

Ogoline u flišu na širem području grada Buzeta

Guštin, Petar

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering / Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:157:490671>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-14**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering - FCERI Repository](#)



image not found or type unknown

**SVEUČILIŠTE U RIJECI
GRAĐEVINSKI FAKULTET**

Petar Guštin

Ogoline u flišu na širem području grada Buzeta

Završni rad

**Rijeka, 2020.
SVEUČILIŠTE U RIJECI**

GRAĐEVINSKI FAKULTET

**Preddiplomski sveučilišni studij
Građevinarstvo
Primijenjena geologija**

**Petar Guštin
JMBAG: 0114031328**

Ogoline u flišu na širem području grada Buzeta

Završni rad

Rijeka, rujan 2020.

Naziv studija: **Sveučilišni preddiplomski studij Građevinarstvo**
Znanstveno područje: Tehničke znanosti
Znanstveno polje: Građevinarstvo
Znanstvena grana: Geotehnika

Tema završnog rada

OGOLINE U FLIŠU NA ŠIREM PODRUČJU GRADA BUZETA

BADLANDS FORMED IN FLYSCH DEPOSITS IN THE WIDER AREA OF THE TOWN OF BUZET

Kandidat: **PETAR GUŠTIN**
Kolegij: **PRIMIENJENA GEOLOGIJA**
Završni rad broj: **20-P-10**

Zadatak:

Flišne naslage izgrađuju područje središnje Istre, i izrazito su podložne procesima erozije. U specifičnim geološkim i geomorfološkim uvjetima se kao posljedica plošne i linijske erozije formiraju ogoline, tj. ogoljene površine terena čije je glavno obilježje izostanak vegetacijskog pokrivača. Cilj rada je identificirati ogoline na pilot području površine 20 km², smještenom na širem području grada Buzeta, te ustanoviti prostorni odnos između ogolina i vodotoka te ogolina i prometnica. Zadatak studenta je:

- izraditi inventar ogolina vizualnom interpretacijom primijenjenih kartografskih podloga,
- digitalizirati prometnice vizualnom interpretacijom primijenjenih kartografskih podloga,
- digitalizirati vodotoke vizualnom interpretacijom primijenjenih kartografskih podloga,
- provesti prostornu analizu odnosa ogolina i vodotoka te odnosa ogolina i prometnica, primjenom GIS alata.

Tema rada je uručena: 24. veljače 2020.

Mentorica:

dr. sc. Petra Jagodnik, v. pred.,

IZJAVA

Završni rad sam izradio samostalno, u suradnji s mentoricom uz poštivanje pozitivnih građevinskih propisa i znanstvenih dostignuća iz područja građevinarstva. Građevinski fakultet u Rijeci je nositelj prava intelektualnog vlasništva u odnosu na ovaj rad.

Petar Guštin

U Rijeci, 8. rujna 2020.

IZJAVA

Završni/Diplomski rad izrađen je u sklopu znanstvenog projekta
**Razvoj metodologije procjene podložnosti na klizanje za planiranje namjene
zemljišta primjenom LiDAR tehnologije**

Voditelj projekta: prof. dr. sc. Snježana Mihalić Arbanas, Rudarsko-geološko naftni fakultet
Sveučilišta u Zagrebu

Šifra projekta: IP-2019-04-9900

Financijer projekta: Hrvatska zaklada za znanost

Pravna nadležnost: Republika Hrvatska

U Rijeci, 8.9.2020.

Mentorica:

Dr. sc. Petra Jagodnik, v. pred.

Zahvala

Zahvaljujem se mentorici dr. sc. Petri Jagodnik, dipl. ing. geologije na pomoći, savjetima, strpljenju i prilici s radom na računalnom programu koji su pomogli za izradu ovog završnog rada i koji će služiti u daljnjoj budućnosti.

Posebno zahvaljujem i svojoj obitelji na velikoj podršci, danim mogućnostima, strpljenju i razumijevanju tokom školovanja.

Ogoline u flišu na širem području grada Buzeta

Sažetak

Ogolina je reljef bez ili s vrlo oskudnom vegetacijom i zadatak ovog rada je izrada inventara ogolina, inventara vodotoka i inventara prometnica, kao i utvrđivanje prostornog odnosa između ogolina i vodotoka te ogolina i prometnica na širem području grada Buzeta u Istri, površine 20 km². Istraženo područje izgrađuju flišne naslage, zbog kojih se ovaj dio Istre naziva Siva Istra. Izrada inventara ogolina, prometnica i vodotoka provedena je metodom vizualne interpretacije Hrvatske osnovne karte (HOK), te Digitalne Ortofoto karte (DOF). Prostorna analiza odnosa između ogolina i vodotoka, odnosno ogolina i prometnica provedena je primjenom alata u računalnom softveru QGIS. Rezultati analize potvrdili su da se većina ogolina na pilot području nalazi u blizini povremenih vodotoka najnižeg reda, odnosno u blizini zemljanih putova.

Ključni pojmovi: Ogolina, prometnice, vodotoci, inventar, flišne naslage, QGIS

Badlands formed in flysch deposits in the wider area of the town of Buzet

Abstract

Badland is landform without or with very scarce vegetation and the goal of this work is to make an inventory of badlands, an inventory of streams and an inventory of tracks, as well as to determine the spatial relationship between badland and stream and ogolina and roads in the wider area of the town of Buzet in Istria, 20 km². The study area is built of flysch deposits, which is why this part of Istria is called Gray Istria. The inventory of badlands, tracks and streams was prepared using the method of visual interpretation of the Croatian Basic Map (HOK) and the Digital Orthophoto Map (DOF). Spatial analysis of the relationship between the badlands and streams, i.e. badlands and tracks was performed using tools in the computer software QGIS. The results of the analysis confirmed that most of the badlands in the pilot area are located near periodical streams of the lowest order, that is to say, near pathways.

Key words: Badlands, tracks, streams, inventory, flysch deposits, QGIS

Sadržaj

1.	Uvod	1
2.	Teorijska osnova.....	2
2.1	Flišne naslage	2
2.2	Procesi erozije u flišnim naslagama	2
2.3	Definicija i uvjeti nastanka ogolina	5
3.	Područje istraživanja.....	7
3.1	Geografske značajke Istre.....	7
3.2	Geološka građa Istre	8
3.3	Pilot područje na širem području grada Buzeta.....	9
3.4	Prethodna istraživanja ogolina u flišnim naslagama Istre	11
4.	Materijali i metode.....	12
4.1	Primijenjene kartografske podloge.....	12
4.1.1.	Hrvatska osnovna karta u mjerilu M:1.5000.....	12
4.1.2.	Digitalna ortofoto karta u mjerilu M 1:5.000	13
4.2	Vizualna interpretacija primijenjenih kartografskih podloga.....	14
4.3	Prostorna analiza.....	17
5.	Rezultati.....	19
5.1	Inventar ogolina na pilot području.....	19
5.2	Vodotoci na pilot području	22

5.3 Prometnice na pilot području.....	24
5.4 Prostorni odnos između ogolina i vodotoka	25
5.5 Prostorni odnos između ogolina i prometnica	26
6. Diskusija i zaključak.....	27
Literatura	29
Popis tablica.....	30
Popis slika.....	31

1. Uvod

Ogolina u flišu je reljef bez i sa malom količinom vegetacije koja se pojavljuje na flišnim naslagama, od kojih je izgrađeno područje središnje Istre i podložne su procesima erozije. Kao posljedica geoloških uvjeta, u flišnim naslagama Istre formirane su brojne erozijske ogoline.

Predmet interesa rada su ogoline u flišnim naslagama na širem području grada Buzeta, veličine 20 km². Uz ogoline, na pilot području se nalaze vodotoci i prometnice koje su također u interesu rada.

U završnom radu je napravljen inventar ogolina, inventar vodotoka i inventar prometnica vizualnom interpretacijom na kartografskim podlogama: (i) Hrvatska osnovna karta (HOK) i (ii) Digitalna ortofoto karta (DOF). Pomoću računalnog softvera QGIS se izradio inventar te služili se njegovim alatima za dobivanje broja ogolina u blizini vodotoka i prometnica. Iz istraživanja glavni zaključci su najčešće pojave ogolina u blizini korita povremenih vodotoka nižih reda i uz zemljane putove.

2. Teorijska osnova

2.1 Flišne naslage

Fliš je opisni naziv za specifičan kompleks klastičnih sedimentnih stijena koji karakterizira sukcesivna izmjena lapora, pješčenjaka i prahovnjaka [1]. Takvi kompleksi klastičnih sedimentnih stijena nastaju turbiditnim tokovima, odnosno podmorskim klizanjima sedimenata u dubokomorskim okolišima. Sedimenti koji se talože u dubokim morskim bazenima nastaju kao posljedica relativno brze erozije okolnog gorja koje se uzdiže, a zatim bivaju transportirani vodenim tokovima do tzv. kontinentnog praga. Područje kontinentnog praga predstavlja potopljeni dio kontinenta, proteže se do dubine 100 do 400 m, i predstavlja zonu intenzivne terigene sedimentacije. Sedimenti flišnih naslaga mogu biti pokrenuti velikom energijom novih tokova, ili pak potresom, u obliku mutnih struja. Flišne naslage su u Republici Hrvatskoj rasprostranjene u jadranskom pojasu, a njihovo taloženje odvijalo se u paleogenu.

Na terenima izgrađenima od flišnih naslaga izraženi su egzogeodinamički procesi, odnosno trošenje, erozija površinskim otjecanjem vode te gravitacijski pokreti masa [2]. Površinska erozija i nastanak klizišta često su asocirani [3], pa se u jarugama nastalima linijskom erozijom mogu aktivirati brojna klizišta [4].

2.2 Proces erozije u flišnim naslagama

Erozija je egzogeni proces koji obuhvaća odvajanje, pokretanje i prijenos čestica posredstvom različitih agenasa (voda, vjetar, led) [1]. Trošenje stijena je značajan preduvjet eroziji, i najčešće joj prethodi. Erozija flišnih naslaga najčešće se odvija površinskim otjecanjem vode, koje podrazumijeva tri osnovna mehanizma: spiranje, brazdanje i jaružanje. Spiranje predstavlja plošnu eroziju, dok su brazdanje i jaružanje mehanizmi linijske erozije [3]. Proces erozije, neovisno o tipu erozije, odnosno agensu, završava taloženjem [1].

Pri izučavanju erozije, razlikuju se dva osnovna pojma: (i) erodibilnost, te (ii) erozivnost. Erodibilnost se odnosi na podložnost određenog geološkog materijala da njegove čestice budu

pokrenute i transportirane na određenu udaljenost posredstvom agensa [5], dok se erozivnost odnosi na potencijal određenog agensa da izazove eroziju [6].

Erodibilnost sedimentnih stijena u naslagama fliša je relativno niska. U flišnim predjelima Istre zapravo se odvija erozija tla, koje nastaje različitim procesima trošenja osnovne stijene [7].

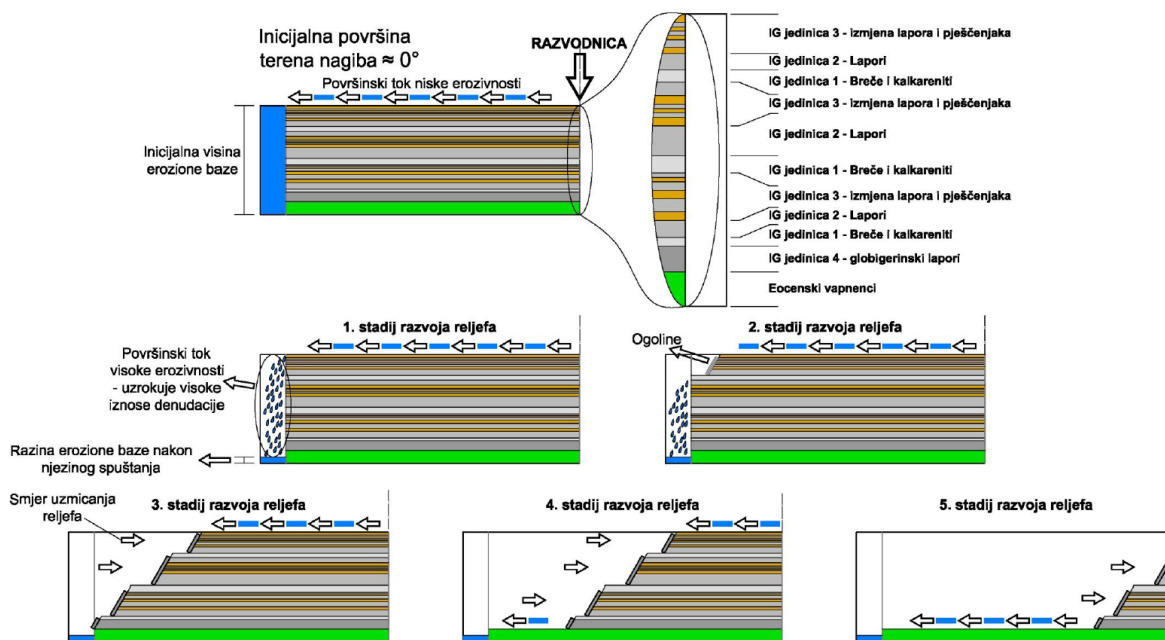
Najvažnije značajke tla u smislu erodibilnosti su mineralni i granulometrijski sastav jer izravno utječu na posmičnu i vlačnu čvrstoću tla, za koju se smatra da je najvažnija mjera erodibilnosti [7]. Osim toga, mineralni i granulometrijski sastav tla izravno utječu na količinu infiltracije koja kontrolira količinu površinskog otjecanja, a time i erozivnost. Tako, na primjer, tla koja sadrže visok postotak minerala glina i čestica dimenzija glina imaju niske vrijednosti erodibilnosti zato što ih karakterizira kohezija. Reljefni oblici svojom geometrijom izravno utječu na energiju vode kao erozivnog agensa, a time i na iznos erozije. Najvažnije geometrijske varijable nekog reljefa su dužina i nagib te oblik profila i tlocrta padina.

Različite slojeve sedimentnih stijena u flišnim naslagama karakteriziraju različite brzine trošenja [8]. Lapor je stijena koja je najviše podložna procesima trošenja, i troši se znatno brzo od pješčenjaka. Zbog heterogenog sastava fliša, odvija se tzv. diferencijalna erozija, čiju posljednicu predstavljaju rezistentni slojevi pješčenjaka relativno velike postojanosti koji "strše" između trošnijih intervala flišnih naslaga izgrađenih od lapora i prahovnjaka (slika 1). Relativno veliki pješčenjački blokovi sadržani u flišnim naslagama mogu biti potencijalno nestabilni, uslijed čega se pojavljuju odroni i osipavanja [7].



Slika 1 Izdanak flišnih naslaga u Istri [7]

Gulam (2012) je interpretirao razvoj reljefa na području središnje Istre [7], kako je prikazano na slici 2. Inicijalna površina terena je gotovo horizontalna. Spuštanjem erozijske baze (1. stadij razvoja reljefa) dolazi do velike razlike potencijala pa se na kontaktu naslaga i erozijske baze pojavljuje tok vrlo visoke erozivnosti. On uzrokuje i visoke iznose denudacije (općenito snižavanje razine terena). U 2. stadiju razvoja reljefa formiraju se jaruge, čija čela često karakteriziraju ogoline. Na promatranom terenu, one predstavljaju površine s najvećom produkcijom nanosa. Pješčenjake, breče i kalkarenite karakterizira relativno visoka čvrstoća, zbog čega čela jaruga imaju visoki nagib. Nepostojani lapori na strmo nagnutom terenu su izrazito podložni procesima spiranja pa se u dnu jaruge taloži erodirani materijal. Taj materijal je dalje erodiran koncentriranim površinskim tokom visoke energije. Proces se zaustavlja tek u 6. stadiju razvoja reljefa, kada je denudiran cijeli stup naslaga, odnosno kada ponovno dođe do podizanja erozijske baze.



Slika 2 Shematski prikaz razvoja reljefa na području središnje Istre [7]

2.3 Definicija i uvjeti nastanka ogolina

U znanstvenoj literaturi mogu se naći mnoge definicije ogolina. Zajedničko svim definicijama je da se pod pojmom "ogolina" podrazumijeva reljef bez ili s vrlo oskudnom vegetacijom, karakteriziran strmim nagibima padina te velikom gustoćom hidrografske mreže[6]. Na površini ogolina ponegdje može biti prisutan tanki sloj regolita. Na površinama ogolina vrlo su visoki iznosi erozije.

Najznačajniju ulogu u stvaranju ogolina imaju litološki sastav naslaga te klimatske značajke područja [7]. Ogoline se najčešće formiraju u slabo okamenjenim stijenama, kao što su lapori i šejlovi. Također mogu nastati na pjeskovitim konglomeratima s glinovitim matriksom, na pješčenjacima, ali i na pokrivaču nastalom trošenjem granita. Proces i vlaženja i sušenja predstavljaju jedan od važnijih procesa trošenja navedenih litoloških materijala, čega kao posljedica nastaje razlomljena površina materijala stijene.

Klima ima utjecaj na stvaranje i razvijanje ogolina u kraćem (inženjersko vrijeme) i dužem (geološkom vrijeme) vremenskom razdoblju. U kraćem vremenskom razdoblju su značajni ekstremni događaji poput kišne oluje koje formiraju vrlo brze površinske tokove, koji doprinose visokim iznosima erozije. Zatim na razvijanje ogolina utječe cikličko vlaženje i sušenje, proces insolacije i led koji se pojavljuje tijekom zimskog razdoblja.

Kod nastanka ogolina bitna je i vegetacija, odnosno njezin nedostatak. Ljudski utjecaj je također značajan za formiranje ili razvijanje ogolina, i to naročito u obliku uklanjanja vegetacijskog pokriva čime se bitno povećava erozija. Detalj ogoline u središnjoj Istri prikazan je na slici 3.



Slika 3 Ogolina u okolici Buzeta; preuzeto iz [7]

3. Područje istraživanja

3.1 Geografske značajke Istre

Istra je najveći hrvatski poluotok, smješten na sjevernom dijelu Jadrana. Obuhvaća površinu od 3.476 km². Najveći dio površine, (3.130 km², odnosno 90% površine), pripada Republici Hrvatskoj, dok se ostatak površine geografskog područja Istre nalazi u Sloveniji i Italiji. Dužina istarske obale, zajedno s otocima, iznosi 539 kilometara [9].

Klima u Istri je različita ovisno o predjelu. Sredozemna klima, prisutna duž obale, postupno se mijenja prema unutrašnjosti poluotoka i prelazi u kontinentalnu, zbog hladnog zraka koji struji s planina i zbog blizine Alpa. Količina padalina povećava se od zapadne obale prema unutrašnjosti. Karakteristični vjetrovi su bura, jugo i maestral. Bura puše od sjevera prema jugu i donosi suho i vedro vrijeme. Topli vjetar jugo donosi kišu, a blagi maestral puše ljeti s mora prema kopnu [9].

Prirodnu morfološku barijeru prema sjeveroistoku predstavljaju planine Učka i Čićarija [7]. Najviši je vrh Vojak (1396 m) [5]. Najznačajniji površinski vodotoci su Mirna, Raša, Boljunčica, Dragonja, te ponornica Pazinčica. Mirna je najduža istarska rijeka (53 km) koja izvire kod Buzeta i utječe u Jadransko more blizu Novigrada. U vodoopskrbnom smislu, značajnu funkciju imaju površinske akumulacije Butoniga i Boljunčica[9].

Jugozapadni dio Istre obilježen je slabo raščlanjenim reljefom, koji je uvjetovan vrlo slabo tektonski poremećenim te slabo erodibilnim karbonatnim stijenama jurske i kredne starosti [7]. Reljef središnjeg dijela Istre, koji je izgrađen pretežno od flišnih naslaga, ima umjereno raščlanjen reljef uslijed visoke podložnosti ovih naslaga egzogeodinamičkim procesima. Krajnji istočni dio Istre ima izrazito raščlanjen reljef, što je posljedica tektonske poremećenosti karbonatnih stijena kredne starosti na ovom području.

3.2 Geološka građa Istre

U geološkom smislu, Istra predstavlja ostatak nekadašnje Jadranske karbonatne platforme [10]. Poluotok se geološki dijeli u tri velike regije [1], s obzirom na osnovna obilježja geološke građe. To su (slika 4):

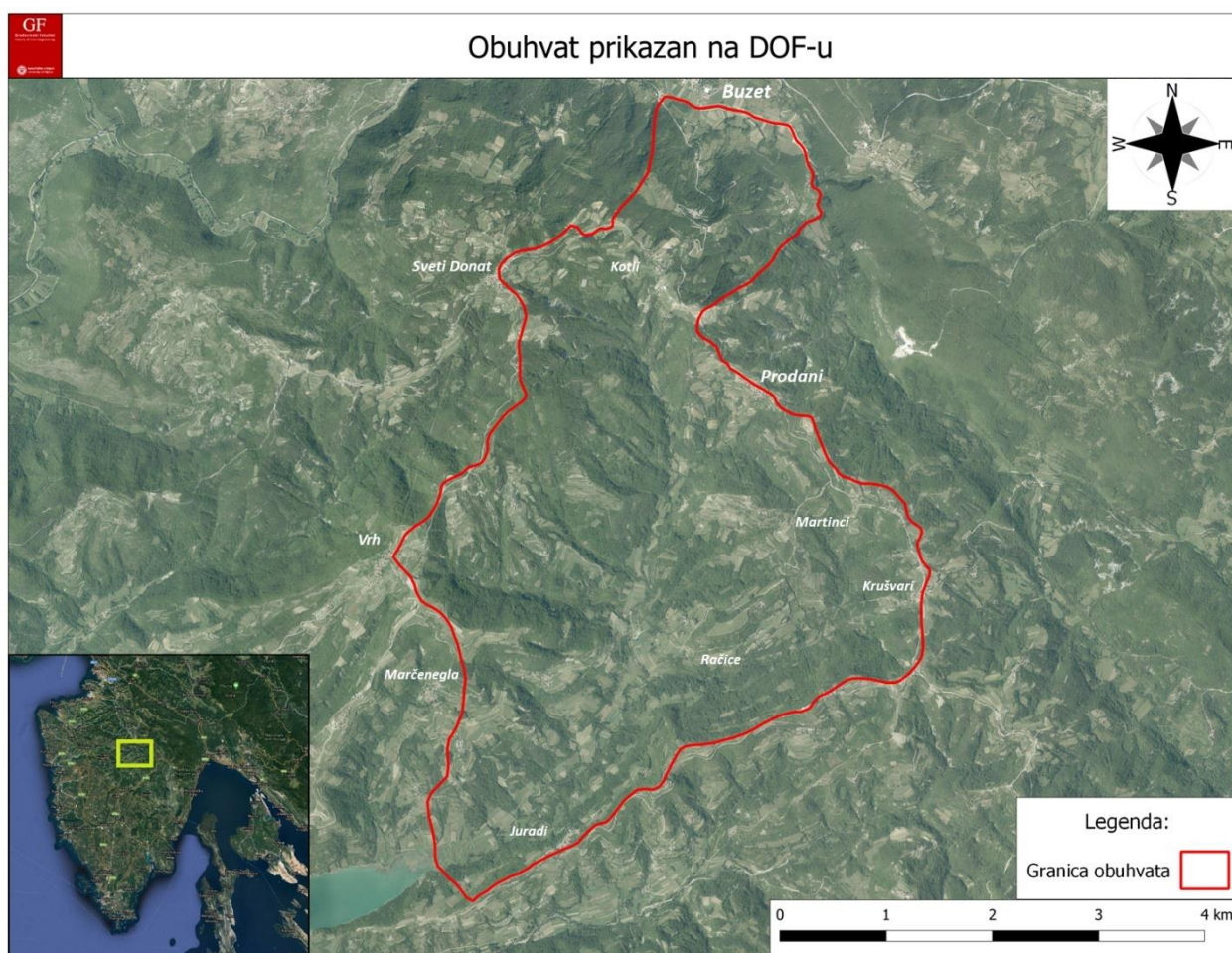
- 1) Bijela Istra, koja zauzima područje masiva Učke i Čićarije, a izgrađeno je pretežno od okršenih karbonatnih stijena kredne i eocenske starosti bije boje;
- 2) Siva Istra, koja zauzima središnji dio Istre, tzv. eocenski flišni bazen, a izgrađeno je od flišnih naslaga, u čijem sastavu prevladava stijena lapor karakteristične sive boje;
- 3) Crvena Istra, koja zauzima zaravnjeno područje južnog i zapadnog dijela poluotoka, a izgrađuju ga karbonatne stijene mezozoika i tercijara prekrivene debelim naslagama crvenice kvartarne starosti.



Slika 4 Geološka građa Istre [9]

3.3 Pilot područje na širem području grada Buzeta

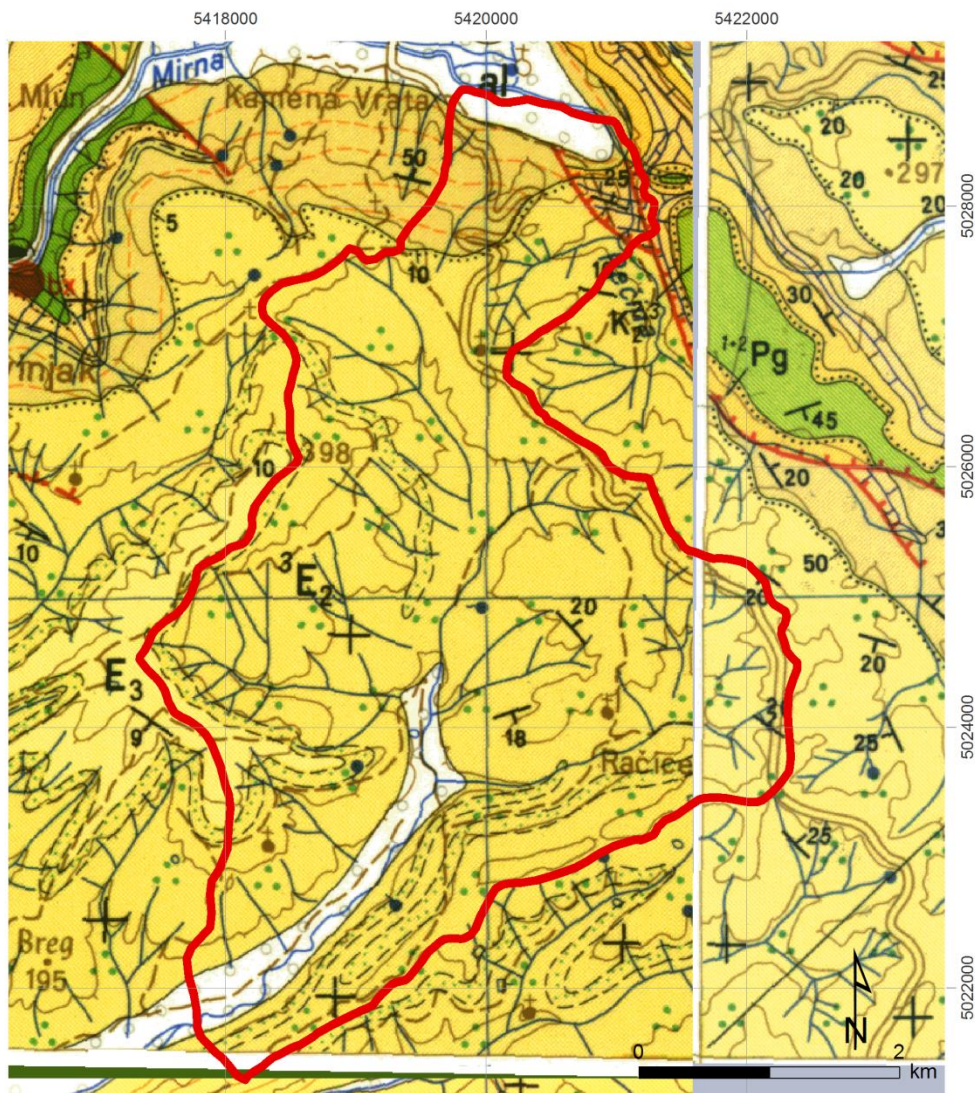
Pilot područje, smješteno na središnjem dijelu Istre, obuhvaća naselja Prodani, Krušvari, Juradi, Marčenegla, Vrh, Sveti Donat, akumulacijsko jezero Butoniga i rijeka Mirna pokraj Buzeta (slika 5). Opseg tog područja iznosi 22,95 km s površinom od 20 km².



Slika 5 Prikaz pilot područja

To područje sadrži dva površinska sliva [19] koja imaju granice kod naselja Kotli (slika 5); od Kotli prema jugozapadu je veći sliv koji preusmjerava oborine u akumulacijsko jezero Butoniga, dok ostatak sjeveroistočnog područja usmjerava oborine prema rijeci Mirni.

Geološka građa pilot područja je izgrađeno od flišnih naslaga, u čijem sastavu prevladavaju izmjene pješčenjaka i lapora sa i bez ulošcima konglomerata, breča i kalkarenita. Aluvijalne naslage smještene su neposredno uz korita rijeka i potoka.



Slika 6 Geološka građa na pilot području [11]. 1+2Pg – foraminiferski vapnenci; 2E3 – izmjena pješčenjaka i lapora s ulošcima konglomerata, breča i kalkarenita; E3 – izmjena lapora i pješčenjaka; al – aluvijalne naslage

3.4 Prethodna istraživanja ogolina u flišnim naslagama Istre

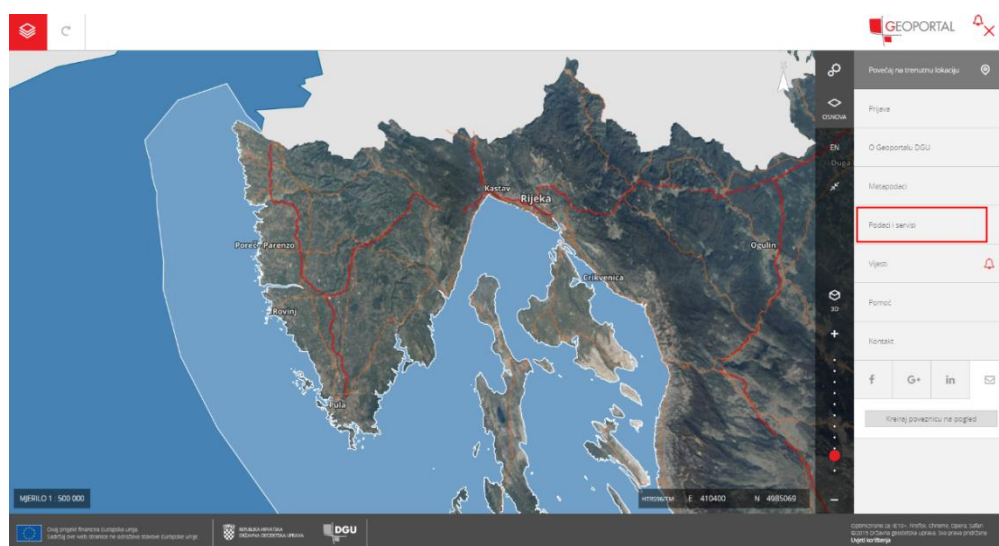
Najopsežnija istraživanja ogolina u flišnim naslagama Istre proveo je Gulam (2012), u okviru doktorskog istraživanja [7]. Za cijelo područje središnje Istre, približne površine 487 km², izrađen je inventar ogolina, koji sadrži 5568 poligona ogoljelih površina. Inventar je izrađen vizualnom interpretacijom Digitalne Ortofoto karte Hrvatske (DOF5), za koju je ustanovljeno da predstavlja vrlo dobru podlogu za identifikaciju i kartiranje ogolina u flišnim naslagama. S obzirom da su ogoljele površine u središnjoj Istri barem djelomično prekrivene vegetacijom, tijekom kartiranja su na temelju subjektivne procjene istraživača [7] izdvojene četiri kategorije ogolina, pri čemu je površina ogolina iz kategorije 1 bez vegetacije, dok je > 75 % površine ogoline iz kategorije 4 prekriveno vegetacijom.

Iako za istraživano pilot područje na širem području grada Buzeta postoji izrađen inventar ogolina [7], za potrebe izrade ovog završnog rada nisu bili dostupni podaci o ogolinama u digitalnom obliku. Iz tog je razloga izrađen inventar ogolina pilot područja na širem području grada Buzeta, također na temelju vizualne interpretacije Digitalne Ortofoto karte Hrvatske (DOF5). Na ovom pilot području je 2020. godine, u sklopu istraživačkog projekta Hrvatske zaklade za znanost "Razvoj metodologije procjene podložnosti na klizanje za planiranje namjene zemljišta primjenom LiDAR tehnologije" provedeno lasersko skeniranje iz zraka primjenom LiDAR (eng. Light Detection and Ranging) tehnologije [12]. Iz prikupljenih visinskih podataka biti će izrađen digitalni model reljefa (DMR) visoke rezolucije, s jednim od ciljeva izrade geomorfološkog povijesnog inventara klizišta [13]. S obzirom da procesi erozije, odnosno uklanjanje vegetacijskog pokrivača, predstavljaju jedan od najčešćih uzročnika klizanja [14], podaci o prostornoj raspodjeli ogolina prikupljeni tijekom izrade ovog završnog rada poslužit će utvrđivanju potencijalne veze između ogolina u flišnim naslagama i nastanka klizišta tijekom budućih istraživanja.

4. Materijali i metode

4.1 Primijenjene kartografske podloge

Za potrebe izrade ovog završnog rada provedena su daljinska istraživanja, primjenom metode vizualne interpretacije dostupnih kartografskih podloga. Za to su poslužile Digitalna Ortofoto karta u mjerilu M 1:5.000 (DOF) te Hrvatska Osnovna karta u mjerilu M 1:5.000 (HOK). Navedene kartografske podloge primijenjene u ovom radu preuzete su s internetske stranice Geoportala Državne geodetske uprave [15], čiji je detalj izgleda prikazan na slici 7.

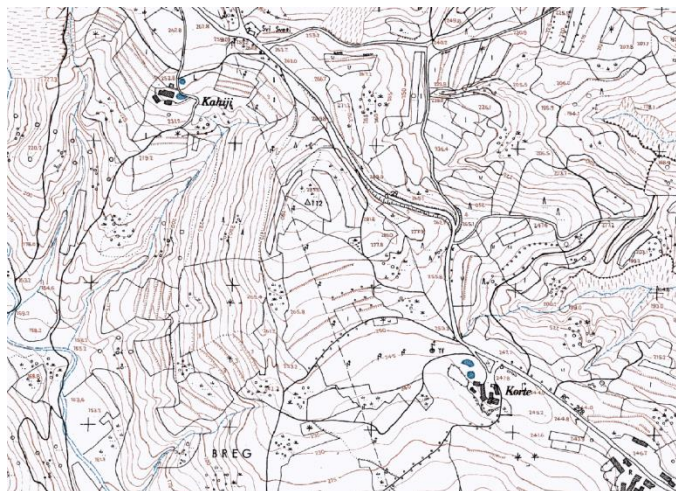


Slika 7 Detalj izgleda internetske stranice GEOPORTAL Državne geodetske uprave [15]

4.1.1. Hrvatska osnovna karta u mjerilu M:1.5000

Hrvatska osnovna karta (HOK) je osnovna službena državna karta i izrađuje se u mjerilu 1:5000 [15]. Službena državna karta kodirana je slika prirodnih i izgrađenih objekata zemljine površine koja se izrađuje za cjelokupno područje Republike Hrvatske. Detalj izgleda HOK-a prikazan je na slici 8. Cijeli teritorij Republike Hrvatske prekriven je s 9802 lista HOK-a. Površina jednog lista obuhvaća područje površine 675 ha. Osnovni izvornik za izradu HOK-a je aerofotogrametrijsko snimanje krupnijeg mjerila, a podaci na karti su prikazani s minimalnim stupnjem generalizacije [3].

HOK ima vrlo široku primjenu, od poslova detaljnog prostornog planiranja, idejnog planiranja i projektiranja infrastrukturnih objekata, zatim u stručnoj uporabi u javnom i privatnom upravljanju, planiranju i održavanju, akcijama spašavanja, u turističke i rekreativne svrhe i sl. [15].



Slika 8 Detalj izgleda Hrvatske osnovne karte (HOK5) u mjerilu 1:5.000

4.1.2. Digitalna ortofoto karta u mjerilu M 1:5.000

Digitalna ortofoto karta (DOF5) je također službena državna karta, izrađena u mjerilu 1:5000 za cijeli teritorij Republike Hrvatske [15]. Ortofoto karta je list karte sastavljen od jedne ili više ortofoto snimki jedinstvenog mjerila s nanesenom pravokutnom koordinatnom mrežom, odgovarajućim kartografskim znacima i nadopunjen izvan okvirnim podacima.

Teritorij Republike Hrvatske prekriven je s ukupno 10 945 listova DOF5. Površina jednog lista obuhvaća područje od 600 ha. Izrada DOF5 se temelji na aerofotogrametrijskim snimkama snimljene prema odgovarajućim Tehničkim specifikacijama proizvoda[15]. Detalj izgleda DOF-a prikazan je na slici 9.

DOF5 koristi se pretežno za različite administrativne svrhe, a naročito za potrebe urbanog i ruralnog planiranja [15].

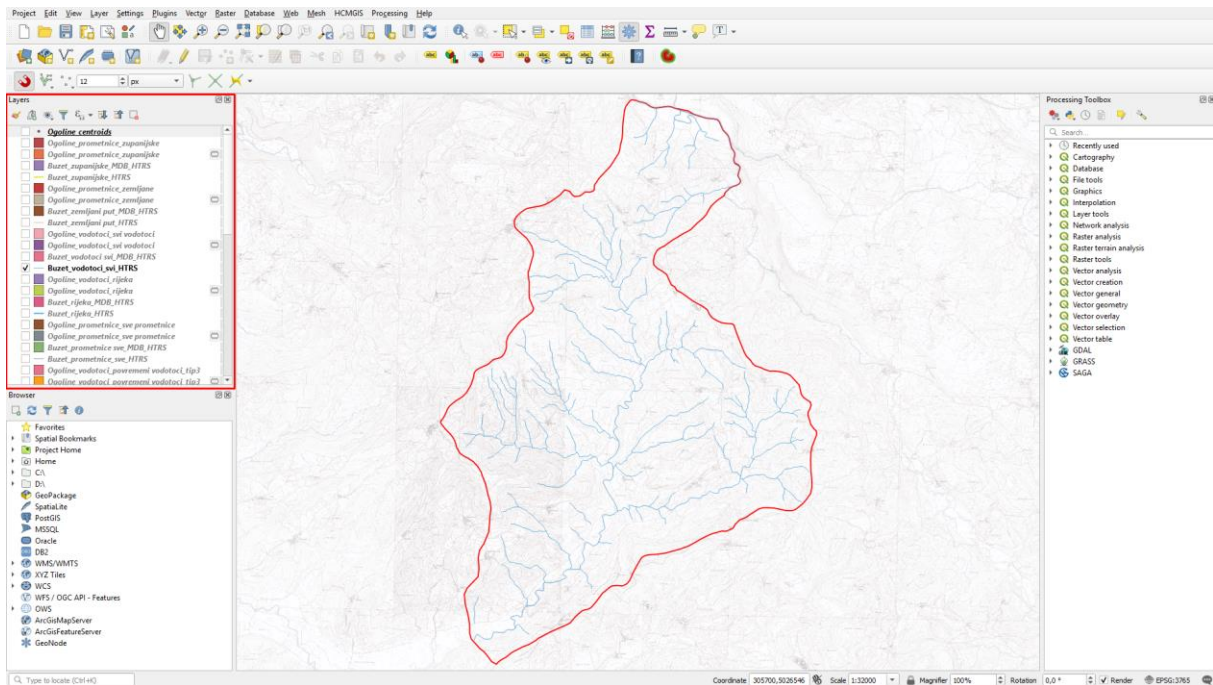


Slika 9 Detalj izgleda Digitalne ortofoto karte DOF5 u mjerilu 1:5.000

4.2 Vizualna interpretacija primijenjenih kartografskih podloga

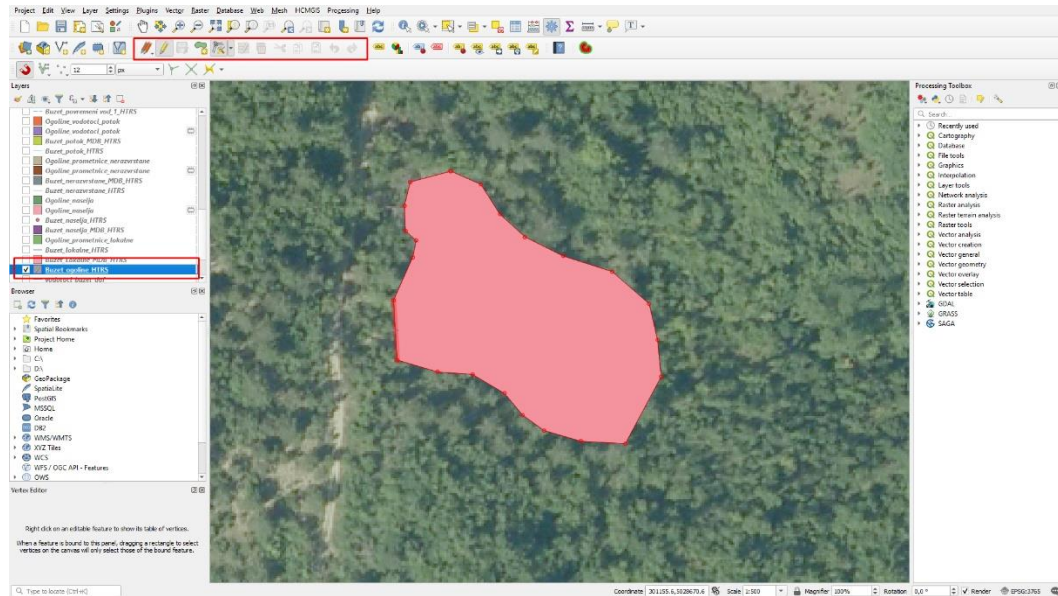
Vizualna interpretacija je metoda daljinskog istraživanja prilikom kojih istraživač okom opaža fenomene koji su od interesa istraživanja na određenoj kartografskoj/slikovnoj podlozi [3]. Uspješnost primjene ove metode značajno ovisi o dva faktora: (i) kvaliteti i rezoluciji primijenjene kartografske, odnosno slikovne podloge, te (ii) treniranosti, vještini i iskustvu istraživača. Zbog posljednjeg je metoda u pravilu subjektivna [13].

U ovom radu su vizualno interpretirane HOK5 i DOF5 kartografske podloge s ciljem izrade inventara ogolina, inventara prometnica i inventara vodotoka na pilot području na širem području grada Buzeta u Istri. Svi rezultati su ostvareni ručnom digitalizacijom primjenom QGIS softvera i alata [16]. Detalj grafičkog sučelja u radnom QGIS dokumentu, s tipovima podataka, prikazan je na slici 10.



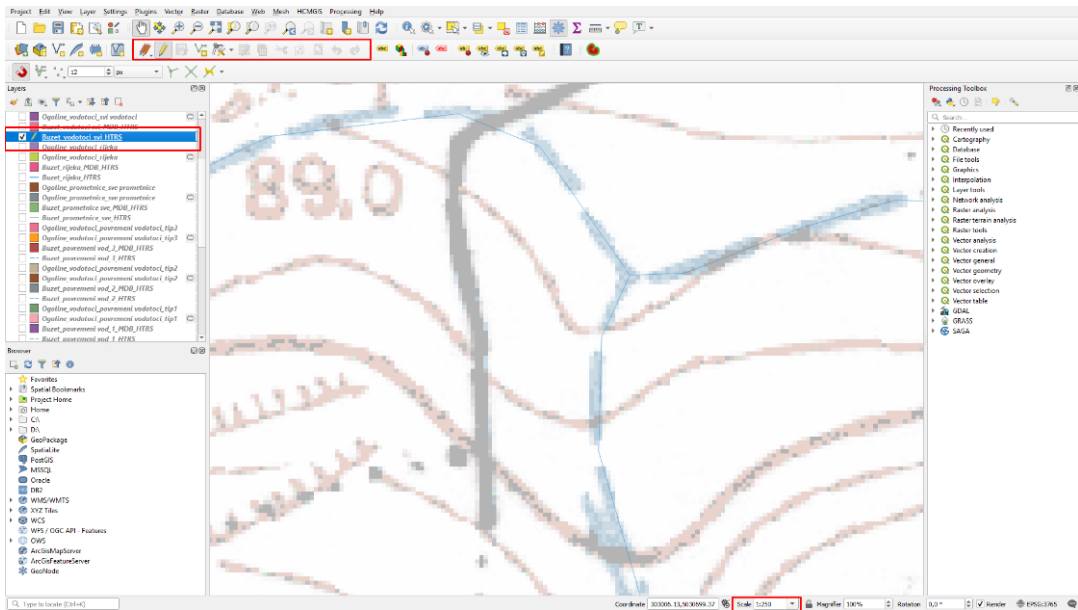
Slika 10 Detalj radnog dokumenta u QGIS-u, s istaknutim tipovima podataka

Ogoline su iscrtane ručno u obliku poligona, na temelju vizualne interpretacije DOF-a. Kartiranje ogolina je provedeno u rasponu mjerila 1:125 – 1:500, ovisno o veličinama ogolina. Primjer iscrtanog poligona ogoline na DOF-u prikazan je na slici 11. Svakoj ogolini su nakon iscrtavanja dodijeljena dva atributa: (i) oblik, i (ii) površina. Površina je izračunata automatski primjenom QGIS alata.



Slika 11 Primjer iscrtanog poligona ogoлина na pilot području vizualnom interpretacijom DOF-a

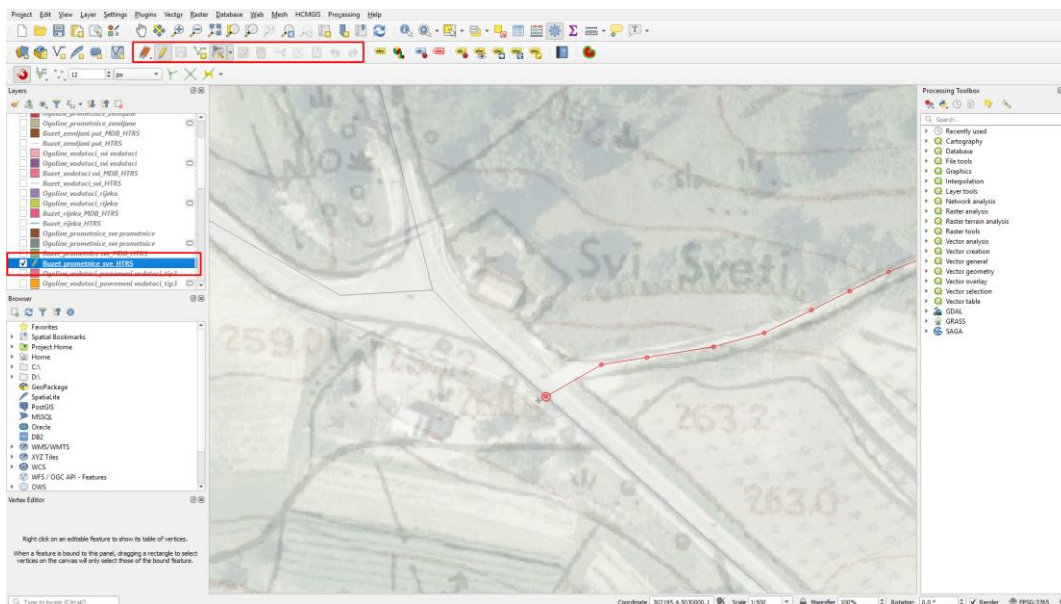
Vodotoci su iscrtani ručno u obliku linija, na temelju vizualne interpretacije HOK-a (slika 12). Kartiranje je provedeno u rasponu mjerila 1:125 – 1:500. Nakon provedene digitalizacije, vodotoci su klasificirani kao stalni ili povremeni, odnosno dodijeljen im je Strahlerov broj [17].



Slika 12 Kartiranje vodotoka na HOK5 u mjerilu 1:250

Prometnice su iscrtane ručno u obliku linija, vizualnom interpretacijom HOK-a u prozirnosti 50 % povrh DOF5-a (slika 13). Kartiranje je provedeno u rasponu mjerila 1:1000-1:500.

Prometnice su kategorizirane prema Pravilniku o osnovnim uvjetima javnih cesta izvan naselja [18], kao županijske, lokalne i nerazvrstane ceste te zemljani putovi.



Slika 13 Primjer kartiranja prometnica na pilot području vizualnom interpretacijom kombinirane HOK i DOF podloge u mjerilu 1:500. Prozirnost HOK-a je 50 %

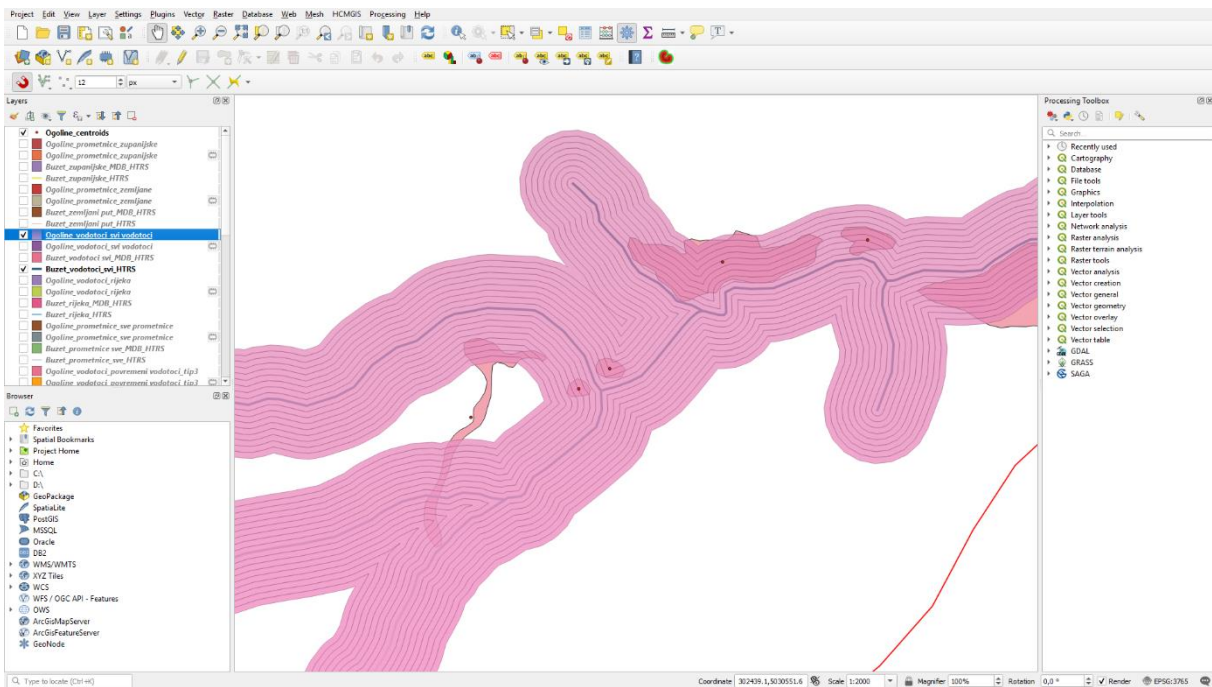
4.3 Prostorna analiza

Prostorna analiza je provedena u svrhu utvrđivanja odnosa između ogolina formiranih u flišnim naslagama na pilot području i vodotoka, odnosno odnosa između ogolina i prometnica. Provedena je primjenom alata računalnog softvera QGIS [16].

Za provođenje prostorne analize odnosa ogolina, i prometnica i vodotoka, najprije je bilo potrebno podatke o ogolinama iscrtane u obliku poligona pretvoriti u točkaste podatke. To je provedeno primjenom alata *Geometry tools* u QGIS-u. Potrebno je naglasiti da se ovim postupkom kreira točka u središtu iscrtanog poligona; dakle, ogolina prikazana točkom zapravo predstavlja

njezino središte. Ova činjenica je naročito važna kada se razmatraju prostorni odnosi između ogolina i vodotoka, odnosno ogolina i prometnica.

Analiza odnosa ogolina s prometnicama i vodotocima zasnivala se na analizi udaljenosti pojedinih kategorija vodotoka, odnosno prometnica od ogolina, za čiju je namjenu korišten alat *Multiple distance buffer* (slika 14). Ovim alatom generiraju se zone jednake širine oko zadanog elementa (npr., linije vodotoka reda 1), koje će obuhvatiti određeni broj točaka ogolina na pilot području. Za potrebe prostorne analize u ovom radu, generirano je 9 zona oko prometnica i vodotoka, širine 5 metara. Broj ogolina unutar pojedine zone oko vodotoka ili prometnica utvrđen je primjenom alata *Count points*. Dobiveni rezultati prostorne analize statistički su obrađeni u Excelu.



Slika 14 Prikaz provođenja prostorne primjenom QGIS alata *Multi-distance buffer* na primjeru analize odnosa ogolina i vodotoka

5. Rezultati

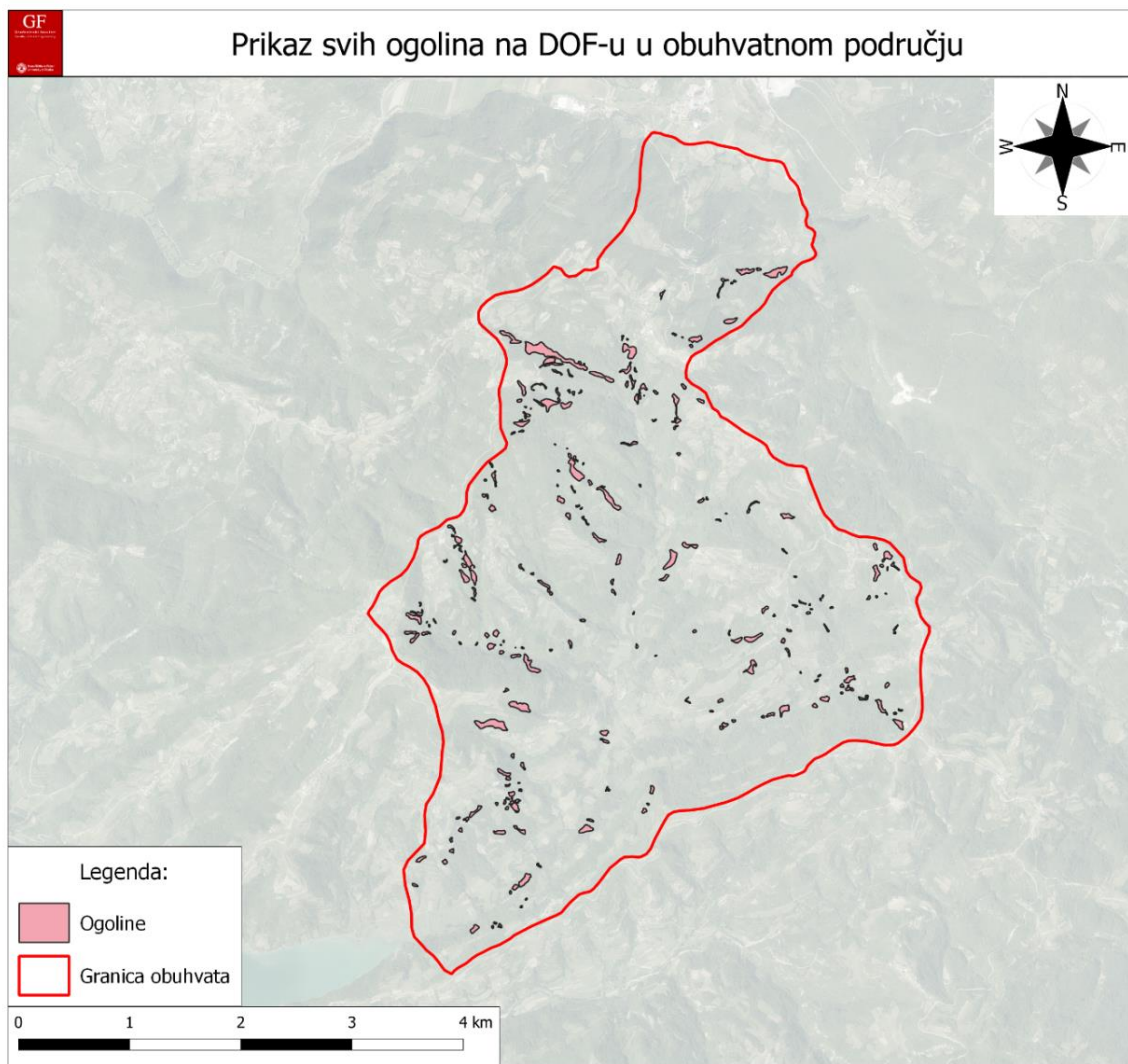
U nastavku su prikazani rezultati istraživanja. Izrađen je inventar ogolina na pilot području veličine 20 km² u okolici grada Buzeta, zatim inventar vodotoka te inventar prometnica. Na temelju istih utvrđen je prostorni odnos ogolina i prometnica, kao i prostorni odnos ogolina i vodotoka.

5.1 Inventar ogolina na pilot području

Inventar ogolina (slika 15) prikazuje lokacije svih ogolina u flišnim naslagama identificiranih i kartiranih na temelju vizualne interpretacije DOF5 snimaka. Inventar ogolina na širem području grada Buzeta sadrži 259 ogolina. Njihova ukupna površina iznosi 0,431 km² (tablica 1) što čini 2,15% površine istraživanog pilot područja. Površina najmanje ogoline je 21 m², a površina najveće ogoline je 31 807 m². Međutim, 75 % identificiranih ogolina ima površinu < 1 857 m².

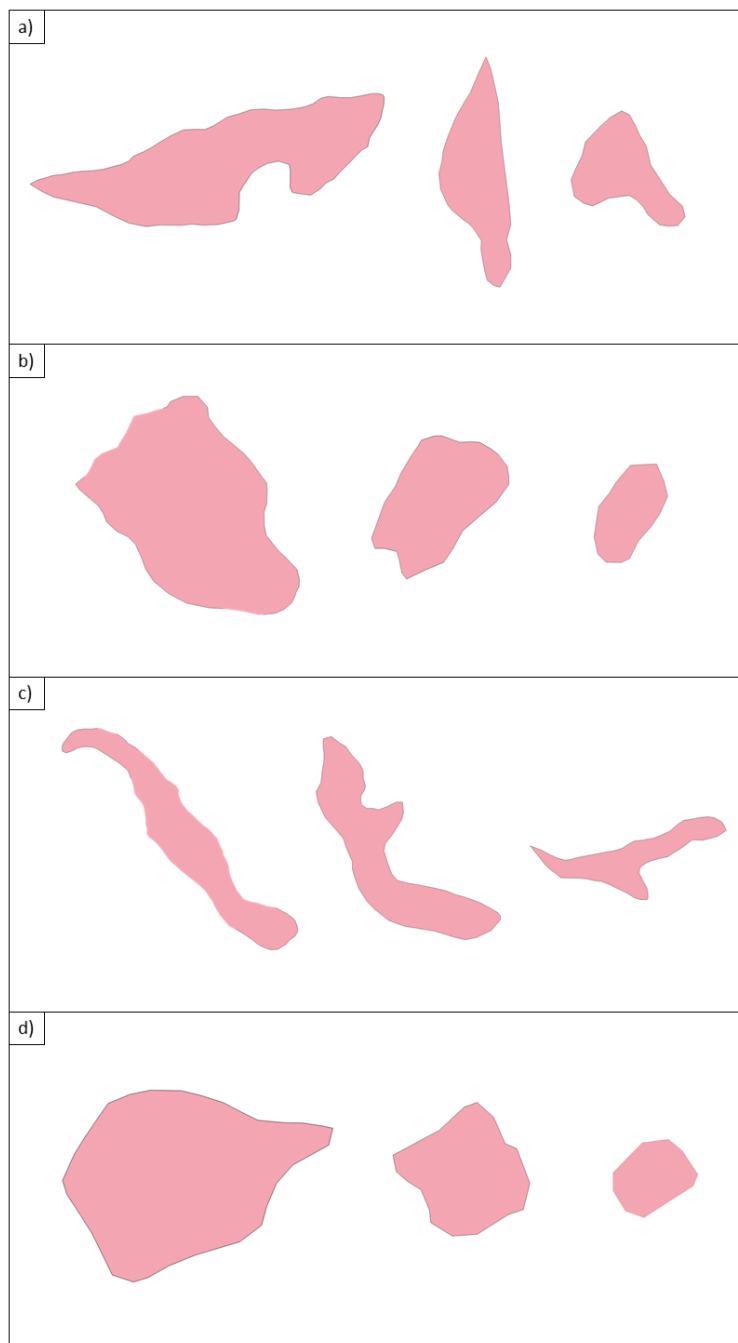
Tablica 1 Deskriptivna statistika površina ogolina u flišnim naslagama pilot područja

Broj ogolina	A _{Tot} [m ²]	A _{Avg} [m ²]	A _{Min} [m ²]	A _{Q1} [m ²]	A _{Q2} [m ²]	A _{Q3} [m ²]	A _{Max} [m ²]
259	431 124	1 664,57	21	360	727	1 857	31 807



Slika 15 Inventar ogolina u flišnim naslagama na širem području grada Buzeta, izrađen vizualnom interpretacijom DOF-a.

Karakteristični oblici ogolina u flišnim naslagama na pilot području prikazani su na slici 16. Mogu se razlikovati: (a) oblici polumjeseca (slika 16a), (b) ovalni oblici (slika 16b), (c) izduženi oblici (slika 16c) te (d) kružni oblici (slika 16d). Broj identificiranih ogolina određenog karakterističnog oblika prikazan je u tablici 2. Na temelju podataka u tablici, proizlazi da najviše ogolina ima oblika polumjeseca, dok je gotovo podjednak broj ovalnih i izduženih ogolina. Najmanje utvrđenih ogolina ima kružni oblik.



Slika 16 Primjeri karakterističnih oblika ogolina u flišnim naslagama na pilot području: (a) oblici polumjeseca; (b) ovalni oblici; (c) izduženi oblici te (d) kružni oblici.

Tablica 2 Broj ogolina u flišnim naslagama s obzirom na karakteristični oblik

Karakteristični oblik ogolina u flišnim naslagama na pilot području	Broj ogolina karakterističnog oblika
Polumjesec	83
Ovalni	75
Izduženi	73
Kružni	28

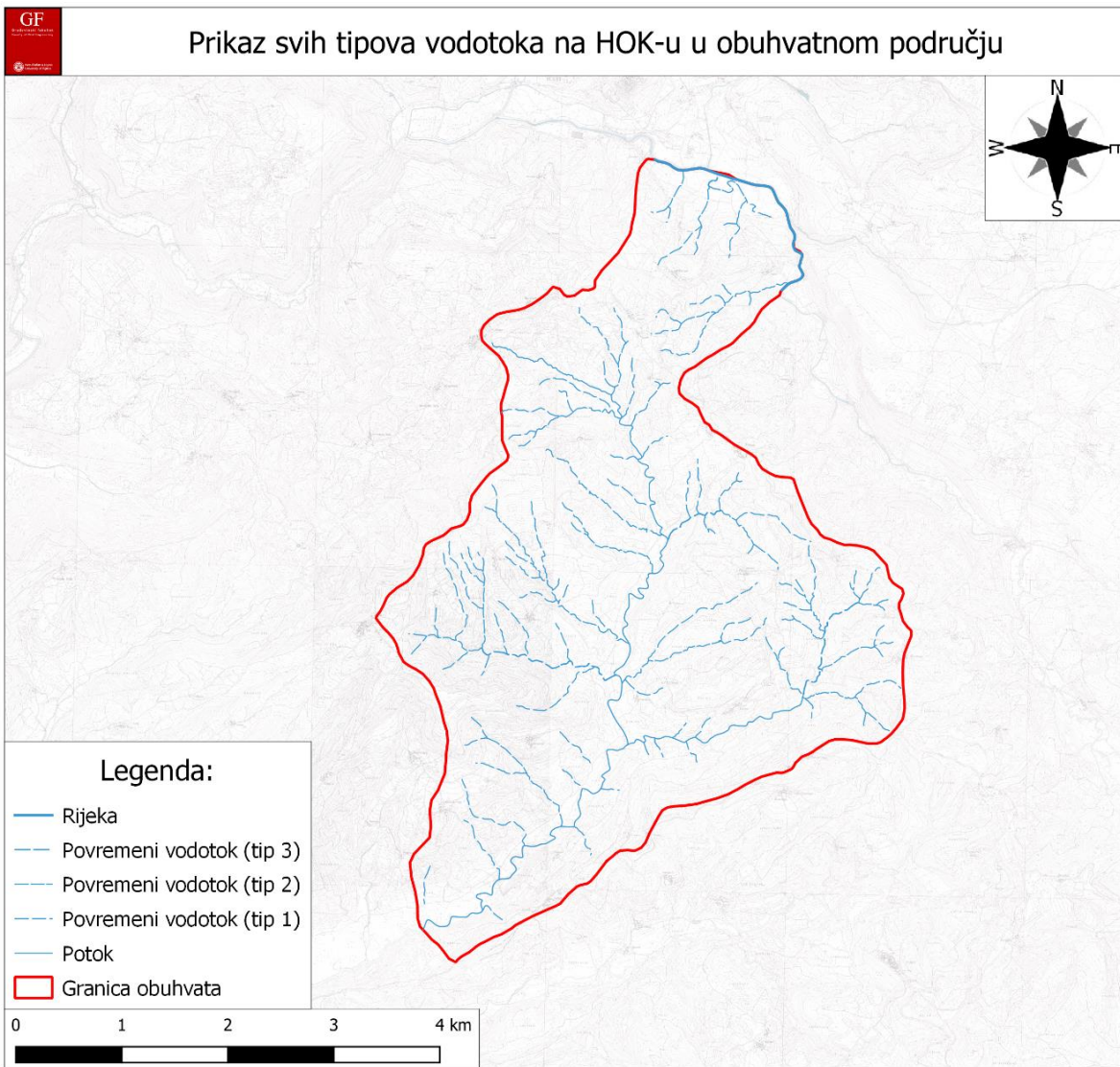
5.2 Vodotoci na pilot području

Inventar vodotoka (slika 17) prikazuje lokacije vodotoka svih kategorija koji su iscrtani vizualnom interpretacijom HOK-a. Na pilot području iscertano je ukupno 133 vodotoka. Među njima se razlikuju jedna rijeka, dva značajnija potoka te 130 povremenih vodotoka koji se formiraju u jarugama tijekom intenzivnih ili dugotrajnih kišnih događaja. S obzirom na kategorizaciju vodotoka prema Strahleru [17], na pilot području 103 povremena vodotoka predstavljaju tokove 1. reda, 23 vodotoka predstavljaju vodotoke 2. reda, a četiri vodotoka predstavljaju vodotoke 3. reda. Ukupna duljina svih vodotoka na pilot području je približno 70 km.

Duljine potoka iznose 5,9 km te 5,7 km. Ukupna duljina povremenih vodotoka je 55,66 km (tablica 3). Najveću prosječnu duljinu imaju povremeni vodotoci 3. reda. Najmanja duljina povremenog vodotoka 1. reda iznosi svega 27 m.

Tablica 3 Deskriptivna statistika povremenih vodotoka

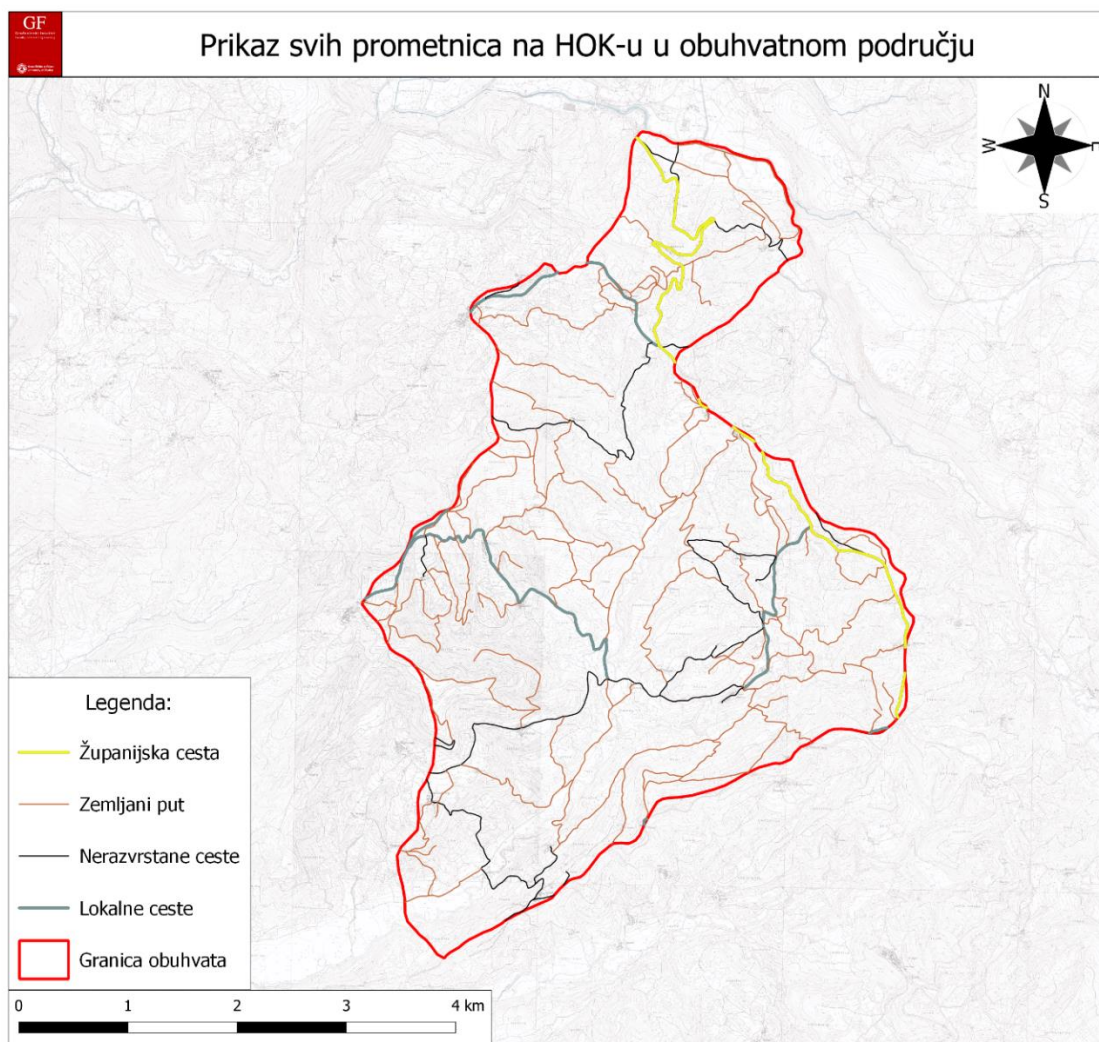
Tip povremenog vodotoka prema Strahleru [17]	Broj povremenih vodotoka	L_{Tot} [m]	L_{Avg} [m]	L_{Min} [m]	L_{Max} [m]
1	103	36 843	357,7	27	1 596
2	23	15 218	661,65	144	2 056
3	4	3 599	899,75	178	1 546
Svi povremeni vodotoci	130	55 660	428,15	27	2 056



Slika 17 Karta vodotoka na pilot području

5.3 Prometnice na pilot području

Prometnice iscrtane na pilot području prikazane su na slici 17. Ukupna duljina svih prometnica je 103,7 km.



Slika 18 Karta prometnica na pilot području

Na pilot području nalazi se jedna županijska cesta duljine oko 7 km. Lokalnih cesta je 7, ukupne duljine nešto više od 8 km. Prosječna duljina lokalne ceste je 1,23 km. Nerazvrstanih cesta je ukupno 20, čija je ukupna duljina oko 18 km. Prosječna duljina nerazvrstanih prometnica iznosi 906,6 m. Najviše je zemljanih puteva, njih 99, s ukupnom duljinom oko 70 km. Prosječna duljina zemljanog puta iznosi 704,2 m.

5.4 Prostorni odnos između ogolina i vodotoka

Prostorni odnos između ogolina u flišnim naslagama i vodotoka na pilot području prikazan je na slici 19. Uočava se da je najviše ogolina oblikovano oko površinskih vodotoka 1. reda, i to na udaljenosti od oko 20 metara. S povećanjem udaljenosti od vodotoka, opada broj pojava ogolina. Oko vodotoka 2. reda ustanovljeno je osam do devet ogolina formiranih u zonama udaljenosti do 25 metara.

Tablica 4 Broj ogolina u ovisnosti o tipu vodotoka i apsolutne udaljenosti u metrima

Apsolutna udaljenost između vodotoka i središta ogolina [m]	5	10	15	20	25	30	35	40	45
Potok	0	1	1	3	4	1	0	0	2
Vodotok 1. reda	4	18	12	17	23	10	8	11	6
Vodotok 2. reda	0	9	2	8	9	4	5	4	3
Vodotok 3. reda	0	1	0	6	0	2	0	1	0

5.5 Prostorni odnos između ogolina i prometnica

Prostorni odnos između ogolina u flišnim naslagama i vodotoka na pilot području prikazan je na slici 20. Iz slike je vidljivo da se najviše ogolina nalazi oko zemljanih putova. Najviše ogolina je smješteno u zoni udaljenosti od 30-35 m od zemljanih putova. Određeni broj ogolina nalazi se i na udaljenostima od 25 do 45 m od nerazvrstanih prometnica. Ukupno tri ogoline su udaljene između 20 i 30 metara od županijske ceste.

Tablica 5 Broj ogolina u ovisnosti o tipu prometnica i apsolutne udaljenosti u metrima

Apsolutna udaljenost između prometnica i središta ogolina [m]	5	10	15	20	25	30	35	40	45
Županijske ceste	0	0	0	1	1	1	0	0	0
Lokalne ceste	1	0	0	0	1	1	0	0	1
Nerazvrstane ceste	0	0	0	0	3	4	1	1	2
Zemljani put	2	9	7	9	6	6	13	6	5

6. Diskusija i zaključak

Za potrebe ovog rada provedena je vizualna interpretacija kartografskih podloga HOK i DOF, s ciljem izrade inventara ogolina na pilot području u široj okolici grada Buzeta površine 20 km², te analize prostorne raspodjele ogolina i vodotoka te prometnica.

Na istraženom pilot području identificirano je ukupno 259 ogolina, koje zauzimaju oko 2 % ukupne površine pilot područja. Kvalitativnom analizom inventara ogolina utvrđeno je da su za veće ogoline karakteristični pretežno izduženi oblici te oblici polumjeseca/kombinirani, dok su najmanje ogoline pretežno okruglog oblika.

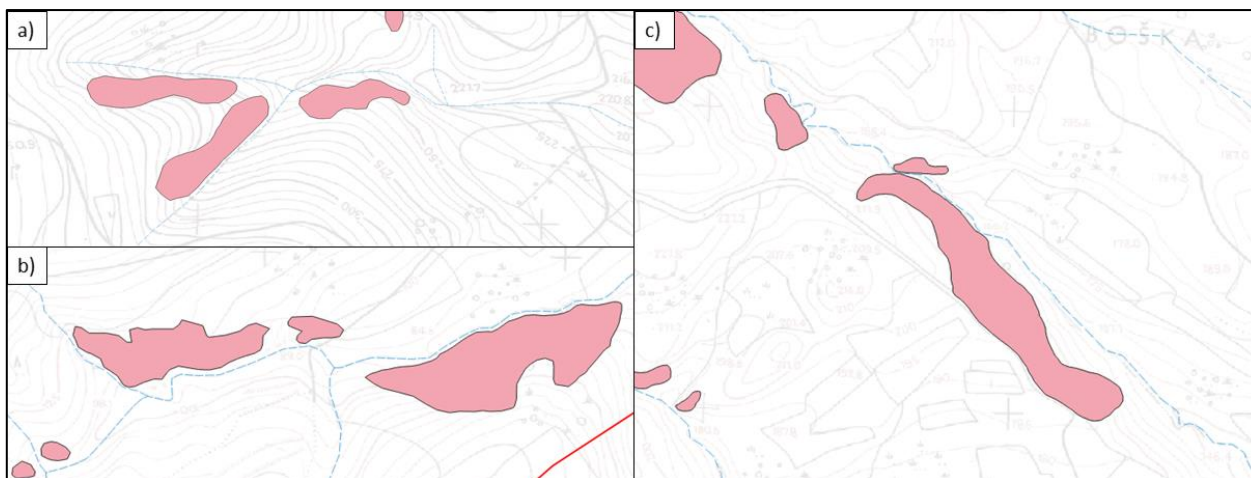
Kao što je utvrđeno i prethodnim istraživanjem ogolina u flišnim naslagama Istre [2], najveći broj ogolina formiran je oko vodotoka najnižeg reda. Iz navedenog prethodnog istraživanja poznato je da se ogoline formiraju u bokovima jaruga poprečnog presjeka V-oblika, a da uglavnom izostaju u bokovima jaruga čiji je poprečni presjek U-oblika. Orijehtacija slojevitosti flišnih naslaga izravno utječe na lokacije formiranja ogolina u bokovima jaruga.

U ovom radu ustanovljeno je da je većina ogolina smještena u zoni udaljenosti između 20 i 25 metara od vodotoka prvog reda. Međutim, prilikom interpretacije rezultata prostorne analize je potrebno imati na umu da su analizirani točkasti podaci koji predstavljaju središte poligona ogoline, što znači da su zapravo razmatrane udaljenosti središta ogolina od linija vodotoka ili prometnica. Navedeno je prikazano na slici 19, na kojoj se uočava zapravo mala udaljenost rubova ogolina od linije povremenog vodotoka. Jednako vrijedi i za analizu udaljenosti ogolina i prometnica, kojom je ustanovljeno da se najviše ogolina na pilot području nalazi u blizini zemljanih putova. Prema dobivenim podacima, to su pretežno udaljenosti do 25 metara.

S obzirom na navedeno, proizlazi da je jedan od glavnih nedostataka provedene prostorne analize upravo činjenica da je zapravo analizirana udaljenost središta ogoline od određenog linijskog elementa. Točnost rezultata prostorne analize ovisi i o obliku ogolina jer će središte, na primjer, izdužene ogoline pružanja paralelnog s linijom vodotoka zapravo biti bliže vodotoku nego središte okrugle ili ovalne ogoline. Drugo ograničenje istraživanja proizlazi iz iskustva istraživača, ali i kvalitete, odnosno prostorne rezolucije DOF-a, na kojemu se, primjerice, manje ogoljele površine

koje zapravo predstavljaju glavne pukotine većih klizišta, lako mogu zamijeniti za ogoline. Osim toga, pogreška se može dogoditi prilikom utvrđivanja oblika i površina ogolina koje su djelomično ili znatno prekrivene vegetacijom, zbog slabije razlučivosti njihovih granica na interpretiranoj DOF podlozi. Nekoliko ogolina se nalazi u blizini važnijih prometnica te bi terenski trebalo provjeriti ogoline i ustanoviti ugrožavaju li izravno prometnicu. Zbog toga je tijekom budućih istraživanja neophodno provesti terensku verifikaciju rezultata daljinskih istraživanja, posebice manjih ogolina zaobljenog oblika (oblika polumjeseca), kako bi se ustanovilo ne predstavljaju li potencijalno elemente klizišta. Prostornu analizu ogolina i vodotoka te prometnica bilo bi korisno provesti i na temelju drugačije definiranih točkastih podataka, pri čemu bi se točkom prikazala najmanja udaljenost ruba ogoline od promatranog linijskog elementa.

Kvalitativnom ocjenom utvrđenog broja ogolina te broja iscrtanih vodotoka može se zaključiti da su flišne naslage na pilot području podložne procesima erozije. Podaci prikupljeni u okviru ovog rada primijenit će se prilikom budućih istraživanja erozijskih oblika s prirodnim i antropogenim elementima istraživanog područja, kao i za prostornu analizu odnosa erozijskih oblika i utvrđenih pojava klizišta.



Slika 19 Detaljni prikaz ogolina u odnosu na povremene vodotoke

Literatura

- [1] Benac, Č. (2016): Rječnik pojmova u općoj i primijenjenoj geologiji. Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet (on-line izdanje)
- [2] Gulam, V., Pollak, D., Podolszki, L. (2014): The analysis of the flysch badlands inventory in central Istria, Croatia. *Geologia Croatica*, 67(1), 1-15.
- [3] Đomlija, P. (2018): Identifikacija i klasifikacija klizišta i erozije vizualnom interpretacijom digitalnoga modela reljefa Vinodolske udoline. Doktorski rad, Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb.
- [4] Jagodnik, P., Jagodnik, V., Arbanas, Ž., Mihalić Arbanas, S. (2020): Landslide types in the Slani Potok gully. *Geologia Croatica*, 73(1), 13-28.
- [5] Bates, R. L., Jackson, J. A. (1987): *Glossary of geology*. American Geological Institute, Alexandria, Virginia, 1987.
- [6] Kearey, P. (2001): *The new penguin dictionary of geology*. Penguin group, London.
- [7] Gulam, V. (2012): Erozija ogolina u flišu Istre. Doktorski rad, Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb.
- [8] Vivoda Prodan, M. (2016): Utjecaj trošenja na rezidualnu posmičnu čvrstoću sitnozrnastih litoloških članova fliša. Doktorski rad, Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet, Rijeka.
- [9] Geografske značajke Istre (<http://www.istra-istria.hr/index.php?id=263>)
- [10] Velić, I., Tišljarić, J., Vlahović, I., Matičec, D., Bergant, S. (2003): Evolution of Istrian Part of the Adriatic Carbonate Platform from the Middle Jurassic to the Santonian and Formation of the Flysch Basin During the Eocene: Main Events and Regional Comparison. Field trip guidebook, 22nd IAS Meeting of sedimentology, Opatija.
- [11] Pleničar, M., Polšak, A., Šikić, D. (1965): Osnovna geološka karta SFRJ M 1:000 000, list Trst. Geološki zavod Ljubljana, Institut za geološka istraživanja, Zagreb.

[12] Wehr, A., Lohr, U. (1999): Airborne laser scanning - an introduction and overview. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 54(2-3), 68-82.

[13] Guzzetti, F., Mondini, A. C., Cardinali, M., Fiorucci, F., Santangelo, M., Chang, K. T. (2012): Landslide inventory maps: new tools for an old problem. Earth-Science Reviews, 112, 42-66.

[14] Popescu, M. E. (2002): Landslide causal factors and landslide remedial options. Proceedings of 3rd international conference on landslides, slope stability and safety of Infrastructures, Singapore, 61-81.

[15] Internetska stranica GEOPORTAL (<https://geoportal.dgu.hr/>)

[16] QGIS Tutorials and Tips. www.qgistutorials.com

[17] Strahler, A. N. (1957): A Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology. Transactions of the American Geophysical Union, 38(6), 913-920.

[18] NN110/01 (<http://www.propisi.hr/print.php?id=7519>)

[19] R. Žugaj (2015): Hidrologija. Sveučilišni udžbenik, Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb.

Popis tablica

Tablica 1 Deskriptivna statistika površina ogolina u flišnim naslagama pilot područja 19

Tablica 2 Broj ogolina u flišnim naslagama s obzirom na karakteristični oblik 22

Tablica 3 Deskriptivna statistika povremenih vodotoka 22

Tablica 4 Broj ogolina u ovisnosti o tipu vodotoka i apsolutne udaljenosti u metrima 25

Tablica 5 Broj ogolina u ovisnosti o tipu prometnica i apsolutne udaljenosti u metrima 26

Popis slika

Slika 1 Izdanak flišnih naslaga u Istri [7]	4
Slika 2 Shematski prikaz razvoja reljefa na području središnje Istre [7]	5
Slika 3 Ogolina u okolici Buzeta; preuzeto iz [7]	6
Slika 4 Geološka građa Istre [9]	8
Slika 5 Digitalna ortofoto karta pilot područja	9
Slika 6 Geološka građa na pilot području [11]. 1+2Pg – foraminiferski vapnenci; 2E3 – izmjena pješčenjaka i lapora s ulošcima konglomerata, breča i kalkarenita; E3 – izmjena lapora i pješčenjaka; al – aluvijalne naslage.....	10
Slika 7 Detalj izgleda internetske stranice GEOPORTAL Državne geodetske uprave [15].....	12
Slika 8 Detalj izgleda Hrvatske osnovne karte (HOK5) u mjerilu 1:5.000	13
Slika 9 Detalj izgleda Digitalne ortofoto karte DOF5 u mjerilu 1:5.000	14
Slika 10 Detalj radnog dokumenta u QGIS-u, s istaknutim tipovima podataka.....	15
Slika 11 Primjer iscrtanog poligona ogolina na pilot području vizualnom interpretacijom DOF-a	16
Slika 12 Kartiranje vodotoka na HOK5 u mjerilu 1:250.....	16
Slika 13 Primjer kartiranja prometnica na pilot području vizualnom interpretacijom kombinirane HOK i DOF podloge u mjerilu 1:500. Prozirnost HOK-a je 50 %	17
Slika 14 Prikaz provođenja prostorne primjenom QGIS alata Multi-distance buffer na primjeru analize odnosa ogolina i vodotoka	18

Slika 15 Inventar ogolina u flišnim naslagama na širem području grada Buzeta, izrađen vizualnom interpretacijom DOF-a.	20
Slika 16 Primjeri karakterističnih oblika ogolina u flišnim naslagama na pilot području: (a) oblici polumjeseca; (b) ovalni oblici; (c) izduženi oblici te (d) kružni oblici.	21
Slika 17 Karta vodotoka na pilot području.....	23
Slika 18 Karta prometnica na pilot području.....	24
Slika 19 Detaljni prikaz ogolina u odnosu na povremene vodotoke	28