostora .....	63
Sl. 32. Karta prosječnih vrijednosti georaznolikosti istraživanog prostora .....	65
Sl. 33. Generalizirana karta prosječnih vrijednosti georaznolikosti istraživanog prostora .....	65
Sl. 34. Visinski profil poučne staze <i>Šebastianovec</i> (1.) .....	67

<b>Sl. 35.</b> Visinski profil poučne staze <i>Očurica</i> (2.) .....	68
<b>Sl. 36.</b> Visinski profil poučne staze <i>Loborska Reka</i> (3.) .....	69
<b>Sl. 37.</b> Visinski profil poučne staze <i>Šumi</i> (4.) .....	70
<b>Sl. 38.</b> Visinski profil poučne staze <i>Košenina</i> (5.) .....	71
<b>Sl. 39.</b> Visinski profil poučne staze <i>Črne mlake-Jelenska peč</i> (6.) .....	72
<b>Sl. 40.</b> Visinski profil poučne staze <i>Mali krč-Pragerske krči</i> (7.) .....	72
<b>Sl. 41.</b> Karta trasa potencijalnih poučnih staza istraživanog područja zajedno s postojećom mrežom planinarskih i ostalih puteva .....	73

### **Popis tablica:**

<b>Tab. 1.</b> Tablica vrednovanja georazolikosti Ivančice .....	15
<b>Tab. 2.</b> Površine i udjeli hipsometrijskih razreda na istraživanom prostoru .....	30
<b>Tab. 3.</b> Razredi nagiba padina prema prevladavajućim geomorfološkim procesima .....	32
<b>Tab. 4.</b> Površine i udjeli razreda nagiba padina na istraživanom prostoru .....	33
<b>Tab. 5.</b> Površine i udjeli kategorija ekspozicije padina na istraživanom prostoru .....	35
<b>Tab. 6.</b> Kategorije i opis razreda vertikalne raščlanjenosti reljefa .....	37
<b>Tab. 7.</b> Površine i udjeli kategorija vertikalne raščlanjenosti reljefa na istraživanom prostoru .....	38
<b>Tab. 8.</b> Površine i udjeli kategorija profilne zakrivljenosti padina na istraživanom prostoru .....	40
<b>Tab. 9.</b> Površine i udjeli kategorija planarne zakrivljenosti padina na istraživanom prostoru .....	42
<b>Tab. 10.</b> Površine i udjeli morfogogenetskih tipova reljefa na istraživanom prostoru .....	51
<b>Tab. 11.</b> Površine i udjeli kategorija kumulativnih vrijednosti georazolikosti na istraživanom prostoru .....	63
<b>Tab. 12.</b> Nazivi i osnovni metrički pokazatelji predloženih trasa poučnih staza .....	66