Podložnost porječja rijeke Dubračine površinskim geodinamičkim procesima

Toševski, Aleksandar

Doctoral thesis / Disertacija

2018

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:169:252586

Rights / Prava: Attribution-NonCommercial-NoDerivs 3.0 Unported/Imenovanje-Nekomercijalno-Bez prerada 3.0

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-26**

Repository / Repozitorij:

Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering Repository, University of Zagreb

Sveučilište u Zagrebu

Rudarsko-geološko-naftni fakultet

Aleksandar Toševski

PODLOŽNOST PORJEČJA RIJEKE DUBRAČINE POVRŠINSKIM GEODINAMIČKIM PROCESIMA

DOKTORSKI RAD

SVEZAK 1

Zagreb, 2018.

Sveučilište u Zagrebu

Rudarsko-geološko-naftni fakultet

Aleksandar Toševski

PODLOŽNOST PORJEČJA RIJEKE DUBRAČINE POVRŠINSKIM GEODINAMIČKIM PROCESIMA

DOKTORSKI RAD

Mentori:

Dr. sc. Davor Pollak

Dr. sc. Dario Perković, docent

Zagreb, 2018.

University of Zagreb

Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering

Aleksandar Toševski

SUSCEPTIBILITY OF THE DUBRACINA RIVER BASIN TO THE SUPERFICIAL GEODYNAMICAL PROCESSES

DOCTORAL THESIS

Supervisors:

PhD Davor Pollak

PhD Dario Perković, assistant professor

Zagreb, 2018

MENTORI:

Dr. sc. Davor Pollak, dipl. ing. geol.
viši znanstveni suradnik Hrvatskog geološkog instituta

Dr. sc. Dario Perković, dipl. ing. geol.
docent Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

ZAHVALE

...mentorima dr.sc. Davoru Pollaku i dr.sc. Dariu Perkoviću na ukazanom povjerenju i savjetima, a najviše od svega na prijateljskom odnosu...

...članovima povjerenstva dr.sc. Dunji Aljinović, dr.sc. Marti Mileusnić i dr.sc. Marku Komcu na primjedbama i sugestijama koje su značajno utjecale na kvalitetu rada...

...voditeljima bilateralnog hrvatsko-japanskog projekta i voditelju CROTEC projekta Bruni Tomljenoviću, u sklopu kojih su istraživanja najvećim dijelom financirana...

...svim djelatnicima laboratorija u kojima su obavljena ispitivanja uzoraka: laboratorij za mehaniku tla i stijene Fakulteta građevinarstva, arhitekture i geodezije Sveučilišta u Splitu; laboratorij za mehaniku tla i stijene tvrtke Institut IGH d.d.; laboratorij za mehaniku tla tvrtke Geokon-Zagreb d.d.; laboratorij za mehaniku tla i stijene tvrtke Geotehnički studio d.o.o.; laboratorij Zavoda za mineralogiju, petrologiju i mineralne sirovine Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu; Analitički laboratorij Zavoda za opću proizvodnju bilja Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu...

...Hrvatskim vodama na ustupljenih geološkim podlogama koje je izradio Hrvatski geološki institut...

...Nevenu Tadeju i Jurici Rašiću na pomoći u provedbi dijela terenskih istraživanja...

...mom poslodavcu tvrtki Geokon-Zagreb d.d. na podršci, pomoći i mogućnosti da u miru dovršim svoj doktorski rad, jer uz svakodnevne zadatke na poslu, to ne bi bilo moguće te svim kolegama iz tvrtke koji su mi pomogli u finalizaciji rada...

...svim kolegama i prijateljima koji su mi bili velika podrška tijekom doktorskog studija, druženje i časica razgovora s njima značili su mi puno više nego što su oni svjesni...

...Dunji, što smo prijatelji 20 godina, što je uvijek vjerovala da dajem sve što mogu i znam, sudbina je htjela da studij geologije započnem kao podstanar udaljen dva kućna broja od nje, ostalo je povijest...

...roditeljima i bratu na podršci...

...Ani, Vitu i Teu, s njima mogu i na kraj svijeta...

SAŽETAK

Predmet istraživanja doktorskoga rada su površinski procesi klizanja, puzanja, prekomjerne erozije, jaružanja i odronjavanja u porječju rijeke Dubračine u Primorsko-goranskoj županiji. Porječje predstavlja zonu navlake karbonata na fliš gdje postoje svi geološki, geomorfološki i klimatski preduvjeti za nastanak površinskih geodinamičkih (inženjerskogeoloških) procesa, a specifično je i po tome što je to za sada jedino područje u Hrvatskoj gdje se na površini nalaze vrlo erodibilna disperzivna tla nastala trošenjem fliša.

Općenito se može reći kako su istraživanja imala dva glavna cilja: zonirati područje istraživanja prema podložnosti pojedinom površinskom procesu u mjerilu 1 : 5 000 primjenom statističkih bivarijatnih metoda koje su u literaturi pisanoj na engleskom jeziku poznate pod nazivom "Information value method" (IVM) i "Frequency ratio method" (FRM) te odrediti utječe li disperzivnost na degradaciju inženjerskogeoloških značajki tla.

Metode istraživanja korištene u radu podijeljene su na terenske, laboratorijske te metode obrade podataka. Terenske metode korištene su za potrebe kartiranja i verifikacije površinskih procesa te uzorkovanja tla pokrivača. Laboratorijskim metodama određeni su: granulometrijski sastav tla pokrivača flišne udoline koja se nalazi između karbonatnih litica, koncentracija kationa natrija, kalija, kalcija i magnezija u ekstraktu tla, Atterbergove granice te kohezija i kut unutarnjeg trenja tla, model trošenja tla nakon procesa sušenja-vlaženja te mineralni sastav frakcije praha i gline. U sklopu obrade podataka analiziran je visokorezolucijski digitalni model terena, sintetizirani su rezultati laboratorijskih istraživanja te su izrađene faktorske karte i karte podložnosti površinskim procesima primjenom GIS tehnologije.

Kombinirana primjena topografskih karata i visokorezolucijskog modela terena u svrhu daljinskog kartiranja, rezultirala je vrlo kvalitetnim i pouzdanim inventarima površinskih procesa, koji predstavljaju najvažnji ulazni podatak u analizama podložnosti terena površinskim procesima. Izuzetak su dijelovi terena gdje se preklapaju procesi klizanja i prekomjerne erozije gdje bez terenske verifikacije nije moguće pouzdano odrediti radi li se o morfologiji uzrokovanoj klizanjem ili prekomjernom erozijom. U slučajevima kada se i utvrdi da je riječ o klizanju, zbog velike erodibilnosti materijala, na takvim terenima morfološke karakteristike klizišta vrlo brzo nestaju.

Analizama je utvrđeno kako se disperzivna tla mogu klasificirati kao nisko i visokoplastične gline. Svojstvo disperzivnosti nije povezano s mineralnim sastavom koji je

vrlo sličan i kod disperzivnih i nedisperzivnih glina, a nema utjecaj ni na aktivnost gline. Vrijednosti kohezije i kuta unutarnjeg trenja se kod disperzivnih i nedisperzivnih glina ne razlikuju, ali se kod disperzivnih glina primjećuje nagli gubitak kohezije s povećanjem vlažnosti. Rezultati pokusa sušenja-vlaženja jasno razlikuju disperzivne i nedisperzivne gline jer se disperzivne gline nakon potapanja u vodi brzo dezintegriraju u mulj.

Disperzivne gline utječu i na proces klizanja jer s povećanjem vlažnosti uzrokuju nagli gubitak kohezije u tlu i potpunu degradaciju materijala i mehaničkih svojstava usljed čega se javljaju oslabljene zone koje predstavljaju mjesta inicijacije klizne plohe.

Prekomjerna erozija povezana s disperzivnim glinama na površini terena, koje imaju ekstremno velike koncentracije iona natrija u pornoj vodi, kao što je to slučaj na zapadnoj strani ogoline u porječju Slanog potoka, razlog je vrlo male debljine pokrivača zbog čega pojave klizanja na takvim područjima ne treba očekivati. Međutim, istraživanjima je potvrđena mogućnost da prekomjerna erozija i klizanje mogu biti skupni geodinamički događaj na padini i to na onim dijelovima gdje disperzivnost nije uzrokovana ekstremno velikim koncentracijama natrija u pornoj vodi, što omogućava razvoj nešto debljeg pokrivača iznad osnovne stijene. Navedeno je primjećeno na istočnoj strani ogoline u porječju Slanog potoka.

Na temelju laboratorijskih istraživanja, izrađeno je šest karakterističnih faktorskih karata porječja Dubračine, koje su korištene u analizama podložnosti terena površinskim procesima. To su karte udjela gline, praha, pijeska i šljunka u tlu pokrivača, karta udaljenosti od disperzivnog uzorka te binarna karta disperzivnosti površine terena, gdje inventar ogolina predstavlja disperzivne površine.

Prema rezultatima analiza, u porječju Dubračine udio granulometrijskih frakcija u tlu pokrivača utječe na procese klizanja, puzanja, prekomjerne erozije i jaružanja. Udaljenost od disperzivnog uzorka utječe na procese klizanja, prekomjerne erozije i jaružanja, a faktorska karta disperzivnosti površine terena na procese klizanja i jaružanja.

Istraživanja su pokazala kako su u porječju Dubračine tri najznačajnija faktora koja utječu na zonaciju podložnosti klizanju litologija, pokrov zemljišta i srednja godišnja količina oborine, a puzanju litologija, udaljenost od prometnice i nagiba terena. Podložnost prekomjernoj eroziji najviše je pod utjecajem udaljenosti od disperzivnog uzorka, litologije i pokrova zemljišta, dok na proces jaružanja najviše utječe litologija, pokrov zemljišta i smjer nagiba. Najznačajniji faktori koji utječu na zonaciju podložnosti odronjavanju su nagib terena, litologija i pokrov zemljišta.

Validacijom karata podložnosti, koje su za svaki proces izrađene pomoću dvije bivarijatne metode, može se zaključiti kako se za procese klizanja, puzanja i jaružanja IVM metoda bez primjene granulometrijskih faktorskih karata pokazala preciznijom u odnosu na FRM metodu. Kada je u pitanju podložnost pekomjernoj eroziji, FRM metoda bez primjene granulometrijskih karata ima bolje rezultate predviđanja u odnosu na IVM metodu, a kod procesa odronjavanja, karta podložnosti dobivena FRM metodom je kvalitetnija u odnosu kartu dobivenu IVM metodom.

Ovo istraživanje provedeno je u zoni navlake karbonata na fliš, zbog čega se može pretpostaviti postojanje istih površinskih geodinamičkih (inženjerskogeoloških) procesa i u drugim takvim područjima, koja bi onda slijedom toga, također mogla biti predmetom zonacijskih istraživanja. Međutim, pojave disperzivnih glina i prekomjerne erozije u drugim zonama navlake karbonata na fliš duž jadranske obale, ne treba očekivati, osim u porječjima potoka Bakarački rov i Ričina, koja uz porječje Dubračine, pripadaju Vinodolskoj dolini.

Ključne riječi: površinski procesi, visokorezolucijski model terena, fliš, disperzivne gline, karte podložnosti, porječje rijeke Dubračine.

ABSTRACT

This doctoral thesis focuses on superficial sliding, creeping, excessive erosion, gully erosion and rockfall processes in the *Dubračina* river basin in *Primorsko – Goranska* County. The river basin is an overthrust zone of carbonate over flysch possessing all the geological, geomorphological and climate preconditions for the occurrence of superficial geodynamic (engineering-geological) processes, and it is also specific for being currently the only discovered area in Croatia where the surface contains very erodible dispersive soils resulting from flysch weathering.

In general, the research had two main objectives: zoning of the research area according to susceptibility to a particular superficial process at a scale of 1:5000 by applying statistical bivariate methods known as "Information Value Method" (IVM) and "Frequency Ratio Method" (FRM) and determining whether the dispersiveness affects the degradation of engineering-geological soil properties.

The applied research methods can be divided into field, laboratory and data-processing methods. Field methods were used for mapping and verifying superficial processes and superficial deposit sampling. Laboratory methods were used to determine: grain size distribution in the superficial deposit of the flysch valley located between carbonate cliffs, the concentration of sodium, potassium, calcium and magnesium cations in the soil extract, Atterberg limits and cohesion and internal soil friction angle, soil weathering model after the drying-wetting process, and the mineral composition of silt and clay fractions. In data processing, a digital high-resolution terrain model was analysed, laboratory research results were synthesized, and factor maps and superficial processes susceptibility maps were produced using GIS technology.

A combination of topographic maps and a high-resolution terrain model applied for remote mapping resulted in high-quality and reliable inventories of superficial processes which represent the most important input for the analysis of terrain susceptibility to superficial processes. This does not apply to parts of terrain where slide and excessive erosion processes overlap and where, without terrain verification, it is impossible to establish with certainty whether the morphology was caused by sliding or excessive erosion. Even if it is established that it was caused by sliding, due to high soil erodibility, morphological characteristics of a landslide disappear very quickly in such terrains.

Analyses have shown that dispersive soils can be classified as lean and fat clays. The soil dispersivity is unrelated to mineral composition which is very similar in dispersive and non-dispersive clays, and also has no impact on clay activity. The cohesion and internal friction angle values do not differ between dispersive and non-dispersive clays; however, dispersive clays exhibit a sudden loss of cohesion with increase of water content. The drying-wetting test results clearly show the difference between dispersive and non-dispersive clays because dispersive clays quickly disintegrate into mud after being immersed in water.

Dispersive clays also affect the sliding process because the increase of water content causes a sudden loss of cohesion in the soil and complete degradation of material and mechanical properties, causing the appearance of weakened zones as the location where shear planes begin to form.

Excessive erosion linked to dispersive clays on the surface of the terrain with extremely high sodium ion concentrations in pore water, as is the case on the western side of the badland in the *Slani potok* creek basin, is the reason for very low thickness of the superficial deposit. This explains why sliding is unlikely to occur in such areas. However, research has confirmed that excessive erosion and sliding can represent a joint geodynamic event on the slope, exactly in those parts where dispersiveness is not caused by extremely high sodium concentrations in pore water, enabling the development of a somewhat thicker superficial deposit above bedrock. It has been observed on the eastern side of the badland in the *Slani potok* basin.

Based on laboratory research, six characteristic factor maps of the *Dubračina* river basin have been produced and used in the analyses of terrain susceptibility to superficial processes. These are maps of clay, silt, sand and gravel proportions in superficial deposit, the map of distance from the dispersive sample and the binary map of terrain surface dispersiveness, where the badland inventory represents dispersive areas.

According to the results of the analyses, the grain size distribution in the superficial deposit in the *Dubračina* river basin affects sliding, creeping, excessive erosion and gully erosion processes. The distance from the dispersive sample affects the sliding, excessive erosion and gully erosion processes, and the factor map of the terrain surface dispersiveness affects the sliding and gully erosion processes.

Research has shown that, in the *Dubračina* river basin, the three most important factors that affect the zoning of the susceptibility to sliding are lithology, land cover and mean annual precipitation, and those that affect the zoning of the susceptibility to creeping are lithology, distance from the road and slope. The three factors that affect susceptibility to

excessive erosion the most are distance from the dispersive sample, lithology and land cover, whereas for the gully erosion process the three most important factors are lithology, land cover and aspect. The most important factors that affect the zoning of the susceptibility to rockfall are slope, lithology and land cover.

The validation of susceptibility maps, which were produced for each process using two bivariate methods, allows for the conclusion that for the sliding, creeping and gully erosion processes the IVM method, without the application of the grain size distribution factor maps, is more precise than the FRM method. As regards the susceptibility to excessive erosion, the FRM method, without the application of grain size distribution maps, yields better forecasting results than the IVM method. When it comes to the rockfall process, the FRM-derived susceptibility map is better than the IVM-derived map.

This research was carried out in the overthrust zone of carbonate over flysch which allows for the presumption that such superficial geodynamic (engineering-geological) processes also take place in other similar areas which could, therefore, also be the subject-matter of susceptibility zoning research. However, occurrences of dispersive clays and excessive erosion in other overthrust zones of carbonate over flysch along the Adriatic coast are unlikely, except in the basins of the *Bakarački rov* and *Ričina* creeks which belong to the *Vinodol* valley together with the *Dubračina* river basin.

Keywords: superficial processes, high-resolution terrain model, flysch, dispersive clays, susceptibility maps, *Dubračina* river basin.

SADRŽAJ

SVEZAK 1

POPIS SLIKA

POPIS TABLICA

1.	**UVOD**	**1**
2.	**TEORIJSKE OSNOVE**	**6**
2.1.	Klizanje i puzanje	6
2.2.	Erozija	8
2.3.	Odronjavanje	11
2.4.	Disperzivna tla	13
2.5.	Zonacija podložnosti površinskim geodinamičkim procesima	14
2.5.1.	Inventar	16
2.5.2.	Utjecajni faktori površinskih geodinamičkih procesa	18
2.5.3.	Tipovi zonacijskih karata i metode njihove izrade	21
2.5.4.	Mjerila zonacijskih karata	23
3.	**ZNAČAJKE PODRUČJA ISTRAŽIVANJA**	**24**
3.1.	Geografske značajke	24
3.2.	Tektonske značajke	27
3.3.	Seizmološke značajke	29
4.	**PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA**	**33**
4.1.	Geološka, hidrološka i inženjerskogeološka istraživanja u porječju Dubračine	33
4.1.1.	Geološke značajke područja istraživanja	36
4.1.1.1.	Karbonatne stijene	36
4.1.1.2.	Prijelazne naslage	37
4.1.1.3.	Klastične stijene	37
4.1.1.4.	Tla	38
4.1.1.5.	Litološke jedinice za prostorne analize	39
4.2.	Inženjerskogeološka zonacijska istraživanja u Hrvatskoj	41

5. METODE ISTRAŽIVANJA 44
5.1. Terenske metode istraživanja 44
5.1.1. Terensko geomorfološko kartiranje i verifikacija klizišta i puzišta 44
5.1.2. Uzorkovanje tala za potrebe laboratorijskih ispitivanja 49
5.2. Laboratorijske metode istraživanja 52
5.3. Metode obrade i analize podataka 55
5.3.1. Daljinsko katiranje površinskih geodinamičkih procesa 55
5.3.2. Klasificiranje rezultata laboratorijskih istraživanja 68
5.3.3. Izrada faktorskih karata 73
5.3.4. Izrada "seed cell" inventara 88
5.3.5. Primjena Hi-kvadrat (χ^2) testa u odabiru statistički značajnih utjecajnih faktora 89
5.3.6. Izračun težinskih faktora klasa i izrada modela podložnosti 92
6. REZULTATI ISTRAŽIVANJA 100
6.1. Inventari kartiranih površinskih procesa 100
6.1.1. Inventar klizišta 100
6.1.1.1. Analiza nagiba 106
6.1.2. Inventar puzišta 115
6.1.2.1. Analiza nagiba 116
6.1.3. Inventar ogolina 122
6.1.4. Inventar jaruga 126
6.1.5. Inventar sipara 128
6.2. Rezultati laboratorijskih istraživanja 136
6.2.1. Granulometrijski sastav pokrivača 137
6.2.2. Koncentracije iona natrija, kalija, kalcija i magnezija u eluatu tla pokrivača 143
6.2.3. Atterbergove granice 151
6.2.4. Kohezija i kut unutarnjeg trenja tla 154
6.2.5. Modela trošenja uzorka nakon procesa sušenja-vlaženja 156
6.2.6. Mineralni sastav frakcije praha i gline 161
6.2.7. Aktivnost gline 163
6.3. Karte podložnosti 166
6.3.1. Karte udjela granulometrijskih frakcija 166
6.3.2. Odabir statistički značajnih utjecajnih faktora 177

6.3.3. Težinski faktori klasa 183
6.3.4. Težine faktorskih karata 187
6.3.5. Karte podložnosti površinskim procesima i njihova validacija 187
6.3.6. Karta višestruke podložnosti 191
7. DISKUSIJA 192
7.1. Primjena DEM-a u porječju Dubračine 192
7.2. Geotehničke značajke uzorkovanih tala 194
7.3. Faktorske karte 203
7.4. Težinski faktori klasa i težine utjecajnih faktora 204
7.4.1. Klizanje 204
7.4.2. Puzanje 208
7.4.3. Prekomjerna erozija 210
7.4.4. Jaružanje 213
7.4.5. Odronjavanje 216
7.5. Karte podložnosti 217
7.5.1. Klizanje 217
7.5.2. Puzanje 219
7.5.3. Prekomjerna erozija 219
7.5.4. Jaružanje 220
7.5.5. Odronjavanje 221
7.5.6. Odabir faktorskih karata za analizu podložnosti 222
7.5.7. Višestruka podložnost 222
7.6. Utjecaj srednje godišnje količine oborine 225
7.7. Inicijatori (trigeri) klizanja 227
7.8. Smjernice za buduća istraživanja 230
8. ZAKLJUČAK 231
9. LITERATURA 237

ŽIVOTOPIS
POPIS OBJAVLJENIH RADOVA

SADRŽAJ

SVEZAK 2

Prilog 1. Geološka karta porječja rijeke Dubračine mjerila 1 : 25 000 koju je izradio Hrvatski geološki institut (2007a, 2007b, 2007c, ljubaznošću Hrvatskih voda).

Prilog 2. Karta lokacija uzorkovanja za određivanje granulometrijskog sastava pokrivača.

Prilog 3. Karta lokacija uzorkovanja za određivanje koncentracije iona natrija, kalija, kalcija i magnezija u ekstraktu tla pokrivača.

Prilog 4. Karta lokacija uzorkovanja za određivanje Atterbergovih granica plastičnosti sitnozrnatog tla pokrivača.

Prilog 5. Karta lokacija uzorkovanja za određivanje kohezije, kuta unutarnjeg trenja i mineralnog sastava sitnozrnatog tla pokrivača.

Prilog 6. Karta lokacija uzorkovanja za određivanje modela trošenja sitnozrnatog tla pokrivača nakon procesa "sušenja-vlaženja".

Prilog 7. Karta lokacija uzorkovanja za određivanje aktivnosti sitnozrnatog tla pokrivača.

Prilog 8. Litološka karta porječja Dubračine mjerila 1 : 5 000 (Hrvatski geološki institut, 2007a, 2007b, 2007c).

Prilog 9. Poligon u sklopu kojeg je su interpolirani točkasti podaci granulometrijskog sastava pokrivača prikazan na litološkoj karti porječja Dubračine.

Prilog 10. Karta lokacija meteoroloških postaja.

Prilog 11. Četiri lokacije za koje je terenskom verifikacijom utvrđeno da se ne radi o klizištima.

Prilog 12. Inventar klizišta i puzišta u porječju rijeke Dubračine.

Prilog 13. Karta ogolina u porječju Dubračine.

Prilog 14. Koordinate geometrijskih središta kartiranih jaruga i pripadajuće površine.

Prilog 15. Karta jaruga i pripadajućih "seed cell" poligona u porječju Dubračine.

Prilog 16. Karta sipara i "seed cell" poligona u porječju Dubračine.

Prilog 17. Rezultati granulometrijske analize i klasifikacije uzoraka tla iz pokrivača.

Prilog 18. Preklop lokacija disperzivnih uzoraka, poligona fliša i poligona ogolina.

Prilog 19. Karta lokacija disperzivnih uzoraka i prostorno bliskih uzoraka definirane granulometrije.

Prilog 20. Karakteristične fotografije uzoraka disperzivnih i nedisperzivnih glina tijekom ispitivanja otpornosti na proces sušenje-vlaženje.

Prilog 21. Hi-kvadrat testovi utjecaja faktora na proces klizanja.

Prilog 22. Hi-kvadrat testovi utjecaja faktora na proces puzanja.

Prilog 23. Hi-kvadrat testovi utjecaja faktora na proces prekomjerne erozije.

Prilog 24. Hi-kvadrat testovi utjecaja faktora na proces jaružanja.

Prilog 25. Hi-kvadrat testovi utjecaja faktora na proces odronjavanja.

Prilog 26. Preklopi faktorskih karata i "seed cell" poligona klizišta.

Prilog 27. Težinski faktori klizanja dobiveni upotrebom "seed cell" poligona klizišta.

Prilog 28. Preklopi faktorskih karata i "seed cell" poligona puzišta.

Prilog 29. Težinski faktori puzanja dobiveni upotrebom "seed cell" poligona puzišta.

Prilog 30. Preklopi faktorskih karata i poligona prekomjerne erozije (ogolina).

Prilog 31. Težinski faktori prekomjerne erozije dobiveni upotrebom poligona ogolina.

Prilog 32. Preklopi faktorskih karata i "seed cell" poligona jaruga.

Prilog 33. Težinski faktori jaružanja dobiveni upotrebom "seed cell" poligona jaruga.

Prilog 34. Preklopi faktorskih karata i "seed cell" poligona sipara.

Prilog 35. Težinski faktori odronjavanja dobiveni upotrebom "seed cell" poligona sipara.

Prilog 36. Težine faktorskih karata.

Prilog 37. Karte podložnosti klizanju.

Prilog 38. Karte podložnosti puzanju.

Prilog 39. Karte podložnosti prekomjernoj eroziji.

Prilog 40. Karte podložnosti jaružanju.

Prilog 41. Karte podložnosti odronjavanju.

Prilog 42. Karta višestruke podložnosti površinskim procesima.

Prilog 43. Predefinirani položaj čeone pukotine klizišta s ID brojevima 42 i 43.

POPIS SLIKA

Slika 2-1. Sistematizacija pokreta masa na padinama: 1) odronjavanje, 2) prevrtanje, 3) klizanje, 4) bočno razmicanje, 5) tečenje (WP/WLI, 1993).

Slika 2-2. Ogolina na lokaciji Sv. Donat u središnjoj Istri nastala na erodibilnom, eocenskom flišu (foto V. Gulam, preuzeto iz Gulam, 2012).

Slika 2-3. Ogoljeli teren na jugozapadnim, priobalnim dijelovima otoka Krka nastao na karbonatnom, krškom terenu (www.geoportal.dgu.hr).

Slika 2-4. A) Priljevno područje (plavi poligon) drenažnog kanala (žuta linija), B) jaruga (crveni poligon). U podlozi priljevnog područja, drenažnog kanala i jaruge je karta osjenčanog reljefa rezolucije 1 m.

Slika 2-5. Litica izgrađena od vapnenaca i sipar u njezinom podnožju kao posljedica odronjavanja kršja i blokova. Lokacija se nalazi sjeverno od ruševina Gradine Grižane u Vinodolskoj općini (foto A. Toševski).

Slika 3-1. Lokacija porječja rijeke Dubračine (kontura prema Ožanić i dr., 2011) na topografskoj karti mjerila 1 : 100 000. Poligon s oznakom 1 predstavlja presjek porječja i Grada Kraljevica, s oznakom 2 presjek porječja i Općine Vinodolske te s oznakom 3 presjek porječja i Grada Crikvenica.

Slika 3-2. Digitalni ortofoto snimak porječja Dubračine originalnog mjerila 1 : 5 000.

Slika 3-3. Karta pokrova zemljišta porječja Dubračine prema CORINE klasifikaciji treće razine s pripadajućim kodovima i udjelima u ukupnoj površini porječja (Agencija za zaštitu okoliša, 2012).

Slika 3-4. Područje istraživanja prikazano na karti potresnih područja RH za povratni period od 95 godina (Herak i dr., 2011).

Slika 3-5. Područje istraživanja prikazano na karti potresnih područja RH za povratni period od 475 godina (Herak i dr., 2011).

Slika 3-6. Područje istraživanja prikazano na seizmološkoj karti Hrvatske za povratni period od 100 godina (Jorgić i dr., 1987).

Slika 3-7. Područje istraživanja prikazano na seizmološkoj karti Hrvatske za povratni period od 500 godina (Jorgić i dr., 1987).

Slika 4-1. Isječak iz Osnovne geološke karte list Crikvenica mjerila 1 : 100 000 (Šušnjar i dr., 1970). Crni poligon predstavlja konturu porječja Dubračine prema Ožanić i dr. (2011).

Slika 4-2. Reprezentativni izdanci krupnozrnatog ($Q_{dpr1,}$ A) i srednjezrnatog padinskog materijala (Q_{dpr2}, B).

Slika 4-3. Kontura porječja rijeke Dubračine (crveni poligon) koje je geološki kartirano u mjerilu 1 : 25 000, a u sklopu koje se nalazi plavi poligon i predstavlja površinu koja je dodatno kartirana u mjerilu 1 : 5 000. Kartiranje je obavio Hrvatski geološki institut tijekom 2007. godine.

Slika 4-4. Isječak iz kvalitativne zonacijeske karte podložnosti klizanju mjerila 1 : 10 000 podsljemenske urbanizirane zone koju je izradila tvrtka Geoexpert 1979. godine. I – stabilni tereni, II – uvjetno stabilni tereni, III – uvjetno nestabilni tereni, IV – nestabilni tereni.

Slika 5-1. Karakteristični dio puznog tijela (puzište s ID brojem 8) s naborima površine terena i mjestimičnim zamočvarenjima (foto A. Toševski).

Slika 5-2. Primjer stereopara iz porječja Dubračine snimljen u svibnju 2006. godine. Mjerilo snimaka je 1 : 20 000.

Slika 5-3. Topografski derivati visokorezolucijskog modela terena koji omogućavaju daljinsko kartiranje granice klizišta. A – osjenčani teren nastao simulacijom položaja sunčevih zraka s azimutom 315° i kutom nagiba 45°. B – karta izohipsi s razmakom 1 m. C – karta nagiba terena. D – granica klizišta s ID brojem 16 nastala kao rezultat vizualne analize karata pod A, B i C.

Slika 5-4. Topografski derivati visokorezolucijskog modela terena koji omogućavaju daljinsko kartiranje granice puzišta. A – osjenčani teren nastao simulacijom položaja sunčevih zraka s azimutom 315° i kutom nagiba 45°. B – karta izohipsi s razmakom 1 m. C – karta nagiba. D – granica puzišta s ID brojem 8 nastala kao rezultat vizualne analize karata pod A, B i C.

Slika 5-5. A – digitalni ortofoto snimak žarišta prekomjerne erozije u porječju Slanog potoka. B – granica ogoline nastala kao rezultat vizualne interpretacije snimka. Originalno mjerilo snimka je 1 : 5 000.

Slika 5-6. Ogolina u sklopu žarišta prekomjerne erozije u porječju Slanog potoka na kojoj su vidljivi tragovi kristalizacije minerala tenardita u vidu bijelog praha na površini terena (foto A. Toševski).

Slika 5-7. Topografski derivati visokorezolucijskog modela terena koji omogućavaju daljinsko kartiranje granice jaruge. A – osjenčani teren nastao simulacijom položaja sunčevih zraka s azimutom 315° i kutom nagiba 45°. B – karta izohipsi s razmakom 1 m. C – karta nagiba terena. D – osjenčani teren s automatski izvučenim drenažnim kanalom. E – granica jaruge koja je dijelom rezultat paralelnog obostranog odmaka od kanala, a dijelom rezultat ručnog rada koji je temeljen na vizualnoj analizi karata pod A, B i C.

Slika 5-8. DOF i topografski derivati visokorezolucijskog modela terena koji omogućavaju daljinsko kartiranje granice sipara. A – DOF snimak na kojem se vidi sipar. B – osjenčani teren nastao simulacijom položaja sunčevih zraka s azimutom 315° i kutom nagiba 45°. C – karta nagiba terena. D – karta izohipsi s razmakom 1 m. E – granica sipara na karti osjenčanog terena koja je rezultat vizualne analize karata pod A, B C i D. F – granica sipara na DOF-u koja je rezultat vizualne analize karata pod A, B C i D.

Slika 5-9. Trokomponentni dijagram prema ISO 14688-2:2004(E) temeljem kojeg se iz granulometrijskog sastava definira klasa tla. Plavom bojom su označeni pijesci, sivom šljunci, žutom prahovi i gline te bijelom miješana tla. Tla koja se temeljem udjela pijeska i šljunka projiciraju u polje sa zvjezdicom su klasificirana kao gline (Cl) ako imaju više od 40 % gline, prahovite gline (siCl) ako imaju od 20 do 40 % gline, glinoviti prahovi (clSi) ako imaju od 10 do 20 % gline i prahovi (Si) ako imaju do 10 % gline.

Slika 5-10. Dijagram pomoću kojeg je iz poznate koncentracije iona natrija, kalija, kalcija i magnezija u pornoj vodi tla moguće odrediti radi li se o disperzivnom (zona A), moguće disperzivnom (zona C) ili nedisperzivnom tlu (zona B) (Sherad i dr., 1976).

Slika 5-11. Dijagram plastičnosti prema ASTM D 2487-06 za klasificiranje sitnozrnatih tala. CL – niskoplastična glina, CH – visokoplastična glina, ML – niskoplastični prah, MH – visokoplastični prah, OL – niskoplastična organska glina ili prah, OH – visokoplastična organska glina ili prah.

Slika 5-12. Klase i pripadajući opisi ponašanja sitnozrnatih tala koja su bila izložena procesu sušenja-vlaženja prema Santi (1998), djelomično nadopunjeno. Slikom su opisani svi mogući modeli trošenja nakon provedenog laboratorijskog pokusa, a nadopunu predstavlja model s oznakom 2 nazvan "muljni prsten" (*eng. mud ring*).

Slika 5-13. Izdanci na lokacijama analiziranih uzoraka oznaka T106 i T107 te pomoćnih uzoraka oznaka P2 i P3. Vidljivo je da sve četiri lokacije izgrađuje šljunak zbog čega je pomoćnim uzorcima pretpostavljen sastav koji odgovara prosječnom sastavu analiziranih uzoraka, a u cilju povećanja broja točaka za izradu faktorskih karata udjela granulometrijskih frakcija (T106 i T107 foto A. Toševski; P2 i P3 foto Google).

Slika 5-14. Izdanak na lokaciji pomoćnog uzorka P5 i približnoj lokaciji uzorka T86 čiji je granulometrijski sastav, utvrđen analizom, dodijeljen pomoćnom uzorku P5, a u cilju povećanja broja točaka za izradu faktorskih karata udjela granulometrijskih frakcija (foto A. Toševski).

Slika 5-15. Izdanci na lokacijama uzoraka T118 i T8 iz kojih je vidljivo da obje lokacije izgrađuje glina što je potvrđeno i laboratorijskim analizama. Kako je riječ o istoj padini, između T118 i T8 je lociran pomoćni uzorak P6 kojem je dodijeljen sastav T118 u cilju povećanja broja točaka za izradu faktorskih karata udjela granulometrijskih frakcija (foto A. Toševski).

Slika 5-16. Površina terena koja je od lokacije pomoćnog uzorka P6 udaljena oko 50 m. Sa slike je vidljivo, kao i u slučajevima prikazanim na slici 5-15, da se na površini nalazi glina (foto A. Toševski).

Slika 6-1. Lokacija 4 iz tablice 6-2 koja je na visokorezolucijskom modelu terena upućivala na moguću čeonu pukotinu klizišta. Prospekcijom je utvrđeno da se radi o suhozidu visine 1 do 2 m koji omeđuje česticu zemljišta.

Slika 6-2. Raspodjela površine klizanja po klasama generalnog nagiba padina na kojima su klizišta nastala.

Slika 6-3. Raspodjela broja klizišta od ukupno kartiranih 88 po klasama nagiba padina na kojima su klizišta nastala.

Slika 6-4. Korelacija nagiba padine na kojoj je klizište nastalo i površine samog klizišta.

Slika 6-5. Raspodjela površine slučajno odabranih klizišta s ID brojevima 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 15, 16, 17, 52, 53, 54, 55 i 56 te pripadajućih "seed cell" poligona po klasama nagiba padina. Vrijednosti plavih stupaca se odnose na poligone klizišta, a crvenih stupaca na "seed cell" poligone.

Slika 6-6. Raspodjela površine svih klizišta i pripadajućih "seed cell" poligona po klasama nagiba padina. Vrijednosti plavih stupaca se odnose na poligone klizišta, a crvenih stupaca na "seed cell" poligone.

Slika 6-7. Klizišta prikazana na isječku litološke karte porječja Dubračine. Na slici je vidljivo da se sva klizišta, osim jednog, nalaze u sklopu litoloških jedinica: fliš ($E_{2,3}$), deluvij (Q_{dl}) i deluvij-proluvij (Q_{dpr2}).

Slika 6-8. Površinski udjeli pojedinih klasa nagiba terena u sklopu poligona koji je nastao spajanjem litoloških jedinica fliša ($E_{2,3}$), deluvija (Q_{dl}) i deluvij-proluvija (Q_{dpr2}) u sklopu kojih se nalazi 87 od ukupno 88 kartiranih klizišta.

Slika 6-9. Primjeri manifestacija klizanja na terenu (A – ID 28; B – ID 37; C – ID 38; D – ID 34). Na slikama A, C i D su prikazane čeone pukotine klizišta, a na slici B je prikazana bočna pukotina klizišta.

Slika 6-10. Raspodjela površine puzanja po klasama generalnog nagiba padina na kojima su puzišta nastala.

Slika 6-11. Raspodjela površine svih puzišta te pripadajućih "seed cell" poligona po klasama nagiba padina. Vrijednosti plavih stupaca se odnose na poligone puzišta, a vrijednosti crvenih stupaca se odnose na "seed cell" poligone.

Slika 6-12. Puzišta prikazana na isječku litološke karte porječja Dubračine. Na slici je vidljivo da se sva puzišta, osim jednog, nalaze u sklopu litoloških jedinica: deluvij (Q_{dl}) i deluvij-proluvij (Q_{dpr2}).

Slika 6-13. Površinski udio pojedinih klasa nagiba u sklopu poligona koji je nastao spajanjem litoloških jedinica deluvija (Q_{dl}) i deluvij-proluvija (Q_{dpr2}) u sklopu kojih se nalazi 12 od ukupno 13 kartiranih puzišta.

Slika 6-14. Primjeri manifestacija puzanja na terenu (A – ID 3; B – ID 11; C – ID 6; D – ID 7; E – ID 8; F – ID 11). Na slikama A i B su prikazana zamočvarenja u tijelima puzišta, a na slikama C, D, E i F denivelacije terena, nabori terena i "pijana" stabla u tijelima puzišta.

Slika 6-15. Raspodjela broja profilnih linija od ukupno 27 pomoću kojih su određeni nagibi terena na lokacijama ogolina po klasama nagiba.

Slika 6-16. Raspodjela površine ogolina u porječju po klasama nagiba terena.

Slika 6-17. Ogoljela površina u sklopu ogoline s ID brojem 5 na kojoj se vidi kristalizacija bijelog minerala tenardita, što ukazuje na prisustvu natrijevih i sulfatnih iona u pornoj vodi tla.

Slika 6-18. Distribucija broja poligona jaruga, od ukupno 347 kartiranih, po klasama površina.

Slika 6-19. Kratki segment drenažnog kanala jaruge s ID brojem 166, kroz koji teče voda potoka Kučina.

Slika 6-20. Distribucija broja poligona sipara, od ukupno 94 kartirana, po klasama površina.

Slika 6-21. Raspodjela broja profilnih linija od ukupno 24, po klasama kutova odlaganja materijala sipara.

Slika 6-22. Raspodjela površine sipara u porječju po klasama nagiba.

Slika 6-23. Raspodjela površine "seed cell" poligona na izvorištu sipara širine 25 m po klasama nagiba.

Slika 6-24. Raspodjela površine porječja Dubračine po klasama nagiba terena.

Slika 6-25. Sipar snimljen sa asfaltirane ceste u zaseoku Miroši. Položaj snimanja je prikazan na TK 25 zelenom točkom. Na istoj karti crvenom bojom je označena granica siparnog tijela kartirana u mjerilu 1 : 5 000.

Slika 6-26. Klasifikacijski trokomponentni dijagram uzoraka iz pokrivača (N=23) uzetih u sklopu litološke jedinice s ID brojem 5 (fliš).

Slika 6-27. Klasifikacijski trokomponentni dijagram uzoraka iz pokrivača (N=7) uzetih u sklopu litološke jedinice s ID brojem 8 stratigrafske oznake Q_{dpr1}.

Slika 6-28. Klasifikacijski trokomponentni dijagram uzoraka iz pokrivača (N=70) uzetih u sklopu litološke jedinice s ID brojem 9, stratigrafske oznake Q_{dpr2}.

Slika 6-29. Klasifikacijski trokomponentni dijagram uzoraka iz pokrivača (N=18) uzetih u sklopu litološke jedinice s ID brojem 10, stratigrafske oznake Q_{dl}.

Slika 6-30. Klasifikacijski trokomponentni dijagram uzoraka iz pokrivača (N=3) uzetih u sklopu litološke jedinice s ID brojem 11, stratigrafske oznake Q_{al}.

Slika 6-31. Dijagram prema Sherard i dr. (1976) pomoću kojega se određuje je li uzorak disperzivan. Uzorci u zoni A su disperzivni, u zoni B nedisperzivni, a u zoni C moguće disperzivni. U dijagram su prikazani rezultati iz tablice 6-12 gdje su zelenom točkom označeni nedisperzivni, a crvenom disperzivni uzorci.

Slika 6-32. Konstrukcija točaka D i E za očitanje granične koncentracije iona natrija u pripadajućem zbroju koncentracija iona natrija, kalija, kalcija i magnezija, a na temelju pravca trenda koji proizlazi iz točaka disperzivnih uzoraka u dijagramu.

Slika 6-33. Čeona pukotina klizišta s ID brojem 34. U nožici pukotine je iz koluvija uzet uzorak koji je na temelju kemijske analize određen kao disperzivan.

Slika 6-34. Čeona pukotina klizišta s ID brojem 28. Na pukotini su registrirani tragovi kristalizacije tenardita na dubini od oko 1 m do 2,5 m koji nedvojbeno potvrđuju postojanje disperzivnih materijala i na većim dubinama od onih koje su uzorkovane.

Slika 6-35. Dijagram plastičnosti analiziranih uzoraka (vidi tablicu 6-14). Crvenom bojom su označeni disperzivni, a zelenom nedisperzivni uzorci.

Slika 6-36. Korelacija prirodne vlažnosti i kohezije disperzivnih materijala iz tablice 6-15.

Slika 6-37. Degradacija nedisperzivnog uzorka oznake T8 nakon sušenja i potapljanja u vodi u trajanju od pola sata. Uzorak je prožet pukotinama, započelo je otpadanje odlomaka s bočnih stranica, a primarni oblik uzorka je prepoznatljiv, što je prema slici 5-12 klasificirano kao klasa 5.

Slika 6-38. Degradacija nedisperzivnog uzorka oznake T19 nakon sušenja i potapljanja u vodi u trajanju od pola sata. Uzorak je raspucan, odlomci otpadaju s bočnih stranica, a primarni oblik uzorka je teško prepoznatljiv, što je prema slici 5-12 klasificirano kao klasa 4.

Slika 6-39. Degradacija nedisperzivnog uzorka oznake T17 nakon sušenja i potapljanja u vodi u trajanju od pola sata. Uzorak je u potpunosti dezintegriran u male odlomke, a izvorni oblik uzorka nije prepoznatljiv, što je prema slici 5-12 klasificirano kao klasa 3.

Slika 6-40. Rezultati ispitivanja aktivnosti uzoraka gline. Crvenom bojom su označeni disperzivni, a zelenom nedisperzivni uzorci.

Slika 6-41. Karta udjela frakcije gline u pokrivaču porječja Dubračine s prostornom distribucijom točaka za izradu i provjeru modela.

Slika 6-42. Primjer karte udjela frakcije gline nastale primjenom interpolacijskih parametara koji nisu optimalni, što rezultira nekvalitetnim modelom.

Slika 6-43. Karta udjela frakcije praha u pokrivaču porječja Dubračine s prostornom distribucijom točaka za izradu i provjeru modela.

Slika 6-44. Primjer karte udjela frakcije praha nastale primjenom interpolacijskih parametara koji nisu optimalni, što rezultira nekvalitetnim modelom.

Slika 6-45. Karta udjela frakcije pijeska u pokrivaču porječja Dubračine s prostornom distribucijom točaka za izradu i provjeru modela.

Slika 6-46. Primjer karte udjela frakcije pijeska nastale primjenom interpolacijskih parametara koji nisu optimalni, što rezultira nekvalitetnim modelom.

Slika 6-47. Karta udjela frakcije šljunka u pokrivaču porječja Dubračine s prostornom distribucijom točaka za izradu i provjeru modela.

Slika 6-48. Primjer karte udjela frakcije šljunka nastale primjenom interpolacijskih parametara koji nisu optimalni, što rezultira nekvalitetnim modelom.

Slika 6-49. A – ogolina s ID brojem 5 i pripadajućim geometrijskim središtem. B – ogolina s ID brojem 5 podijeljena drenažnim kanalima na manje poligone od kojih svaki ima svoje geometrijsko središte koji zajedno kvalitetnije predstavljaju predmetnu ogolinu u prostoru u usporedbi sa samo jednom točkom.

Slika 6-50. Prostorna međuzavisnost izdanaka fliša, lokacija disperzivnih uzoraka i ogolina. Crna crta predstavlja granicu porječja.

Slika 7-1. Dva tipa pokrivača koja se razlikuje prema vrsti matične stijene: A – šljunak nastao trošenjem karbonata; B – prahovita glina nastala trošenjem fliša.

Slika 7-2. Prostorna međuzavisnost lokacija disperzivnih uzoraka, klizišta i ogolina prikazana na topografskoj podlozi originalnog mjerila 1 : 25 000.

Slika 7-3. Lokacije dva klizišta u čijim nožicama su dokazane disperzivne gline, što predstavlja faktor koji vodi nastanku klizišta.

Slika 7-4. Distribucija klizišta i koncentracije iona natrija u ekstraktu tla pokrivača u sklopu ogoline s ID brojem 5 (porječje Slanog potoka).

Slika 7-5. Klasifikacija tala prema vodopropusnosti s obzirom na vrijednosti koeficijenta hidrauličke vodljivosti (USBR, 2001).

Slika 7-6. Prostorna međuzavisnost rasjeda, jaruga i ogolina s ID brojevima 19, 20 i 21. U podlozi se nalazi topografska karta originalnog mjerila 1 : 25 000. Za legendu litoloških jedinica vidi prilog 8 ili tablicu 4-1.

Slika 7-7. Prostorna međuzavisnost rasjeda i jaruga u porječju Dubračine.

Slika 7-8. Preklop karte višestruke podložnosti i poligona u sklopu kojeg je površina terena prekrivena tlima. Kao podloga je korištena topografska karta originalnog mjerila 1 : 25 000.

Slika 7-9. Međusobni utjecaj površinskih procesa i njihovo prostorno preklapanje.

Slika 7-10. Prostrorna distribucija izohijeta, izvora i pritoka rijeke Dubračine prikazana na topografskoj podlozi originalnog mjerila 1 : 25 000.

Slika 7-11. Karta seizmičnosti Hrvatske i okolnih područja do 2008. godine, prema dopunjenom Hrvatskom katalogu potresa Herak i dr. (1996). Porječje Dubračine prikazano je žutim poligonom.

POPIS TABLICA

Tablica 2-1. Podjela zonacijskih mjerila prema Fell i dr. (2008).

Tablica 4-1. Površine litoloških jedinica u porječju rijeke Dubračine prema Hrvatskom geološkom institutu (2007a, 2007b).

Tablica 5-1. Nazivi i simboli tala prema ISO 14688-2:2004(E).

Tablica 5-2. Popis meteoroloških postaja s kojih su korišteni podaci o količini oborine za razdoblje 1981-2010, a u svrhu izrade karte srednje godišnje količine oborine za navedeno razdoblje za porječje Dubračine.

Tablica 5-3. Izračun Hi-kvadrat testa na primjeru procesa klizanja i faktora udaljenosti od vodotoka.

Tablica 5-4. Granične vrijednosti Hi-kvadrata za 15 stupnjeva slobode (df) i razine značajnosti (p) 0,1; 0,05; 0,02 i 0,01. Žutom bojom je označen stupac korišten u ovom radu.

Tablica 5-5. Kvadratna matrica uspoređivanja po parovima temeljem izračunatih PR vrijednosti za svaki utjecajni faktor.

Tablica 5-6. Rezultirajuće težine svake pojedine faktorske karte (PR).

Tablica 5-7. Opisne ocjene karte (modela) podložnosti temeljem postignute preciznosti predviđanja.

Tablica 6-1. Koordinate geometrijskih središta klizišta.

Tablica 6-2. Koordinate geometrijskih središta poligona za koje se na temelju vizualne analize visokorezolucijskog modela terena smatralo da se radi o klizištima što je opovrgnuto terenskom verifikacijom.

Tablica 6-3. Klasifikacija klizišta prema površini i volumenu (Šestanović, 1993). U zagradama su granice klasa.

Tablica 6-4. Koordinate geometrijskih središta poligona puzišta.

Tablica 6-5. Koordinate geometrijskih središta ogolina i pripadajuće površine.

Tablica 6-6. Rezultati mjerenja nagiba terena na profilnim linijama prikazanim u prilogu 13 na karti ogolina.

Tablica 6-7. Koordinate geometrijskih središta poligona sipara i pripadajuće površine.

Tablica 6-8. Rezultati mjerenja kutova nagiba odlaganja materijala na profilnim linijama prikazanima u prilogu 19 na karti sipara.

Tablica 6-9. Popis pomoćnih i pripadajućih analiziranih uzoraka na temelju kojih je definiran granulometrijski sastav pomoćnih.

Tablica 6-10. Rezultati određivanja koncentracija iona natrija, kalija, kalcija i magnezija u ekstraktu tla pokrivača. Zelenom bojom su označeni nedisperzivni, a crvenom bojom disperzivni uzorci.

Tablica 6-11. Rezultati određivanja koncentracije iona natrija u ekstraktu tla pokrivača. Analizirani uzorci imaju oznaku koja počinje slovom "T", a pomoćni uzorci oznaku koja počinje sa slovom "P". U zagradi oznake pomoćnog uzorka je oznaka analiziranog uzorka na koji se pomoćni uzorak referira. Crvenom bojom su označeni disperzivni, a zelenom nedisperzivni uzorci. Ljubičastom bojom su označeni uzorci iz tablice 6-10.

Tablica 6-12. Osnovna statistička obrada rezultata mjerenja koncentracija iona natrija u ekstraktu tla pokrivača prikazanih u tablici 6-11.

Tablica 6-13. Rezultati određivanja Atterbergovih granica disperzivnih i nedisperzivnih uzoraka koji su granulometrijski vrlo slični. Crvenom bojom su označeni disperzivni, a zelenom nedisperzivni uzorci.
nagiba. D – granica puzišta s ID brojem 8 nastala kao rezultat vizualne analize karata pod A, B i C.

Tablica 6-14. Rezultati određivanja kohezije i kuta unutarnjeg trenja disperzivnih i nedisperzivnih uzoraka. Crvenom bojom su označeni disperzivni, a zelenom bojom nedisperzivni uzorci.

Tablica 6-15. Popis lokacija, uzoraka, rezultata mjerenja koncentracije iona natrija u ekstraktu tla pokrivača te granulometrijskog sastava uzoraka u svrhu određivanja modela trošenja nakon procesa sušenje-vlaženje. Disperzivne lokacije i uzorci su označeni crvenom, a nedisperzivni zelenom bojom.

Tablica 6-16. Rezultati određivanja modela trošenja disperzivnih i nedisperzivnih glina nakon procesa sušenja-vlaženja koji su klasificirani prema Santi (1998, djelomično nadopunjeno). Dobiveni brojevi predstavljaju oznaku klase modela trošenja (vidi sliku 5-12).

Tablica 6-17. Rezultati ispitivanja mineralnog sastava praha i gline RTG metodom. Crvenom bojom je označen disperzivan, a zelenom nedisperzivan uzorak. Za neke mineralne faze su dani i orijentacijski maseni udjeli u uzorku. Oznaka"+" znači da je udio minerala u uzorku mali, oznaka "++" znači da je udio minerala u uzorku znatan, oznaka "?" znači da prisutnost minerala u uzorku nije sa sigurnošću utvrđena (zbog njegovog malog udjela i/ili zbog preklapanja njegove difrakcijske slike s difrakcijskim slikama drugih minerala), oznaka "NIM" predstavlja nepravilno interstratificirane minerale.

Tablica 6-18. Rezultati ispitivanja aktivnosti uzoraka gline. Crvenom bojom su označeni disperzivni, a zelenom nedisperzivni uzorci.

Tablica 6-19. Izračun Hi-kvadrat statistike na primjeru procesa puzanja i faktora nagiba padine gdje su na postojeći inventar od 13, dodana 2 izmišljena puzišta, jedno u klasi od 5-10° i jedno u klasi od 10-15° što je rezultiralo odbacivanjem hipoteze.

Tablica 6-20. Izračun Hi-kvadrat statistike na primjeru procesa puzanja i faktora pokrova zemljišta gdje su na postojeći inventar od 13, dodana 2 izmišljena puzišta, jedno u klasi 112 (nepovezana gradska područja) i jedno u klasi 243 (pretežno poljoprivredno zemljište sa značajnim udjelom prirodnog biljnog pokrova) što je rezultiralo odbacivanjem hipoteze.

Tablica 6-21. Rezultati validacije karata podložnosti klizanju.

Tablica 6-22. Rezultati validacije karata podložnosti puzanju.

Tablica 6-23. Rezultati validacije karata podložnosti prekomjernoj eroziji.

Tablica 6-24. Rezultati validacije karata podložnosti jaružanju.

Tablica 6-25. Rezultati validacije karata podložnosti odronjavanju.

1. UVOD

Predmet istraživanja doktorskoga rada su površinski procesi klizanja (*engl. sliding*), puzanja (*engl. creeping*), prekomjerne erozije (*engl. excessive erosion*), jaružanja (*engl. gully erosion*) i odronjavanja (*engl. rockfall*) u porječju rijeke Dubračine u Primorsko-goranskoj županiji. Istraživanje spomenutih fenomena u sklopu disciplina kao što su geomorfologija ili inženjerska geologija vrlo je atraktivno budući da rezultati mogu bitno utjecati na planiranje prostora što ih istovremeno čini vrlo primjenjivim i korisnim za lokalnu zajednicu. U tu svrhu se koriste zonacijske karte podložnosti (*engl. susceptibility map*) koje prikazuju koji dijelovi terena već jesu podložni, ali i koji mogu postati podložni nekom od navedenih površinskih procesa u budućnosti. Planiranje prostora temeljeno na kvalitetnim inženjerskogeološkim podlogama je nužnost u fazi projektiranja raznih vrsta objekata na područjima koja su podložna klizanju, puzanju, prekomjernoj eroziji, jaružanju i odronjavanju. Takva područja, zbog svojih prirodnih uvjeta građenja, bitno poskupljuju investiciju, a ponekad je dovode i do bankrota zbog naknadnih sanacija, kako terena tako i objekata. Nužni ulazni podaci u svrhu zonacije podložnosti područja određenom površinskom procesu su karta inventara (*engl. inventory map*) procesa koji se istražuje i karte utjecajnih faktora (*engl. factor maps*) koji doprinose nastanku procesa (na primjer litološka karta, karta nagiba terena, karta pokrova zemljišta itd.).

Kako u porječju Dubračine postoje svi geološki, geomorfološki i klimatski preduvjeti za pojavu klizanja, erozije i odronjavanja, određena su tri cilja istraživanja:

1) Definirati najznačajnije faktore koji utječu na procese klizanja, puzanja, prekomjerne erozije, jaružanja i odronjavanja u sklopu područja istraživanja;

2) Definirati najpodložnije zone površinskim procesima klizanja, puzanja, prekomjerne erozije, jaružanja i odronjavanja;

3) Istražiti mogu li prekomjerna erozija i klizanje biti skupni geodinamički događaj na padini te u tom slučaju objasniti mehanizam interaktivnog djelovanja na padini;

Temeljeno na preliminarnim terenskim i laboratorijskim istraživanjima te istraživanju postojeće literature, formulirane su tri hipoteze koje su tijekom izrade doktorskog rada testirane, a to su:

1) Udjeli granulometrijskih frakcija tla na površini terena su prirodni utjecajni faktori klizanja u sklopu područja istraživanja;

2) Disperzivnost utječe na degradaciju inženjerskogeoloških svojstava tla i površinske geodinamičke procese;

3) Prekomjerna erozija i klizanje mogu biti skupni geodinamički događaji na padini.

Svi kartografski prikazi koji su u radu prezentirani, pripremljeni su pomoću GIS tehnologije u službenom referentnom koordinatnom sustavu kartografske projekcije HTRS96/TM čije koordinate su izražene u metrima.

Kao što je spomenuto, karta inventara procesa koji se istražuje nužan je i temeljni podatak u analizi podložnosti procesu, jer se temeljem prostorne distribucije pokreta mase na padini može zaključivati o faktorima koji utječu na njegov nastanak. U ovom istraživanju se u svrhu izrade inventara klizišta, puzišta, ogolina, jaruga i sipara primarno koristila daljinska metoda kartiranja temeljena na primjeni visokorezolucijskog modela terena dobivenog skeniranjem iz zraka kao i sljedeće službene topografske podloge Republike Hrvatske: Hrvatska osnovna karta 1 : 5 000 (HOK5), Digitalni ortofoto 1 : 5 000 (DOF5) i topografska karta 1 : 25 000 (TK25).

Specifičnost porječja Dubračine je prisustvo disperzivnih glina na površini. Uzorkovanjem i laboratorijskim analizama disperzivnih i nedisperzivnih glina, koje su pritom granulometrijski vrlo slične, pokušao se dati odgovor u kojoj mjeri i na koji način povećana koncentracija iona natrija u pornoj vodi tla utječe na njegova inženjerska svojstva. U tu svrhu su se usporedili kohezija i kut unutarnjeg trenja, Atterbergove granice plastičnosti, otpornost na proces sušenja-vlaženja, aktivnost i mineralni sastav disperzivne i nedisperzivne gline. Svojstvo disperzivnosti je definirano mjerenjem koncentracije iona natrija u ekstraktu tla metodom ionske kromatografije.

Istraživanjima je utvrđen utjecaj disperzivnosti na površinske procese, zbog čega nije bila moguća usporedba s drugim, geološki sličnim područjima u Hrvatskoj, jer je porječje Dubračine za sada jedina lokacija u Hrvatskoj gdje su na površini registrirane disperzivne gline.

U svrhu izrade karte podložnosti, nužno je prethodno izraditi faktorske karte pomoću kojih će se prostornim preklapanjem s inventarom istraživanog procesa, a pomoću izračunatih težinskih faktora, moći zaključivati o klasama koje u sklopu pojedinog faktora najviše doprinose pokretu mase na padini koji se istražuje. Na primjer, Toševski (2013) je temeljem

prostorne distribucije kartiranih klizišta u sklopu porječja Dubračine utvrdio da se 77 % površine od ukupne površine koja je zahvaćena klizanjem nalazi na nagibima padina od 10 do 20°. To znači da ta klasa faktora nagiba u odnosu na druge (0-10°, 20-30° itd.) ima najveći težinski faktor i da je s aspekta nagiba to raspon u sklopu kojeg je vjerojatnost nastanka klizišta na padini najveća. Generalno se može reći da su u svrhu zonacije podložnosti, prema Ma (2011), najčešće korištene sljedeće faktorske karte: litološka karta, karta nagiba terena, karta pokrova zemljišta, karta udaljenosti od površinskih vodotoka te karta udaljenosti od prometnica.

Nakon što se izračunaju svi težinski faktori pojedinih klasa u sklopu odabranih utjecajnih faktora, moguće je prostornim analizama odrediti njihov zajednički utjecaj na nastanak pokreta mase na padini. Navedeno rezultira kartom podložnosti na kojoj su izdvojena područja koja se razlikuju po relativnoj vjerojatnosti nastanka istraživanog pokreta mase na padini. U sklopu porječja Dubračine su za potrebe izrade disertacije izrađene karte podložnosti klizanju, puzanju, prekomjernoj eroziji, jaružanju i odronjavanju, što će omogućiti definiranje najutjecajnijih faktora i klasa unutar faktora koje doprinose nastanku spomenutih procesa u sklopu istraživanog područja. Osim navedenog, karte su dale odgovor na pitanje mogu li prekomjerna erozija i klizanje biti skupni geodinamički događaj na padini.

Kao što je već spomenuto, karte podložnosti imaju i sasvim praktičnu primjenu u planiranju prostora. Tereni koji su prepoznati kao podložni klizanju, trebali bi imati definirane neke opće uvjete koji bi se odnosili na program istraživanja, projektiranje i izvođenje radova na takvim padinama ili definirane uvjete pod kojima se na tim lokacijama može graditi.

Rad je tematski podijeljen u devet poglavlja koja imaju sljedeće naslove:

1) Uvod
2) Teorijske osnove
3) Područje istraživanja
4) Pregled dosadašnjih istraživanja
5) Metode istraživanja
6) Rezultati istraživanja
7) Diskusija
8) Zaključak
9) Literatura

Ad 1) U uvodnom dijelu su definirani površinski procesi i područje u sklopu kojeg su istraživani, glavni ciljevi rada, hipoteze koje su testirane, visokorezolucijski model terena kao fundamentalni podatak na kojem se temelje provedena daljinska istraživanja površine terena, spomenuti su disperzivni materijali kao specifičnost područja te su navedene službene topografske podloge koje su u radu korištene.
Ad 2) U poglavlju "Teorijske osnove" su za svaki istraživani proces dane literaturne definicije samog procesa, a objašnjeni su i temeljni pojmovi povezani sa zonacijom terena. Tako su definirani pojmovi kao što su "inventar" i "utjecajni faktori". Zonacija površine terena se može provesti primjenom različitih metoda, a u ovom poglavlju su opisane odabrane bivarijatne statističke metode korištene u svrhu zonacije podložnosti te je s obzirom na površinu istraživanja određeno mjerilo rada 1 : 5 000.

Ad 3) U trećem poglavlju opisane su glavne geografske, tektonske i seizmološke značajke porječja Dubračine.

Ad 4) U pregledu dosadašnjih istraživanja ukratko su prezentirana provedena geološka, hidrološka i inženjerskogeološka istraživanja u porječju Dubračine te inženjerskogeološka zonacijska istraživanja u Hrvatskoj. Ona su započela 1979. godine zonacijom klizanja podsljemenske urbanizirane zone u mjerilu 1 : 10 000 koju je izradila tvrtka Geoexpert.

Ad 5) U petom poglavlju detaljno su opisane metode istraživanja koje su u ovom radu primijenjene. Podijeljene su na terenske, laboratorijske i metode obrade i analize podataka. Terenskim metodama obavljeno je kartiranje i verifikacija klizišta i puzišta te uzorkovanje tala za potrebe laboratorijskih ispitivanja. Laboratorijske metode istraživanja korištene su u svrhu obrade uzoraka koji su prikupljeni terenskim radom, a imale su za cilj odrediti granulometrijski sastav tla, koncentraciju iona natrija, kalija, kalcija i magnezija u ekstraktu tla, Atterbergove granice plastičnosti, koheziju i kut unutarnjeg trenja, model trošenja tla nakon procesa "sušenje-vlaženje" te mineralni sastav tla. Metode obrade i analize podataka korištene su u daljinskim istraživanjima površinskih procesa primjenom visokorezolucijskog modela terena i sintezi rezultata dobivenih laboratorijskim istraživanjima te izradi faktorskih i zonacijskih karata podložnosti.

Ad 6) U ovom poglavlju prezentirani su rezultati istraživanja podijeljeni u tri tematske cjeline, odnosno potpoglavlja, a odnose se na rezultate kartiranja površinskih procesa, rezultate

laboratorijskih ispitivanja tla pokrivača te rezultate izrade karata podložnosti istraživanim površinskim procesima.

Ad 7, 8) Poglavlja "Diskusija" i "Zaključak" predstavljaju osvrt na provedena istraživanja i dobivene rezultate sa sintezom zaključaka koji se iz njih mogu izvesti, dok je u poglavlju "Literatura" (9) dan popis svih publikacija koje su korištene u izradi doktorskog rada.

2. TEORIJSKE OSNOVE

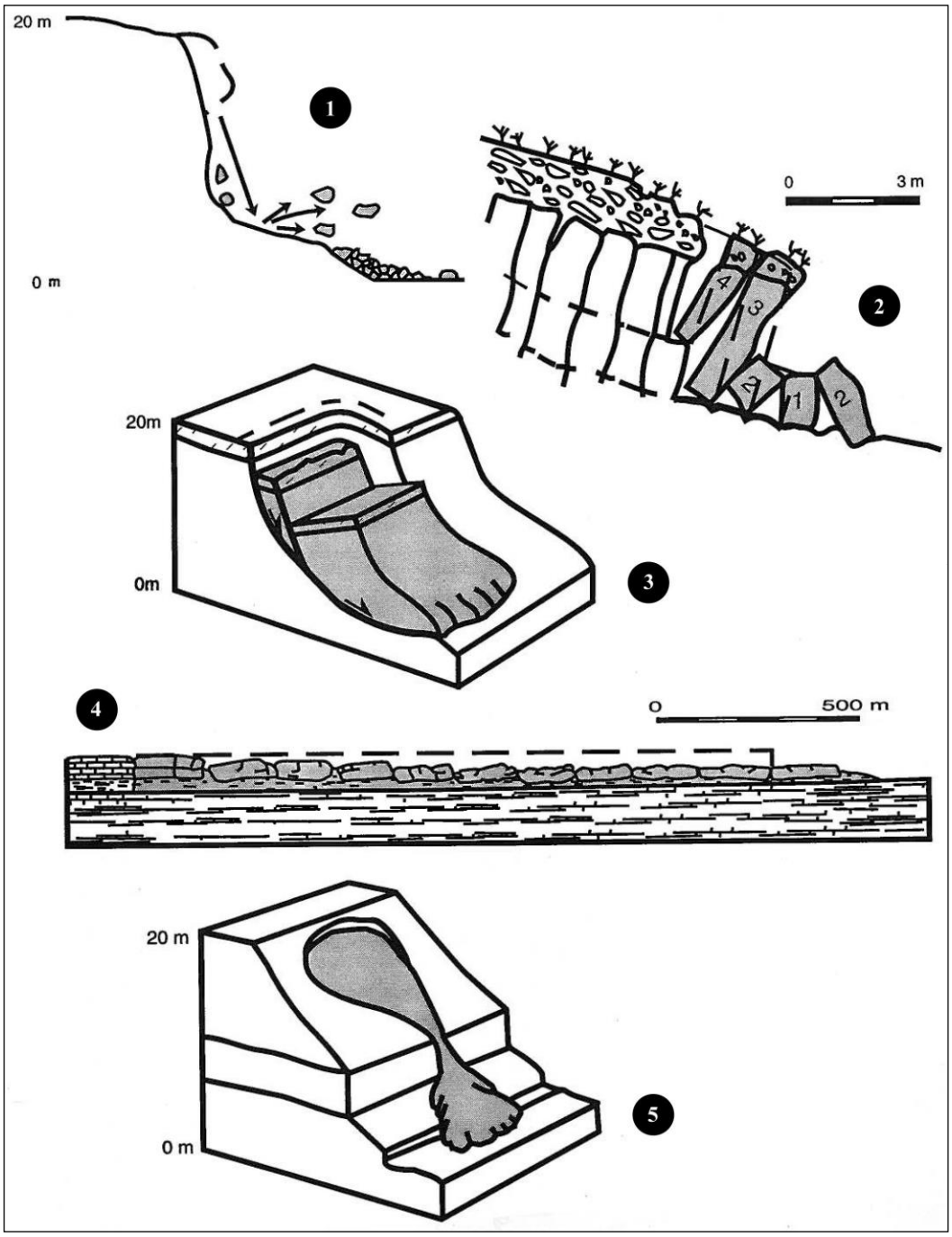
Sadržaj ovog poglavlja ima za cilj definirati površinske geodinamičke (inženjerskogeološke) procese koji su predmet istraživanja: klizanje, puzanje, erozija i odronjavanje. Osim toga, u poglavlju su definirani glavni pojmovi i načela u sklopu koncepta zonacije podložnosti.

Osim navedenog, dosadašnja istraživanja u porječju Dubračine ukazala su na prisutnost disperzivnih tala na pojedinim lokacijama na površini koju istovremeno karakterizira i vrlo intenzivna erozija (Mileusnić i dr., 2004; Jurak i dr., 2005). Kako se u ovom radu testira hipoteza o svojstvu disperzivnosti koje utječe na degradaciju inženjerskogeoloških svojstava, pri kraju ovog poglavlja je pojašnjeno i što su to disperzivna tla, koje su glavne značajke takvih tala i kako se identificiraju.

2.1. Klizanje i puzanje

Proces klizanja na padini ima za posljedicu nastanak klizišta kojeg su Terzaghi i Peck (1961) definirali kao slom mase tla na padini. Bates i Jackson (1984) pod pojmom *landslide* podrazumijevaju različite procese i geomorfološke oblike koji uključuju pokret određene mase, bilo tla, bilo stijena, niz padinu pod utjecajem gravitacije. Kao primjere takvih procesa i oblika navode odrone (*engl. rockfall*), blatne tokove (*engl. mudflow*) te klizišta (*engl. slump*).

Cruden (1991) definira klizište kao pokret stijenskog, zemljanog ili detritnog materijala niz padinu. Radna grupa UNESCO-a je za potrebe izrade svjetskog inventara klizišta (WP/WLI, 1993) ponudila svoju sistematizaciju pokreta masa na padinama (*engl. landslide*, slika 2-1) i definiciju klizišta (*engl. slide*). Za njih je klizište pokret mase tla ili stijena niz padinu koji se dominantno događa duž određene plohe ili relativno uske zone velike smičuće deformacije. Highland i Bobrowsky (2008) definiraju klizište na sljedeći način: "Klizište je termin koji opisuje pokret tla, stijenskog i organskog materijala niz padinu pod utjecajem gravitacije, ali i krajobraz koji je nastao kao rezultat takvog pokreta". Iz navedenog se može zaključiti da klizište u širem smislu (*engl. landslide*) znači pokret mase niz padinu, bez obzira o kakvom materijalu se radilo i bez obzira kakav je mehanizam pokreta, a u užem smislu (*engl. slide, slump*) klizište je najprikladnije opisala radna grupa UNESCO-a što je ujedno i definicija klizišta koja je prihvaćena kao polazište u ovom istraživanju.



Slika 2-1. Sistematizacija pokreta masa na padinama: 1) odronjavanje, 2) prevrtanje, 3) klizanje, 4) bočno razmicanje, 5) tečenje (WP/WLI, 1993).

Proces puzanja na padini ima za posljedicu nastanak puzišta (*engl. creep*). Highland i Bobrowsky (2008) puzište su definirali kao spori zemljani tok na padini koji je uzrokovan smičućim naprezanjima koja su dovoljna da uzrokuju deformacije materijala, ali ne i njegov lom. Puzanja često prethode klizanjima koja podrazumijevaju znatno veće deformacije terena i pomake koji se odvijaju bitno većim brzinama. Prema istim autorima brzina kretanja materijala niz padinu, kada se govori o puzištima, je obično manja od jednog metra u deset godina. Zbog vrlo malih i sporih pomaka, puzišta često nisu prepoznata na terenima za koje je potrebno ocijeniti pogodnost u svrhu eventualne gradnje, što potencijalno može uzrokovati velike probleme u fazi gradnje i eksploatacije objekata u vidu njihovih oštećenja, ali i nastanka mnogo većih i destruktivnijih pokreta mase na padini.

2.2. Erozija

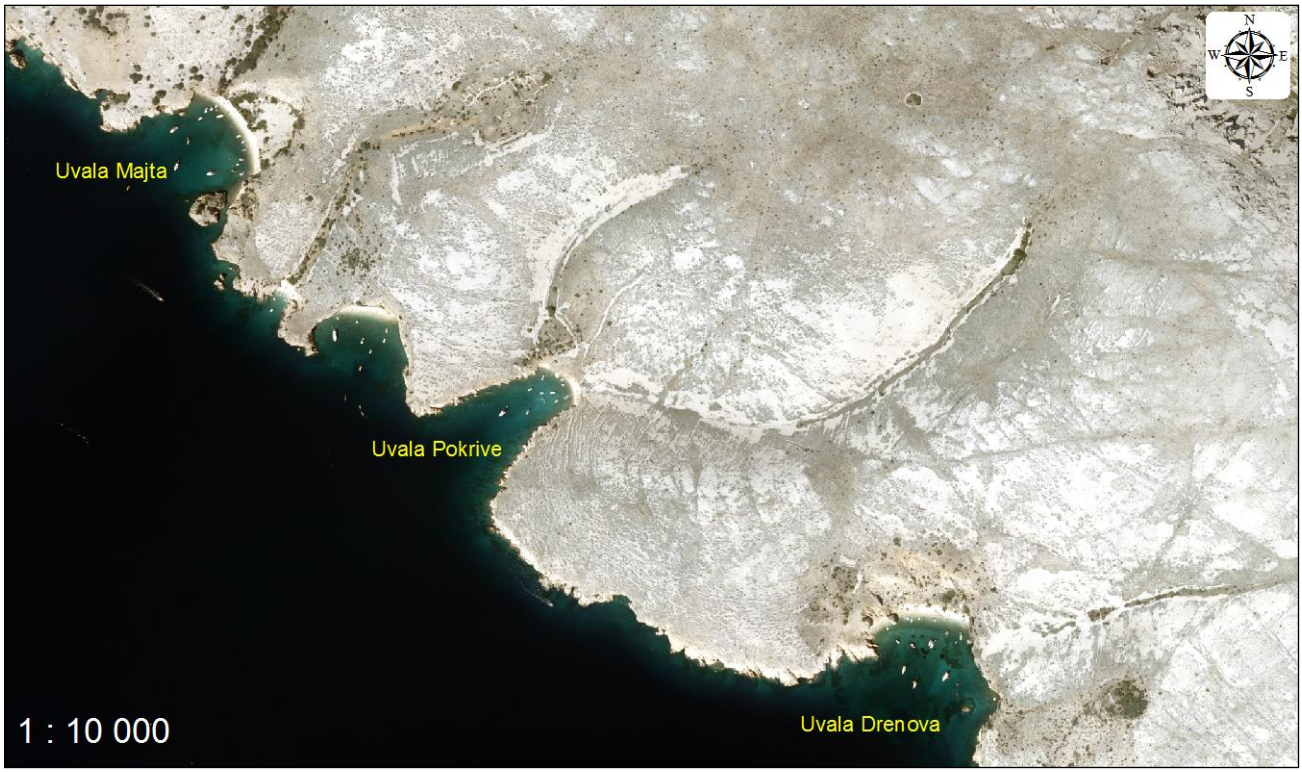
Eroziju su Bates i Jackson (1984) definirali kao odnošenje tla i stijena koje je nastalo kao posljedica trošenja djelovanjem vodotoka, ledenjaka, valova, vjetra i podzemnih voda. Thompson i Turk (1997) definiraju eroziju kao transport trošnih dijelova stijena i minerala djelovanjem tekuće vode, vjetra, leda i gravitacije. Plummer i dr. (2005) navode da je erozija pokretanje i fizičko premještanje odlomaka stijena djelovanjem tekuće vode ili ledenjaka kao agensa erozije. U enciklopediji geomorfologije koju je uredio A. S. Goudie 2006. godine erozija uključuje sve egzogene procese, isključujući trošenje i pokrete masa, koji uključuju povlačenje rastresitog materijala nastalog trošenjem nekim mobilnim agensom erozije i premještanje odlomaka matične stijene kao posljedice sudara s transportiranim materijalom (Thornbury, 1954, preuzeto iz Lupia-Palmieri, 2006). Agensi erozije prema Lupia-Palmieri (2006) su tekuće vode, ledenjaci, vjetrovi, valovi i morske struje. Osim spomenutih prirodnih čimbenika, isti autor smatra da se danas i čovjek, odnosno antropogena aktivnost, može smatrati uzročnikom erozije.

Predmet istraživanja u sklopu doktorskog rada je erozija vodom. Wischmeier i Smith (1978, preuzeto iz Chaplot, 2013) su eroziju vodom podijelili na tri tipa: 1) plošna ili ravninska erozija (*engl. sheet erosion*), 2) linijska erozija (*engl. linear, channel, rill or gully erosion*) i 3) erozija kišnim kapima (*engl. splash erosion*). U ovom radu istraživanje plošne erozije poistovjećeno je s istraživanjem ogolina (*engl. badland*) koje su posljedica prekomjerne erozije, dok erozija kišnim kapima neće biti predmetom istraživanja.

Benac (2013) definira ogolinu kao reljef bez vegetacije ili s vrlo oskudnom vegetacijom strmih nagiba padina s velikom gustoćom hidrografske mreže na kojem se

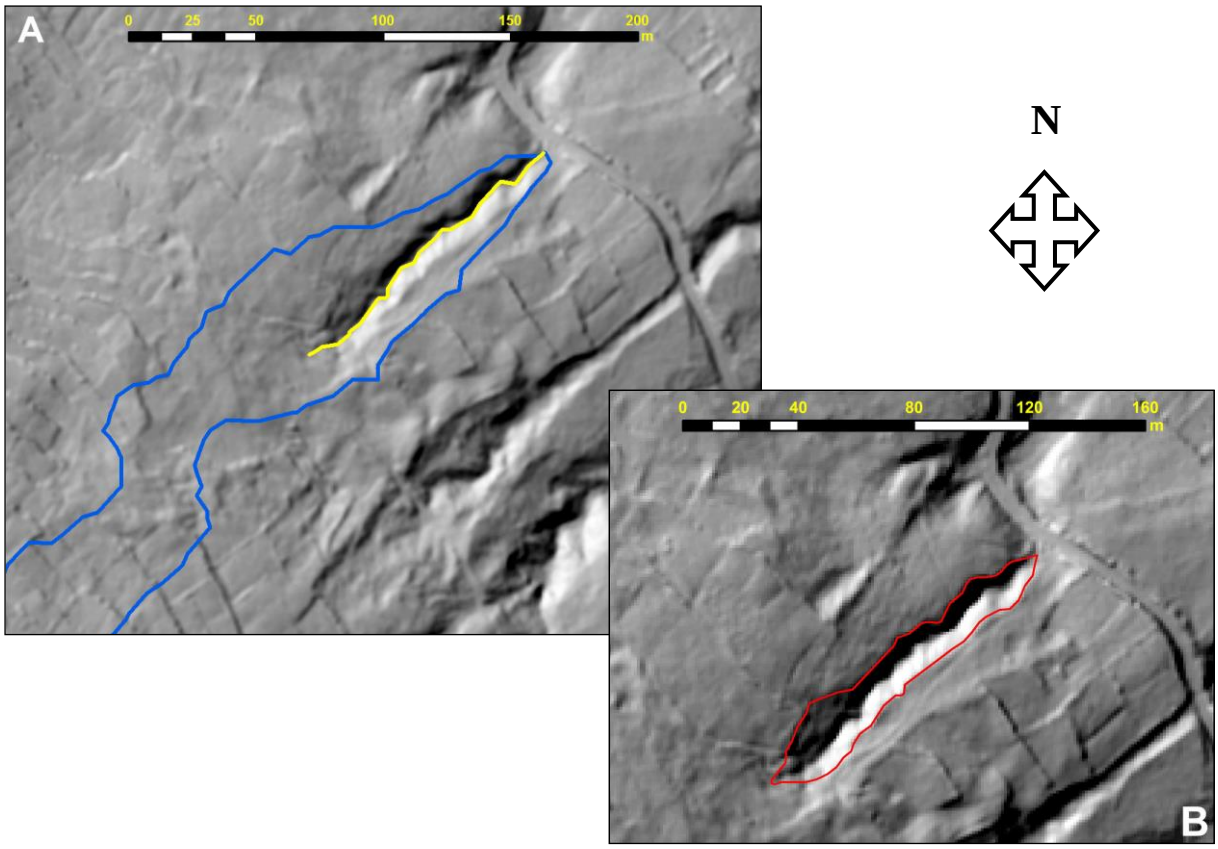
interaktivno odvijaju procesi erozije i pokreta masa na padinama. Preduvjet nastanka ogolina je postojanje erodibilne vrste stijene ili tla na površini kao što su lapori, gline ili šejlovi (Harvey, 2006) te odgovarajući nagib terena. Isti autor navodi kako se ogoline uobičajeno nalaze na područjima koja su razlomljena tektonikom te u sklopu sedimentacijskih bazena koji su u fazi izdizanja. Iz navedene definicije slijedi kako se ogolinama u užem smislu ne smatraju dijelovi terena koji su ogoljeni, a izgrađeni od materijala koji se ne troši u inženjerskom, već geološkom vremenu, na primjer ogoljeni tereni izgrađeni od vapnenaca. Ovo je bitno naglasiti jer u sklopu porječja Dubračine postoje ogoljeni tereni koji neće biti predmetom istraživanja, a to su oni koji se nalaze na vapnenačkim dijelovima područja istraživanja. Primjer ogoline razvijene na erodibilnom, flišnom terenu, može se vidjeti na slici 2-2., a na slici 2-3. je primjer ogoljenog terena razvijenog na karbonatnom, krškom terenu.

Slika 2-2. Ogolina na lokaciji Sv. Donat u središnjoj Istri nastala na erodibilnom, eocenskom flišu (foto V. Gulam, preuzeto iz Gulam, 2012).



Slika 2-3. Ogoljeli teren na jugozapadnim, priobalnim dijelovima otoka Krka nastao na karbonatnom, krškom terenu (www.geoportal.dgu.hr).

Intenzivna linijska erozija ima za posljedicu nastanak jaruga. Bates i Jackson (1984) su definirali jarugu kao mali kanal nastao radom vode u zemljanom, nekonsolidiranom materijalu. Perroy i dr. (2010) su jaružanje definirali kao odnošenje tla iz plitkih kanala nastalih radom površinske vode pri čemu je jaruga definirana dubinom kanala koja je u rasponu od 0,5 m do 30 m (Soil Science Society of America, 2001). Valentin i dr. (2005) smatraju jaružanje jednim od najdestruktivnijih oblika erozije koji može imati za posljedicu oštećenje raznih objekata i uništavanje plodnih poljoprivrednih površina, a štete nastale jaružanjem su pritom najčešće nepovratne. Treba naglasiti razliku između drenažnog kanala i jaruge u kontekstu kartografskog prikaza, što je ilustrirano slikom 2-4. Drenažni kanal na karti je linijski element i sastavni je dio drenažne, hidrografske mreže nekog područja. Suprotno tome, jaruga je na karti označena poligonom koji ima određenu površinu u sklopu kojeg se nalazi linija koja predstavlja drenažni kanal. Površina jaruge ne predstavlja priljevno područje određenog drenažnog kanala jer je ono redovito znatno veće od površine same jaruge.



Slika 2-4. A) Priljevno područje (plavi poligon) drenažnog kanala (žuta linija), B) jaruga (crveni poligon). U podlozi priljevnog područja, drenažnog kanala i jaruge je karta osjenčanog terena rezolucije 1 m.

2.3. Odronjavanje

Odronjavanje je proces kojeg su Jackson i Bates (1997) definirali kao slobodan pad ili vertikalan pokret dijelova masivne, homogene ili razlomljene stijene koji se odvajaju od litice ili strme padine, a koji mogu biti različitih veličina. Riječ je o najbržem tipu pokreta masa na padini koji je ujedno i najučestaliji u planinskim predjelima u rano proljeće kada se voda u pukotinama stijena opetovano zaleđuje i odleđuje. Kretanje odvojenih dijelova stijenske mase u niže nadmorske visine može biti direktno ili u vidu višekratnih dodira s padinom. Pritom putanje odlomljenih dijelova stijena nisu pod utjecajem klizne plohe u podini, kao što je to slučaj kod ostalih tipova pokreta (Jackson i Bates, 1997).

Benac (2013) odronjavanje definira kao pojavu otkidanja dijelova stijena, rjeđe tla, koja se zbiva gotovo trenutno. Mehaničko trošenje stijena praćeno je širenjem pukotina i/ili ispiranjem materijala između stijenki što ubrzava ispadanje dijelova stijenske mase, od sitnih kamenih odlomaka sve do kamene lavine. Zbog djelovanja gravitacije komadi otkinute stijene

kreću se velikom brzinom bez obzira na dimenzije, a također mogu odskakivati ili se kotrljati niz padinu (Benac, 2013). Kršje i blokovi koji su odvojeni od litice ili klifa se pod utjecajem gravitacije transportiraju i talože u hipsometrijski niža područja tvoreći sedimentna tijela koja zovemo sipari (*engl. talus, scree*). Fragmenti sipara uglavnom su uglati i izgrađeni od izvorišne stijene litice s koje su derivirani, a dominantno su dimenzija blokova (200-630 mm) i velikih blokova (> 630 mm). Ako su inženjerskogeološki uvjeti na padini takvi da je ispod sipara nepropusni materijal (npr. fliš), može se pretpostaviti puzanje ili klizanje sipara po takvoj podlozi. Pokret može zahvatiti cijelo tijelo sipara ili samo neke njegove dijelove koji se mogu kretati neovisno jedan o drugome. Jedan takav primjer pokreta na padini opisan je u radu kojeg su publicirali Benac i dr. (1999). Riječ je o složenom klizanju u dolini Rječine u blizini sela Grohovo. Istraživanja na spomenutoj lokaciji aktualna su i danas (Benac i dr., 2011; Arbanas i dr., 2012). Stijena koja nastaje litifikacijom sipara zove se siparna breča. Primjer litice kao izvorišta materijala i sipara na padini može se vidjeti na slici 2-5.

Slika 2-5. Litica izgrađena od vapnenaca i sipar u njezinom podnožju kao posljedica odronjavanja kršja i blokova. Lokacija se nalazi sjeverno od ruševina Gradine Grižane u Vinodolskoj općini (foto A. Toševski).

2.4. Disperzivna tla

Disperzivna tla su sitnozrnata, glinovita tla koja karakterizira velika podložnost trošenju i erodibilnost već pri malim energijama vode. Zbog toga ih je važno identificirati i razumjeti njihovu prirodu.

Velika erodibilnost posljedica je visoke koncentracije zamjenjivog kationa natrija u česticama gline, dok kod nedisperzivnih, sitnozrnatih tala kao zamjenjivi kationi prevladavaju kalcij i magnezij. Kation natrija neutralizira negativni naboj glinovitih čestica i nalazi se između dvije čestice vezan slabim van der Waalsovim silama. U slučaju visoke koncentracije zamjenjivog natrija u odnosu na kalcij, magnezij i kalij, elektrokemijske sile vode uzrokuju vezanje natrija za molekule vode što istovremeno uzrokuje deflokulaciju čestica gline koje kao samostalne ostaju lebdjeti u vodenoj suspenziji. Navedeno znači da natrij ima ulogu antikoagulatora u smjesi gline i vode. S inženjerskog aspekta, to znači potpuni gubitak čvrstoće tla. Ovaj fenomen objasnili su Volk (1937) i Richards (1954).

Tek je u ranim 1960-tim godinama prepoznat značaj disperzivnih tala u inženjerskoj praksi (Knodel, 1991) kada je u Australiji došlo do mnogih puknuća zemljanih brana zbog toga što su u samoj konstrukciji korištene disperzivne gline (Aitchison i Wood, 1965). Već na prvi dodir s vodom takva tla počinju gubiti koheziju zbog prelaska čestica gline u suspenziju. Pukotine u disperzivnim materijalima se vrlo brzo šire tvoreći cjevaste forme i to istovremeno cijelom duljinom pružanja (*engl. piping erosion*) te za nekoliko sati mogu uzrokovati potpuni kolaps konstrukcije (*engl. piping failure*). Tereni čija je površina izgrađena od disperzivnih tala, karakterizira prekomjerna erozija što za posljedicu ima najprije nastanak ogolina. Ogoline nastale na laporima u mediteranskom području su vrlo često posljedica disperzivnosti (Faulkner, 2013). Disperzivna tla mogu biti crvene, smeđe, sive i žute boje, odnosno boje koja predstavlja kombinaciju navedenih, dok crna tla bogata organskom tvari nisu disperzivna (Steele, 1976). Pokuse kojima se disperzivna tla identificiraju opisali su Sherard i dr. (1976), a to su:

1) "*Pinhole test*"
2) "*Soluble salts in pore water test*"
3) "*Double Hydrometer test*" i
4) "*Crumb test*".

Gore navedeni pokusi ukratko uključuju sljedeće postupke:

Ad 1) U uzorku se izbuši rupa promjera 1 mm kroz koju se propušta destilirana voda. Disperzivni materijali će obojati vodu, a nedisperzivni ne.
Ad 2) Uzorak se pomiješa s destiliranom vodom do konzistencije koja je bliska granici tečenja tla (pasta tla), nakon čega se mjere koncentracije u miliekvivalentima po litri kationa kalcija, magnezija, kalija i natrija u uzorku porne vode. Uzorak se dobije pomoću vakuma uz upotrebu filtera. Ovisno o udjelu koncentracije natrija u sumi koncentracija sva četiri kationa, ovisi hoće li materijal biti disperzivan ili ne.
Ad 3) Areometriranjem, uz jako miješanje suspenzije i uz dodani antikoagulator, se odredi granulometrijski sastav sitnozrnate komponente materijala. Isto se ponovi, ali bez miješanja i bez dodavanja antikoagulatora. Omjer udjela frakcije manje od 0,005 mm dobivene bez miješanja i bez antikoagulatora i iste frakcije dobivene uz jako miješanje i dodani antikoagulator, definira je li riječ o disperzivnom materijalu.
Ad 4) Praćenje eventulane disperzije malog uzorka potopljenog u destiliranoj vodi.

U ovom istraživanju disperzivnost uzoraka određena je na temelju koncentracije glavnih kationa u ekstraktu tla, što je detaljnije opisano u poglavlju 5.

2.5. Zonacija podložnosti površinskim geodinamičkim procesima

Površinski geodinamički procesi kao što su klizanje, odronjavanje itd. su već dugi niz godina u žarištu zanimanja mnogih stručnjaka i znanstvenika iz područja geološkog inženjerstva i geotehnike. Navedeno je povezano s činjenicom da geomorfološki fenomeni kao što su klizišta, mogu uzrokovati višemilijunske štete s ljudskim žrtvama što istraživanja površinskih geodinamičkih procesa čini vrlo primjenjivim. To je najvažniji preduvjet za svakog potencijalnog investitora, a to su najčešće lokalne i područne samouprave na čijim teritorijima postoje problemi povezani s pokretima masa na padinama. Sanacije terena i objekata koji su primjerice oštećeni klizanjem, predstavljaju kvalitetno, ali točkasto rješavanje problema što s aspekta urbanističkog planiranja namjene prostora određenog grada ili općine nije poželjno. U tu svrhu su se razvile metode izrade zonacijskih karata podložnosti (*engl. susceptibility maps*) površinskim geodinamičkim procesima, koje daju odgovor na pitanje koji su dijelovi terena najpodložniji nastanku određenog procesa, a na temelju njegove sadašnje prostorne distribucije. Opće prihvaćenu definiciju pojma "zonacija" (*engl. zonation*) dao je Varnes (1984), a označava podjelu područja istraživanja na dijelove i klasificiranje svakog dijela prema stupnju opasnosti od pojave pokreta na padini. Pioniri zonacije terena su Brabb i

dr. (1972) koji su priredili kartu podložnosti klizanju okruga San Mateo u Kaliforniji. U istom radu je ponuđena definicija podložnosti i metoda za klasificiranje terena koja se temelji na podacima o geološkim jedinicama, nagibu padine i udjelu klizišta u određenoj jedinici u odnosu na ukupnu površinu zahvaćenu klizanjem na istraživanom području. Ovakva istraživanja bilo je vrlo teško provesti, prvenstveno zbog toga što tada još nisu bila razvijena ni računala ni računalni programi za provođenje prostornih analiza. Spomenuti autori su zonaciju 1972. godine radili na analognim kartama, dok se danas za prostorne analize koristi GIS (*engl. Geographic Information System*) tehnologija. Geološki uvjeti i nagib padine (geomorfološki uvjet) se i danas smatraju najznačajnijim faktorima klizanja koje su Brabb i dr. (1972) uveli u koncept zonacije. Varnes (1984) je definirao tri temeljna principa, odnosno pretpostavke, na kojima su se temeljile dotadašnje zonacijske studije:

1) Prošlost i sadašnjost su ključ budućnosti. S aspekta pokreta masa na padinama, to znači da će do pokreta doći u istim geološkim, geomorfološkim i hidrološkim uvjetima koji su uvjetovali nastanak pokreta u sadašnjosti i prošlosti. To, naravno, ne znači nužno da izostanak pokreta u sadašnjosti ili prošlosti istovremeno znači i izostanak pokreta u budućnosti. Kao primjer se mogu navesti neka klizanja u "brzim glinama" (*engl. quick clays*) u Skandinaviji koja su nastala na područjima bez prethodno zabilježenog klizanja (preuzeto iz Varnes, 1984);

2) Glavni faktori koji utječu na pokret mase na padini se mogu identificirati. Na nekom području je moguće procijeniti koji su to faktori koji uzrokuju pokret, moguće je procijeniti relativnu težinu svakog od njih s kojom doprinosi nastanku pokreta, a faktore je moguće i kartirati. Tek kada se definira većina faktora koji su odredili aktualnu prostornu distribuciju pokreta, možemo predvidjeti koja područja će biti podložna pokretima u budućnosti;

3) Stupanj opasnosti od pojave pokreta mase na padini može se procijeniti. Kada se odredi relativna težina svakog faktora s kojom doprinosi nastanku pokreta, različitim metodama moguće je procijeniti sumarni utjecaj svih faktora u vidu podložnosti terena pojavi pokreta.

Spomenute principe i pretpostavke prihvatili su Carrara i dr. (1992) te Carrara (1993), a isti su aktualni i danas.

U nastavku će biti definirani najvažniji pojmovi u sklopu koncepta zonacije terena kao što su: inventar pokreta mase na padini, utjecajni faktori površinskih geodinamičkih procesa, tipovi zonacijskih karata, metode zonacije i mjerila zonacijskih karata.

2.5.1. Inventar

Inventar pokreta masa na padini predstavlja popis lokacija na kojima su pokreti registrirani, klasifikaciju tih pokreta, volumen pokrenutog tijela, aktivnost pokreta, datum nastanka kao i ostale značajke (atribute) pokreta na istraživanom području (Fell i dr., 2008). Corominas i dr. (2014) definiraju inventar kao zapis svih registriranih pokreta masa na padini koji su opisani raznim atributima (značajkama). Prema istim autorima, u idealnom slučaju inventar bi za svaki pokret trebao sadržavati informaciju o klasifikaciji pokreta, datumu nastanka ili relativnoj starosti, površini i/ili volumenu, stanju aktivnosti i faktorima nastanka. Sastavni dio inventara je i karta inventara (*engl. inventory map*) na kojoj su prikazane lokacije i granice pokreta koji su kartirani (Chacon i dr., 2006).

Izrada inventara zasniva se na sljedećim pretpostavkama koje predstavljaju sistematizaciju podataka iz radova mnogih autora (za popis autora vidi Guzzetti i dr., 2012) koju su proveli Guzzetti i dr. (2012):

1) pokreti masa na padinama ostavljaju vidljive tragove na terenu koji se mogu prepoznati, klasificirati i kartirati kroz terenski rad, interpretacijom stereoparova, interpretacijom satelitskih snimaka ili analizom digitalnih modela terena,
2) geomorfološke značajke pokreta ovise o tipu pokreta i njegovom intenzitetu,
3) pokreti masa ne nastaju slučajno, rezultat su interakcije fizičkih procesa i mehaničkih zakona koji opisuju stabilnost padine,
4) koncept "prošlost i sadašnjost su ključ budućnosti" među geomorfolozima je opće prihvaćen.

Metode izrade inventara mogu se podijeliti na konvencionalne i inovativne (Guzzetti i dr., 2012). Konvencionalne metode podrazumijevaju terensko geomorfološko kartiranje i interpretaciju stereoparova. Inovativne metode uključuju interpretaciju površinske morfologije pomoću digitalnih modela terena visoke rezolucije, interpretaciju satelitskih snimaka i upotrebu novih alata koji su unaprijedili mogućnosti terenskog kartiranja.

Inventari se mogu podijeliti na arhivske i geomorfološke (Guzzetti i dr. 2000., Malamud i dr., 2004). Arhivski inventari nastali su korištenjem postojeće literature, izvještaja ili neke druge arhivske građe, dakle bez dodatnih istraživanja. Geomorfološki inventari se dalje mogu podijeliti na:

1) povijesne inventare (*engl. historical inventories*),
2) inventare koji prikazuju pokrete inicirane samo jednim inicijatorom (okidačem) klizanja u određenom trenutku (*engl. event inventories*),
3) sezonske inventare (*engl. seasonal inventories*),
4) inventare koji prikazuju pokrete interpretirane pomoću istog tipa podatka, ali iz različitih razdoblja (*engl. multitemporal inventories*).

Povijesni inventari prikazuju pokrete na istraživanom području koji su inicirani tijekom prošlosti, bez obzira na inicijatore i uvjete koji su uzrokovali pojavu i bez obzira jesu li nastali prije deset, sto ili više godina. Tako starost nekog pokreta, primjerice klizišta, može biti naglašena samo u relativnim vremenskim jedinicama, npr. recentno, staro ili vrlo staro.

Moguće prirodne inicijatore (*engl. trigger*) pokreta masa na padinama opisao je Wieczorek (1996), a to su:

1) velika količina oborine u kratkom vremenu,
2) brzo topljenje snijega,
3) promjena razine podzemne vode,
4) vulkanska erupcija,
5) potres.

Svaki od ovih procesa može inicirati određeni broj pokreta koji se mogu prikazati u obliku inventara pojava uzrokovanih točno određenim procesom u određenom trenutku. Tada govorimo o inventarima koji prikazuju pokrete inicirane samo jednim inicijatorom u određenom trenutku.

Sezonski inventari prikazuju pokrete koji su inicirani jednim ili više inicijatora tijekom jedne ili više sezona.

Ako su tijekom istraživanja dostupni stereoparovi, digitalni modeli terena ili satelitski snimci iz različitih godina te se na temelju njih kartiraju pokreti na padinama, takvi inventari su u literaturi pisanoj na engleskom jeziku poznati pod nazivom "multi-temporal" inventari, a mogući prijevod može biti "viševremenski inventari".

Inventar koji je prikazan u ovom radu može se klasificirati kao povijesni, a prvi inventar u porječju Dubračine publicirao je Toševski (2013). Izrada kvalitetnog inventara je fundamentalni korak svake procjene ugroženosti nekog terena klizanjem ili nekim drugim pokretom, što su izričito naglasili Carrara i dr. (1992), a Corominas i dr. (2014) podatke iz inventara smatraju najvažnijim u sklopu svih podataka koji su nužni za provedbu zonacije.

2.5.2. Utjecajni faktori površinskih geodinamičkih procesa

Utjecajni faktori su svi oni faktori koji utječu, odnosno pospješuju i doprinose nastanku pokreta na padini i koji su relevantni za procjenu budućih pokreta. Pregled tih faktora dali su Soeters i van Westen (1996), van Westen i dr. (2008) te Corominas i dr. (2014). Prema van Westen i dr. (2008), svi faktori se mogu svrstati u jednu od šest tematskih grupa:

1) digitalni model reljefa;
2) geologija;
3) tlo;
4) hidrologija;
5) geomorfologija;
6) namjena i pokrov zemljišta.

Kako su topografske karakteristike terena ključni faktor koji se neizostavno koristi pri izradi zonacijskih karata, tako je i konstruiranje digitalnog modela reljefa (*engl. digital elevation model*) postalo vrlo bitno u svim istraživanjima koja se bave analizama hazarda određenog pokreta na padini, na primjer klizanja (van Westen i dr. 2008). Topografske značajke se najpreciznije i najlakše mogu dobiti pomoću GIS tehnologije iz digitalnog modela reljefa. Vrlo jednostavnim softverskim postupcima se iz modela mogu dobiti karta nagiba terena, karta smjera nagiba terena ili pak karta drenažnih kanala koje su u analizama vrlo važne. Nagib je prema van Westen (2008) najvažniji faktor pokreta na padini. Koje se tehnike mogu koristiti pri izradi modela reljefa naveli su van Westen i dr. (2008). Danas se najčešće modeli reljefa, i to visokih rezolucija, dobijaju obradom podataka nakon LiDAR snimanja, bilo da je ono terestičko ili snimanje iz zraka. Snimanje rezultira oblakom točaka od kojih svaka ima x, y i z vrijednost točke na tlu s koje se laserska zraka odbila. Njihovom interpolacijom se dobije model površine (*engl. digital surface model*), a u analizama pokreta

masa se koriste modeli s kojih su pomoću sofisticiranih algoritama računalnih programa i ručnog postupka uklonjeni dijelovi koji predstavljaju vegetaciju i objekte. To su takozvani "*bare earth*" modeli reljefa na kojima je prikazana samo topografija Zemljine površine, odnosno, to su digitalni modeli terena (*engl. digital terrain model*).

Geološki faktori i faktori povezani s tlima su nakon topografskih najčešće korišteni u prostornim predviđanjima budućih pomaka masa na padinama. U tom smislu bez geološke karte ne bi bilo moguće kvalitetno procijeniti na kojim dijelovima terena će se u perspektivi pojavljivati pokreti jer ta karta predstavlja vrlo vrijedan izvor iz kojeg je moguće derivirati nekoliko vrlo značajnih faktorskih karata. Jedna od njih je litološka karta na kojoj su izdvojene litološke jedinice zastupljene na nekom terenu.

Međutim, primjena litoloških karata dobivenih iz temeljnih geoloških karata koje najčešće predstavljaju kartu osnovne stijene podloge, tkz. "bedrock-a", ima svojih ograničenja u inženjerstvu. Toševski (2013) je u svojim istraživanjima označio fliš kao najznačajniji litološki faktor klizanja u porječju Dubračine, što proizlazi iz geološke karte koju je koristio, a izradio ju je Hrvatski geološki institut (2007b) za potrebe Hrvatskih voda. S inženjerskog aspekta, fliš predstavlja kompleks naslaga izrazito podložan trošenju u inženjerskom vremenu, što često ima za posljedicu da su flišni sedimenti prekrivene sitnozrnatim tlom (pokrivačem) deluvijalno-eluvijalne geneze. Upravo su u takvom materijalu registrirana klizišta koja su bila predmet istraživanja u spomenutom radu koji na inženjerskogeološkim kartama ni u kojem slučaju ne bi bio kartiran kao stijenski materijal. Zbog navedenog su litološke karte temeljene na inženjerskim karakteristikama materijala relevantnije u kontekstu zonacije podložnosti u odnosu na one temeljene na stratigrafskim karakteristikama (van Westen i dr., 2008).

Geološke karte, osim litoloških podataka, daju mogućnost i drugih razmatranja kada govorimo o površinskim geodinamičkim procesima, kao što su na primjer strukturne analize položaja diskontinuiteta na padini što je vrlo važan faktor pojave odrona.

Sastavni dio svake geološke karte su i lokacije te karakteri rasjeda, a udaljenost od rasjeda može biti faktor u istraživanjima koja za cilj imaju zonaciju podložnosti klizanju, odronjavanju ili nekim drugim inženjerskogeološkim procesima, budući je njihova gustoća i vjerojatnost pojave na terenu vrlo često obrnuto proporcionalna udaljenosti od rasjeda ili rasjedne zone. Udaljenost od rasjeda kao faktor u sklopu zonacije podložnosti klizanju, koristili su, na primjer, Lee i Talib (2005), Süzen i Doyuran (2004) te Komac i Ribičič (2006).

Inženjerska svojstva tla kao medija u kojem se klizišta (*engl. slide*) nalaze su vrlo bitna u kontekstu zonacije. Pri tom se misli na genetsku ili inženjersku klasifikaciju tla, prostornu distribuciju debljine, granulometrijski sastav, koheziju, kut unutarnjeg trenja,

stupanj zasićenosti vodom i gustoću tla. Navedene veličine izravno su povezane s vjerojatnošću nastanka klizišta. Na primjer, materijali koji imaju manju koheziju i kut unutarnjeg trenja, odnosno, manje parametre čvrstoće, biti će podložniji pokretima od onih s većim vrijednostima tih istih parametara. Također se može pretpostaviti da su debljina tla i vjerojatnost nastanka pokreta u proporcionalnom odnosu.

Hidrološki faktori koji prema van Westen (2008) doprinose nastanku pokreta su povezani s prostornim i vremenskim oscilacijama razine podzemne vode te količinom vode, odnosno, vlažnošću materijala. Osim navedenog, neke od hidroloških komponenti koje su bitne u procjeni vjerojatnosti nastanka pokreta su količina oborine, evapotranspiracija, infiltracija u podzemlje, postojanje površinskih vodotoka itd. Najslikovitije se utjecaj hidroloških faktora na nastanak pokreta može objasniti utjecajem površinskih vodotoka koji svojom energijom tijekom vremena erodiraju i vlaže materijal kroz koji prolaze i na taj način doprinose nastanku pokreta. U tom smislu, praksa je pokazala da je vjerojatnost nastanka pokreta obrnuto proporcionalna s udaljenošću od površinskog vodotoka. Udaljenost od površinskog vodotoka kao faktor u sklopu zonacije podložnosti klizanju, koristili su, na primjer, Çevik i Topal (2003), van Westen i dr. (2003) te Yalcin (2008).

Iako se geomorfološkim faktorima mogu smatrati kut nagiba i smjer nagiba terena, van Westen i dr. (2008) su ih svrstali u faktore povezane s digitalnim modelom reljefa, dok se pod geomorfološkim faktorima podrazumijevaju geomorfološke jedinice na koje je teren podijeljen u svrhu zonacije (*engl. terrain mapping units*). Geomorfološke jedinice su rezultat genetske i geomorfološke klasifikacije formi reljefa. Moguće jedinice podjele terena u svrhu zonacije detaljno je opisao Guzzetti (2005), a kao najučestalije se koriste raster/grid s ćelijama određene površine te "slope units" (mogući prijevod padinska jedinica ili jedinica padine) koje predstavljaju hidrološke jedinice omeđene drenažnim kanalom i razvodnicom. Izbor jedinica kojima će se podijeliti teren na manje homogene dijelove po određenom kriteriju izravno utječe na konačne rezultate zonacije.

Faktori koji se odnose na namjenu i pokrov zemljišta podrazumijevaju prostornu distribuciju različitih vrsta pokrova i namjene zemljišta. Ta raspodjela može biti u korelaciji s prostornom distribucijom pokreta na padinama. Isto tako i vremenske promjene u namjeni i pokrovu možda imaju za posljedicu povećanu vjerojatnost nastanka pokreta.

2.5.3. Tipovi zonacijskih karata i metode njihove izrade

Aleotti i Chowdhury (1999) su metode izrade zonacijskih karata podijelili na kvalitativne i kvantitativne. Kvalitativne metode se u potpunosti temelje na znanju i iskustvu stručnjaka koji radi zonaciju. Ulazni podaci najčešće su rezultat terenskog rada i interpretacije stereoparova. Kvalitativne metode je Leroi (1996) još nazvao "Expert Evaluation Approaches".

Kvantitativne metode imaju za cilj minimizirati utjecaj osobnog znanja i iskustva stručnjaka koji radi zonaciju na konačan izgled karte, a isti autori su ih podijelili na statističke, geotehničke i metode neuronskih mreža.

U ovom istraživanju su se za zoniranje terena koristile sljedeće bivarijatne (univarijatne) statističke metode zonacije:

1) "Frequency ratio method" (Lee i Talib, 2005),
2) "Information value method" (Yin i Yan, 1988).

Specifičnosti navedenih metoda opisane su u poglavlju 5, a faze izrade zonacijskih karata koje su zajedničke svim metodama sistematizirali su Aleotti i Chowdhury (1999):

1) određivanje faktora koji doprinose nastanku pokreta na padini i razvrstavanje svakog faktora na određene klase,
2) izrada inventara,
3) preklapanje inventara sa svakom faktorskom kartom,
4) određivanje gustoće pokreta unutar svake klase određenog faktora i definiranje težinskog faktora,
5) određivanje težine za svaki faktor koji doprinosi nastanku pokreta,
6) konačno preklapanje faktorskih karata i svrstavanje jedinica pomoću kojih se u svrhu kartiranja podijelio teren (*engl. mapping units*) u određene zonacijske klase koje se razlikuju po podložnosti nastanku pokreta mase na padini.

Zonacija terena podrazumijeva prethodni odabir prikladne jedinice pomoću koje se područje istraživanja podijeli na manje dijelove koji se kartiraju po određenom kriteriju.

Hansen (1984) je kartirane jedinice terena definirao kao dijelove površine koje karakteriziraju određeni uvjeti, a koji su različiti od susjedne površine u sklopu područja istraživanja. U kontekstu zonacije, kartirana jedinica terena predstavlja površinu u sklopu koje

je naglašena interna homogenost i međujedinična heterogenost. Jedinice kojima se teren može podijeliti na manje dijelove se mogu svrstati u sljedeće grupe (Guzzetti i dr., 1999; Guzzetti, 2005):

1) pravilni raster izgrađen od kvadrata određene duljine stranice (*engl. grid cells*),
2) geomorfološke jedinice terena (*engl. terrain units*),
3) jedinice jednakih uvjeta (*engl. unique condition units*),
4) jedinice padine (*engl. slope units*),
5) topografske jedinice (*engl. topographic units*),
6) administrativne ili političke jedinice (*engl. administrative or political units*).

Izbor jedinice u svrhu zonacijskog kartiranja terena prema istim autorima ovisi o nizu faktora kao što su: tip pokreta na padini koji se istražuje, mjerilo istraživanja, kvaliteta i namjena istraživanja te dostupnost podataka nužnih za provedbu zonacije. Prema Guzzetti (2005), statističke metode zonacije ne podržavaju podjelu terena na geomorfološke jedinice terena i topografske jedinice, a u ovom istraživanju je u svrhu zonacije teren podijeljen na pravilni kvadratični raster s duljinom stranice 1 m.

Tipovi zonacijskih karata površinskih procesa se prema Corominas i dr. (2014) dijele na:

1) karte inventara (*engl. inventory map*),
2) karte podložnosti (*engl. susceptibility maps*),
3) karte hazarda (*engl. hazard maps*),
4) karte rizika (*engl. risk maps*).

Na karti inventara su prikazane lokacije i granice pokreta masa koji su kartirani. U idealnom slučaju svaku kartu inventara prate i informacije o klasifikaciji pokreta, datumu nastanka ili relativnoj starosti, površini i/ili volumenu, stanju aktivnosti i faktorima nastanka.

Karta podložnosti je karta na kojoj je teren podijeljen na zone koje se razlikuju po stupnju podložnosti nastanku pokreta mase na padini u budućnosti.

Ako znamo vrijeme nastanka (iniciranja) pokreta, na temelju karata podložnosti možemo generirati karte hazarda kojima je teren podijeljen na zone koje karakterizira različiti broj registriranih pokreta određene magnitude koji se iniciraju u jedinici vremena, npr. broj aktiviranih klizišta na km^2 u godini dana (prema preporukama koje su dali Fell i dr., 2008).

Iz karata hazarda se mogu generirati karte rizika. Na njima je teren podijeljen na zone koje karakterizira različit stupanj oštećenja koja su posljedica određenog tipa pokreta na padini koji ima određenu magnitudu u određenom vremenskom periodu ili na zone koje se razlikuju prema stupnju izloženosti osoba ili objekata. Pod oštećenjem se podrazumijevaju oštećenja objekata i okoliša ili gubici ljudskih života. Prema preporukama koje su dali Fell i dr. (2008), zoniranje karata rizika bi se trebalo temeljiti na broju poginulih osoba u godini dana ili na nastaloj šteti.

2.5.4. Mjerila zonacijskih karata

Mjerila zonacijskih karata ponajprije ovise o površini i budžetu istraživanja. Osim navedenog, ona ovise i o zahtjevima investitora, dostupnim podacima, metodama istraživanja koje se primijenjuju te o mjerilima topografskih podloga. Opće prihvaćena podjela u stručnoj i znanstvenoj literaturi prikazana je u tablici 2-1, a istraživanja koja su prikazana u ovom radu su u krupnom mjerilu 1 : 5 000.

Tablica 2-1. Podjela zonacijskih mjerila prema Fell i dr. (2008).

Opis mjerila	Raspon mjerila	Površina istraživanja (km^2)
Sitno	< 1 : 100 000	> 10 000
Srednje	1 : 100 000 do 1 : 25 000	10 000 do 1 000
Krupno	1 : 25 000 do 1 : 5 000	1 000 do 10
Detaljno	> 5 000	Nekoliko hektara do nekoliko kilometara kvadratnih

3. ZNAČAJKE PODRUČJA ISTRAŽIVANJA

U ovom poglavlju su prikazane generalne značajke porječja rijeke Dubračine u sklopu kojeg su provedena istraživanja u doktorskom radu.

3.1. Geografske značajke

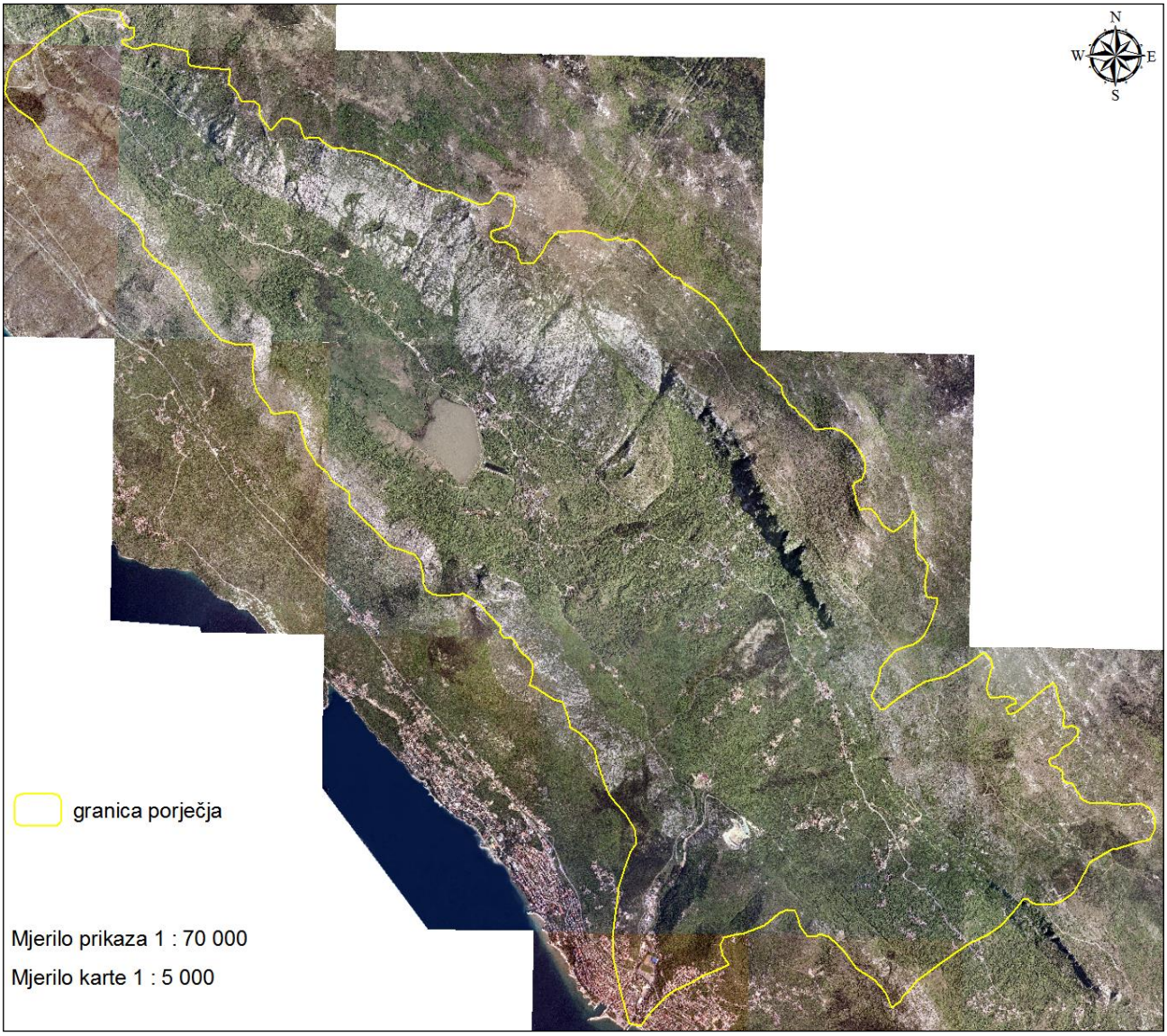
Porječje rijeke Dubračine nalazi se u Primorsko-goranskoj županiji i ima površinu od 43,57 km^2. Konturu sliva publicirali su Ožanić i dr. (2011). Porječje se administrativno nalazi na teritoriju tri jedinice lokalne samouprave: Grad Kraljevica (7,94 % porječja), Grad Crikvenica (17,27 % porječja) i Općina Vinodolska (74,79 % porječja), (slika 3-1). Nešto veća naselja u samom porječju su Drivenik, Tribalj i Grižane koja zajedno prema popisu iz 2011. godine broje 1882 stanovnika. U porječju je i dio naselja Crikvenica koji prema istom popisu ima 6860 stanovnika (grad Crikvenica uključuje još naselja Dramalj, Jadranovo i Selce) i to na području gdje se Dubračina ulijeva u more. Porječje je omeđeno strmim vapnenačkim liticama dinarskog pružanja (SZ-JI) koje su formirane neogenskom (Grimani i dr., 1973.; Blašković, 1999) i kvartarnom tektonikom (Blašković, 1983). Između litica se nalazi dolina kojoj se u podlozi nalaze naslage fliša. Nadmorske visine u sklopu područja istraživanja su prema digitalnom modelu terena u rasponu od -2 m do 923 m. Digitalni ortofoto snimak porječja originalnog mjerila 1 : 5 000 prikazan je slikom 3-2.

Klima je primorskog tipa. Prema podacima klimatološke postaje Crikvenica srednja godišnja temperatura za razdoblje 1965-1994 iznosi 14,1° C. Najhladniji mjesec je siječanj s prosječnom temperaturom 6,1°C, a najtopliji srpanj s prosjekom od 23,5° C. Prema istoj postaji i za isto razdoblje prosječna godišnja količina oborine iznosi 1270 mm. Najveća prosječna količina oborine se javlja u rujnu (160 mm), a najmanja u srpnju (49 mm). Prosječna vlaga iznosi 71%. Prosječni broj vedrih dana je 82, a oblačnih 102. Od vjetrova su najvažniji jugo i bura. Magla je vrlo rijetka pojava sa svega nekoliko maglovitih dana godišnje. Navedeni klimatološki podaci su preuzeti iz Prostornog plana područja posebnih obilježja Vinodolske doline iz 2004. godine čiju izradu je financirala Primorsko-goranska županija.

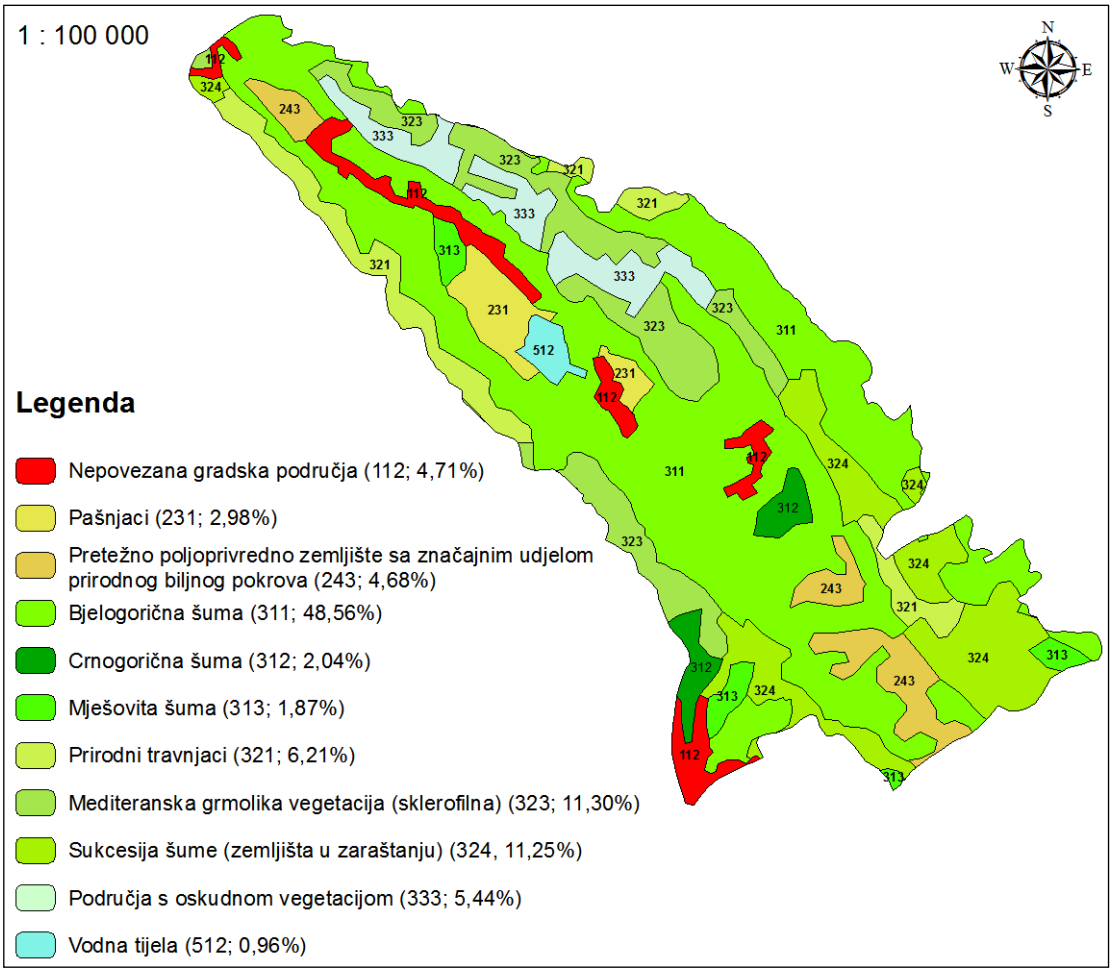
Prema Agenciji za zaštitu okoliša (2012), u mjerilu 1 : 100 000, u porječju je registrirano 11 klasa pokrova zemljišta treće razine. Na bjelogoričnu šumu te mediteransku grmoliku vegetaciju otpada 59,86 % površine. Preostalih devet klasa prekriva 40,14 %

površine porječja. Udio i prostorna distribucija svake pojedine klase mogu se vidjeti na slici 3-3.

Slika 3-1. Lokacija porječja rijeke Dubračine (kontura prema Ožanić i dr., 2011) na topografskoj karti mjerila 1 : 100 000. Poligon s oznakom 1 predstavlja presjek porječja i Grada Kraljevica, s oznakom 2 presjek porječja i Općine Vinodolske te s oznakom 3 presjek porječja i Grada Crikvenica.



Slika 3-2. Digitalni ortofoto snimak porječja Dubračine originalnog mjerila 1 : 5 000.



Slika 3-3. Karta pokrova zemljišta porječja Dubračine prema CORINE klasifikaciji treće razine s pripadajućim kodovima i udjelima u ukupnoj površini porječja (Agencija za zaštitu okoliša, 2012).

3.2. Tektonske značajke

Tektonika porječja Dubračine kao i cijele Vinodolske doline kojoj pripada, vrlo je zanimljiva s aspekta regionalnih odnosa. Glavna obilježja porječju dala je tercijarna tektonika koja je imala presudnu ulogu u izdizanju Dinarida (Hrvatski geološki institut, 2007c). Cjelovita karbonatna platforma se krajem krede i početkom paleogena počinje dezintegrirati kao rezultat kompresije prostora na pravcu sjeveroistok-jugozapad i jakog potiska iz smjera jugozapada (Hrvatski geološki institut, 2007c). Rezultat navedenog su sinklinalno položene flišne, eocenske, klastične naslage stiješnjene između vapnenačkih stijena starijeg paleogena i gornje krede u usku dolinu pružanja sjeveroistok-jugozapad (Blašković, 1999). Karbonatne stijene su s jedinicom fliša središnjeg dijela doline u rasjednom kontaktu reverznog tipa. Specifičnost ovog eocenskog sedimentacijskog bazena je u tome što je do reversnog kretanja

došlo i u sjeveroistočnom i u jugozapadnom boku doline gdje vapnenačke litice koje omeđuju dolinu konvergiraju jedna prema drugoj.

Tektonski model koji opisuje genezu porječja Dubračine dao je Blašković (1999). Radi se o modelu koji pretpostavlja kretanje i podvlačenje (subdukciju) ploče prema sjeveroistoku sa širom zonom horizontalne i užom zonom vertikalne komponente kretanja. U početnoj fazi kolizijskih kretanja na prijelazu kreda-paleogen dolazi do boranja sedimentnog kompleksa čime se definiraju dijelovi sinklinalnih, odnosno antiklinalnih struktura. Aktivni dio kontinentalne kore u horizontalnom kretanju i subduciranju je definiran kao podinsko krilo akcije. Relativno pasivni dio kore definiran je kao krovinsko krilo otpora ili reakcije. Između ova dva krila se nalazi uska zona subdukcije dodira dva krila koja imaju nasuprotna kretanja. Uska zona subdukcije odgovara primarnoj sinklinalnoj strukturi dok krila tvore antiklinalnu strukturu.

U svjetlu postavki modela plitke subdukcije, karbonatni greben koji izgrađuje jugozapadni rub porječja i graniči s morem je definiran kao rubni dio podinskog krila akcije. Karbonatni greben koji izgrađuje sjeveroistočni rub porječja je definiran kao krovinsko krilo reakcije ili otpora i u stalnom je izdizanju, a flišna dolina između dva grebena kao uska zona subdukcije. I jedan i drugi greben karakterizira antiklinalna struktura. Na sjeveroistočnom grebenu se na antiklinalu prema jugoistoku nadovezuje prebačena antiklinala što svjedoči o većim tektonskim naprezanjima kojima je bio izložen u odnosu na jugozapadni greben. U prilog tome idu i snimljeni reversni rasjedi kojih na jugozapadnom grebenu u sklopu granice porječja nema, kao i bitno veća površina sipara i siparnih breča registrirana uz sjeveroistočni rub doline nego uz jugozapadni. Najintenzivnija tektonska aktivnost istih obilježja, odlučujuća za konačno oblikovanje porječja Dubračine i Vinodolske doline kojoj pripada, odvijala se tijekom kvartara u posljednjih dva milijuna godina (Blašković, 1999). U prilog tome, između ostalog (vidi Blašković, 1999), ide nalaz subhorizontalnih slojeva siparnih breča iznad kojih naliježu mlađe siparne breče s kutom nagiba slojeva u rasponu od 35 do 45° (Blašković, 1983). Česte pojave potresa svjedoče o tektonskoj aktivnosti koja je prisutna i danas što se jasno vidi na kartama koje su publicirali Herak i dr. (2011) prema kojima je područje Vinodola jedno od tri najznačajnija epicentralna područja Hrvatske.

3.3. Seizmološke značajke

Porječje rijeke Dubračine, kao i cijela Vinodolska dolina kojoj pripada, jedno je od seizmički najaktivnijih područja u Hrvatskoj u sklopu kojih se mogu očekivati najveća poredbena vršna ubrzanja za A tip geotehničke sredine (Herak i dr., 2011). Prema istim autorima, osim Vinodola, navedeno se odnosi na šire područje gradova Metković, Zagreb i Dubrovnik.

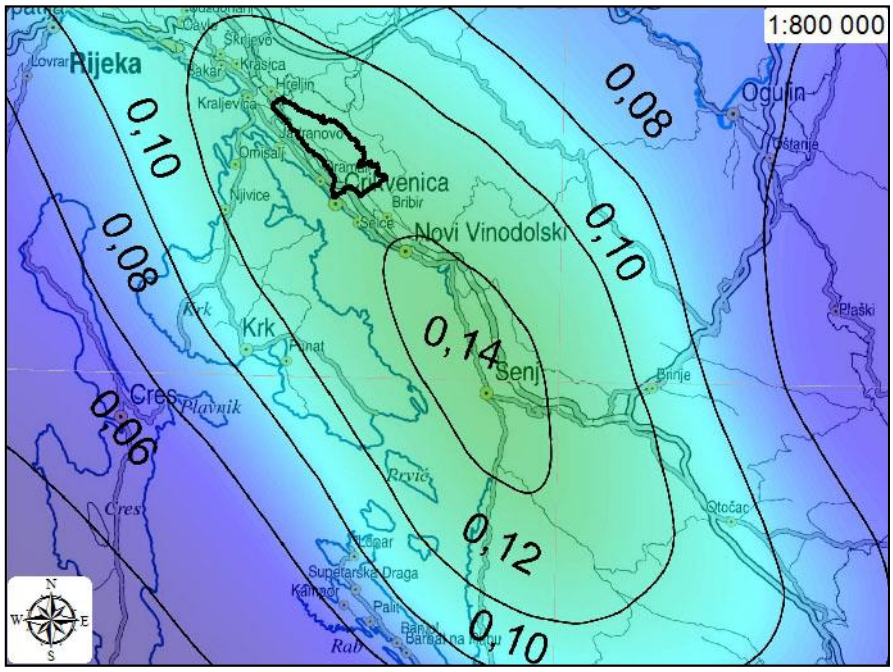
Geotehnička sredina tipa A definirana je u Eurokodu 8, koji se koristi za projektiranje objekata u dinamičkim uvjetima, prema kojem se pod time podrazumijeva stijena ili neka druga geološka formacija slična stijeni koja uključuje najviše 5 m slabijeg materijala na površini.

Karte potresnih područja Republike Hrvatske izradili su Herak i dr. (2011) na temelju opažene seizmičnosti i podataka o potresima koji se nalaze u Hrvatskom katalogu potresa kojeg su izradili Herak i dr. (1996). Katalog sadrži podatke za više od 40 000 potresa koji su se dogodili na području Hrvatske i susjednih država i redovito se dopunjuje podacima o novim potresima. Približno mjerilo karata je 1 : 800 000, a izrađene su za povratne periode (T) od 95 i 475 godina. Karte prikazuju poredbena vršna ubrzanja (a_{gR}) tla tipa A s vjerojatnosti premašaja (p) 10 % u poredbenom razdoblju 10 godina za povratno razdoblje od 95 godina, odnosno u poredbenom razdoblju od 50 godina za povratno razdoblje 475 godina izraženo u jedinicama gravitacijskog ubrzanja g (1g = 9,81 m/s^2). Vjerojatnosti premašaja (p), poredbeno razdoblje (t) i povratno razdoblje (T) povezani su izrazom 3-1:

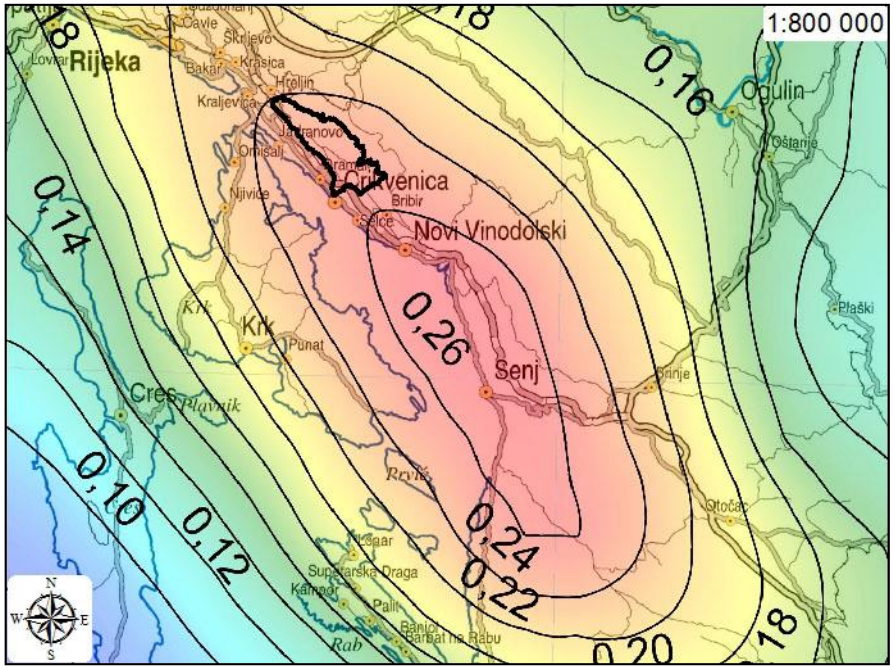
$$p = 100\left[1-\left(1-\frac{1}{T}\right)^{t}\right] \qquad 3\text{-}1$$

Vrijednosti prikazane na karti odgovaraju ubrzanjima koja se u prosjeku premašuju svakih 95, odnosno 475 godina. Ubrzanja su izražena u jedinicama gravitacijskog ubrzanja g. Iznosi poredbenih vršnih ubrzanja na karti su prikazani izolinijama s rezolucijom od 0,02g. Numerički navedene vrijednosti na karti odnose se na prostor između dvije susjedne izolinije. U slučaju dvojbe valja uzeti prvu susjednu veću vrijednost.

Na slici 3-4 je prikazan isječak iz karte za povratni period od 95 godina na kojoj je vidljivo da se područje istraživanja (označeno crnim poligonom) nalazi u zoni koja ima poredbeno vršno ubrzanje (a_{gR}) od 0,12g, a za povratni period 475 godina 0,24g (slika 3-5).



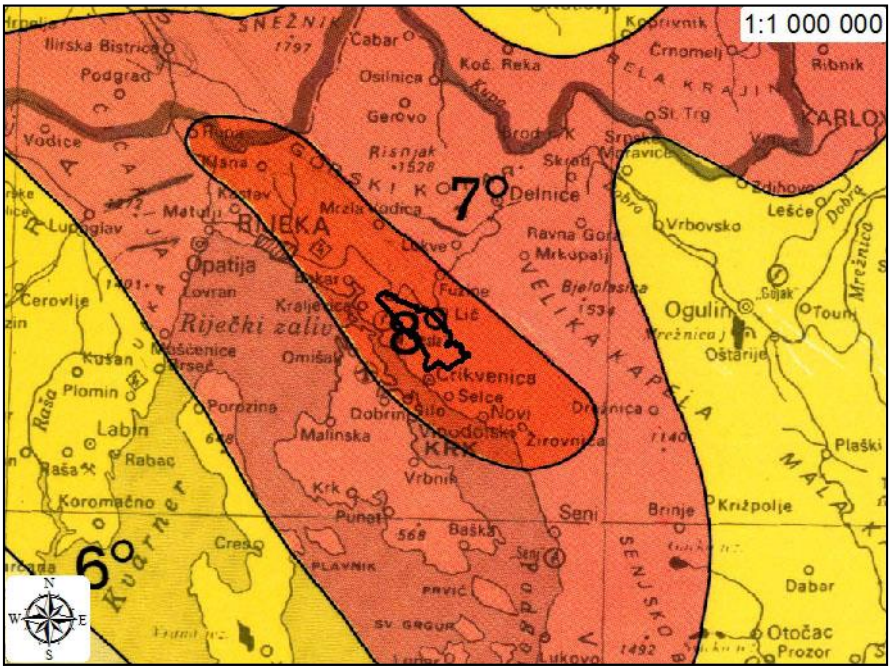
Slika 3-4. Područje istraživanja prikazano na karti potresnih područja RH za povratni period od 95 godina (Herak i dr., 2011).



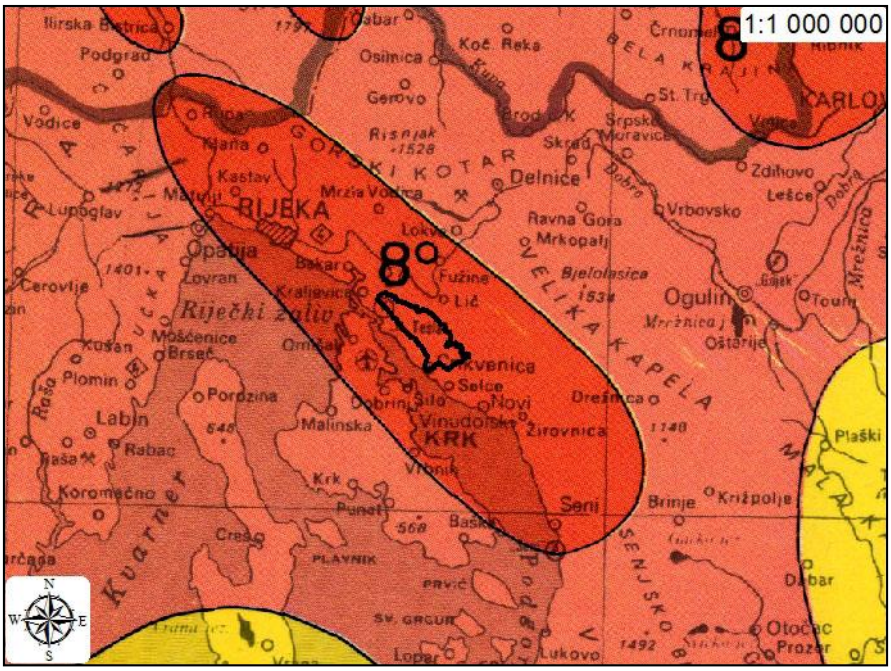
Slika 3-5. Područje istraživanja prikazano na karti potresnih područja RH za povratni period od 475 godina (Herak i dr., 2011).

Maksimalni očekivani intenziteti potresa u sklopu MSK-64, odnosno MCS ljestvice u sklopu porječja Dubračine, mogu se očitati sa seizmološke karte Hrvatske koju je izradio Vladimir Kuk (Jorgić i dr., 1987). Na slici 3-6 je prikazan isječak iz seizmološke karte za

povratni period od 100 godina na kojoj je vidljivo da se područje istraživanja koje je označeno crnim poligonom nalazi u zoni u kojoj je maksimalni očekivani intenzitet potresa 8° prema MCS-u uz vjerojatnost navedenog od 63 %, a isti je i za povratni period od 500 godina (slika 3-7).



Slika 3-6. Područje istraživanja prikazano na seizmološkoj karti Hrvatske za povratni period od 100 godina (Jorgić i dr., 1987).



Slika 3-7. Područje istraživanja prikazano na seizmološkoj karti Hrvatske za povratni period od 500 godina (Jorgić i dr., 1987).

Opisana seizmičnost područja istraživanja posljedica je recentne tektonike koja se odvija po modelu opisanom u poglavlju 3.3. i jedan je od mogućih inicijatora pokreta masa na padini.

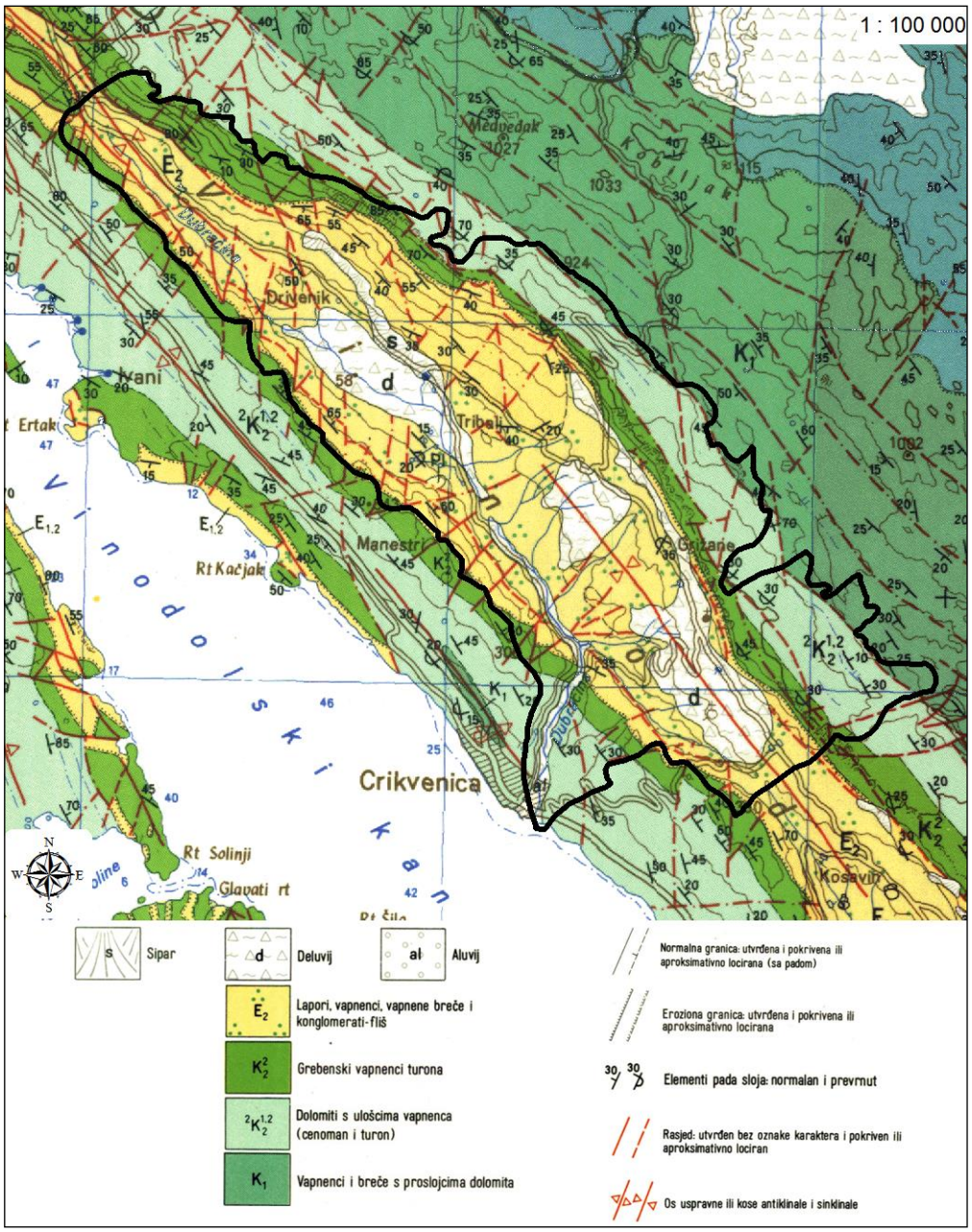
4. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA

U ovom poglavlju je dan kratki prikaz dosadašnjih istraživanja koja su relevantna za temu i područje istraživanja u sklopu disertacije, a odnose se na sljedeće: 1) geološka, hidrološka i inženjerskogeološka istraživanja u porječju Dubračine, 2) inženjerskogeološka zonacijska istraživanja u Hrvatskoj.

4.1. Geološka, hidrološka i inženjerskogeološka istraživanja u porječju Dubračine

Prva geološka istraživanja porječja Dubračine datiraju iz početka 1970-tih godina kada je publicirana Osnovna geološka karta list Crikvenica mjerila 1 : 100 000 (Šušnjar i dr., 1970) i pripadajući Tumač (Grimani i dr., 1973). Prema navedenoj karti i tumaču, porječje izgrađuju sljedeće stratigrafske jedinice: 1) vapnenci i breče s proslojcima dolomita (K_1); 2) dolomiti s ulošcima vapnenaca ($^2K_2^{1,2}$); 3) grebenski vapnenci (K_2^2); 4) klastiti (fliš) (E_2); deluvij izgrađen od kršja susjednih stijena pomiješanog s glinom (d); aluvij izgrađen od šljunaka, pijesaka i glina (al) i 5) sipari (s). Isječak Osnovne geološke karte prikazan je na slici 4-1.

Detaljnija geološka istraživanja obavljena su 2007. godine za potrebe Hrvatskih voda (Hrvatski geološki institut, 2007a, 2007b, 2007c), a proveo ih je Hrvatski geološki institut. Rezultati su prikazani u poglavlju 4.1.1.



Slika 4-1. Isječak iz Osnovne geološke karte list Crikvenica mjerila 1 : 100 000 (Šušnjar i dr., 1970). Crni poligon predstavlja konturu porječja Dubračine prema Ožanić i dr. (2011).

O pliokvartarnim sedimentima Vinodolske doline pisao je Blašković (1983). U radu je opisao glavne značajke pliocenskih glinovito-laporovitih sedimenata i kvartarnih breča, a Blašković i Tišljar (1983) su opisali litofacijese Prominskih i Jelar naslaga u Vinodolu.

Mileusnić i dr. (2004) su na drugoj srednjeeuropskoj konferenciji za gline prezentirali rad koji je vrlo značajan za razumijevanje ponašanja flišnog pokrivača u porječju Slanog potoka (podporječje porječja Dubračine). Autori su rendgenskom difrakcijom na prahu i skenirajućim elektronskim mikroskopom dokazali prisutnost minerala tenardita - Na_2SO_4, (za

sada jedini nalaz u Hrvatskoj) i to u sedimentima pokrivača porječja Slanog potoka. Mineral tenardit je vjerojatno nastao kao produkt trošenja flišnih stijena u podlozi. O istom fenomenu u istom porječju pisali su i Jurak i dr. (2005) te Benac i dr. (2005), a posljednji rad koji govori o prekomjernoj eroziji i mogućem porijeklu natrija u porječju Slanog potoka, publicirali su Aljinović i dr. (2010). Autori u radu postojanje ogolina povezuju s antikoagulativnim djelovanjem iona natrija na čestice gline i s mogućim upijanjem vode minerala tenardita nakon čega on prelazi u mirabilit (Na_2SO_4 x 10 H_2O). Mirabilit ima znatno veći volumen od tenardita što dodatno doprinosi mehaničkom trošenju zbog porasta naprezanja u stijeni.

Aljinović i dr. (2010) su dali moguće objašnjenje porijekla natrija nužnog za nastanak minerala tenardita analizirajući porijeklo klasta iz kojih nastaju produkti trošenja (glinovito-prahoviti materijali) u porječju Slanog potoka, primarno bogati natrijem. Istraživanjem su utvrdili da pješčenjaci i biokalkruditi sadrže značajne količine siliciklastičnog detritusa koji je izgrađen od vulkanskih litoklasta (moguće andezit koji sadrži natrijem bogati plagioklas i alterirano vulkansko staklo), litoklasta kvarcita, škriljavaca i šejlova. U istom su radu prikazane velike koncentracije natrija i barija u laporima i pješčenjacima, što sve ukazuje na specifični sastav izvorišnih stijena flišnih sedimenata Slanog potoka. Autori pretpostavljaju da je riječ o paleozojskom, klastičnom kompleksu s baritnom mineralizacijom (crni šejlovi, pješčenjaci i konglomerati) Gorskog kotara i mezozojskom hornblenda andezitu koji je smješten u blizini Fužinskog Benkovca, također u Gorskom kotaru.

O hidrologiji porječja Dubračine pisali su Rubinić i Ožanić (2010). Autori su u radu analizirali vodne pojave koristeći standardne hidrološke metode. Analize su pokazale da postoji globalni trend porasta temperature zraka i opadanja godišnjih količina oborina, a uočen je i dugogodišnji trend opadanja srednjih godišnjih protoka. Uvidom u Hrvatsku osnovnu kartu mjerila 1 : 5 000 te terenskim radom autori su napravili kartu površinskih vodotoka i izvora koja je nadopunjena i korištena u sklopu istraživanja za izradu ovog doktorskog rada. O otjecanju iz porječja Slanog potoka te izvora rijeke Dubračine pisali su Ružić i dr. (2011). Autori su u radu izračunali koeficijente otjecanja na istraživanim profilima u ovisnosti o intenzitetu oborina.

Toševski (2013) je izradio prvi inventar klizišta porječja Dubračine. Autor u radu daje glavne značajke 39 kartiranih klizišta, definira materijal koji je nastao trošenjem fliša kao glavni litološki faktor klizanja, dolazi do spoznaja o kutovima nagiba padina na kojima se klizišta nalaze te ukazuje na teškoće kartiranja klizišta kada se njihova prostorna distribucija preklapa s distribucijom pojava prekomjerne erozije uzrokovane disperzijom tla. Kao

geološku podlogu, autor je koristio geološku kartu središnjeg dijela porječja mjerila 1 : 5 000 koju je izradio Hrvatski geološki institut (2007b). Kartiranjem klizišta u sklopu porječja bavili su se i Đomlija i dr. (2014). Autori su na površini istraživanja od 9,35 km^2 registrirali ukupno 48 klizišta.

4.1.1. Geološke značajke područja istraživanja

Porječje rijeke Dubračine prema istraživanjima koje je proveo Hrvatski geološki institut (2007a, 2007b, 2007c) s inženjerskog aspekta izgrađuju stijene i tla, a među stijenama se razlikuju karbonatne i klastične. Opis navedenih jedinica prezentiran je u izvještaju koji je naslovljen "Geološko-tektonska osnova za studij pojačane erozije u slivu Dubračine" (Hrvatski geološki institut, 2007c) koji je poslužio kao osnova za opis jedinica koji slijedi.

4.1.1.1. Karbonatne stijene

Karbonatne stijene predstavljene su vapnencima gornjokredne i eocenske starosti. Među vapnencima gornje krede se mogu izdvojiti rudistni vapnenci cenomana (K_2^1), pelagički vapnenci gornje krede ($K_2^{1,2}$) i rekristalizirani vapnenci gornje krede ($K_2^{2,3}$).

Rudistni vapnenci (K_2^1) su najstarije naslage u sklopu područja istraživanja i nalaze se na vršnim dijelovima padina koje okružuju porječje (Hrvatski geološki institut, 2007c). Boje su smeđe i sive. Karakterizira ih slojevita tekstura s debljinom slojeva u rasponu od 10 do 70 cm. Po strukturnom tipu ove naslage predstavljaju izmjene mikritnih i zrnatih varijeteta. U tektonski zdrobljenim zonama ovi vapnenci su često kasnodijagenetski dolomitizirani.

Pelagički vapnenci gornje krede ($K_2^{1,2}$) izrazito su tektonizirani i također izgrađuju vršne dijelove obronaka. Tekstura im je debeloslojevita do masivna. (Hrvatski geološki institut, 2007c). Boje su svijetlosmeđe. Radi se mikritnim varijetetima (madstoni do madston-vekstoni).

Rekristalizirani vapnenci gornje krede ($K_2^{2,3}$) također izgrađuju padine koje okružuju porječje i nalaze se u podini eocenskih vapnenaca. U svom donjem dijelu to su smeđi, dominantno mikritni vapnenci s debljinama slojeva u rasponu od 15 do 50 cm. Gornji dio jedinice je izgrađen od rekristaliziranih vapnenaca svijetlosive do bijele boje, a u samom vrhu se javljaju crvenkasta, smečkasta i žućkasta obojenja. Teksture su debeloslojevite do masivne.

Za potrebe istraživanja u svrhu zonacije terena, načinjena je generalizacija gornjokrednih vapnenačkih jedinica, tako što će sve biti svrstane u jedinstveni poligon stratigrafske oznake K_2.

Vapnenci donjeg i srednjeg eocena ($E_{1,2}$) su foraminiferski vapnenci koji su transgresivni na rekristaliziranim vapnencima gornjoturonske starosti. Glavna značajka ove jedinice je velika vertikalna i lateralna raznolikost facijesa što je uvjetovalo nepravilnu izmjenu miliolidnih, alveolinskih, numulitnih i diskociklinskih vapnenaca u prostoru (Hrvatski geološki institut, 2007c). Miliolidni vapnenci su malo zastupljeni u sklopu foraminiferskih vapnenaca. Predstavljeni su madstonima i vekstonima. Debljina miliolidnih vapnenaca iznosi do 50 m. Alveolinski vapnenci su klasificirani kao vekstoni do pekstoni, a ukupna debljina im se procjenjuje na 80 do 100 m. Numulitni vapnenci su također klasificirani kao vekstoni do pekstoni ukupne debljine od 30 do 50 m. Diskociklinski vapnenci se nalaze u neposrednoj podini prijelaznih naslaga i predstavljeni su pekstonima. Ukupna debljina diskociklinskih vapnenaca iznosi od 20 do 30 m.

4.1.1.2. Prijelazne naslage

Prijelazne naslage (E_2) izgrađuju plavosivi do sivi lapori u izmjeni s vapnencima debljine 20 do 30 cm. Nalaze se uz sjeverni rub porječja. Ukupna debljina naslaga kreće se u rasponu od 40 do 60 m. Karakterizira ih prisutnost nodula čerta, fosila rakovica i ježinaca te zrna glaukonita.

4.1.1.3. Klastične stijene

Klastične stijene predstavljene su eocenskim flišnim naslagama ($E_{2,3}$), paleogenskim Jelar brečama (Pg) i kvartarnim siparnim brečama (Q_{br}).

Flišne naslage ($E_{2,3}$) ispunjavaju dolinu u porječju rijeke Dubračine. Sastoje se od izmjene lapora, pješčenjaka i biokalkrudita (Aljinović i dr., 2010). Na sjeverozapadnom dijelu primijećen je veći udio pješčenjačkih slojeva u sklopu fliša kao litološke jedinice u odnosu na jugoistočni dio područja istraživanja gdje je udio pješčenjačkih slojeva puno manji (Hrvatski geološki institut, 2007c). Biokalkruditi (uvriježeni naziv "numulitne breče") su u odnosu na pješčenjake i lapore u bitno podređenom udjelu. Kontakt s podinom je konkordantan. Lapori iz prijelaznih naslaga i fliša su identični, a granica je postavljena tamo gdje prestaju pojave slojeva vapnenaca s nodulama čerta i rakovicama koji su karakteristični za prijelazne naslage.

Paleogenske breče (Pg) predstavljaju tipične Jelar breče sa slabosortiranim uglatim fragmentima gornjokrednih i eocenskih foraminiferskih vapnenaca koje diskordantno naliježu na starije naslage.

Siparne breče (Q_{dpr}) u porječju rijeke Dubračine izgrađene su od klasta foraminiferskih eocenskih i krednih vapnenaca. Na terenu su mjestimično prisutne obje vrste klasta, a mjestimično samo jedna vrsta. S obzirom na starost, u porječju postoje dvije vrste siparnih breča, starije i mlađe, o čemu je pisao Blašković (1983).

4.1.1.4. Tla

Tla su predstavljena krupnozrnatim deluvijalno-proluvijalnim obronačkim materijalom (Q_{dpr1}), srednjezrnatim deluvijalno-proluvijalnim obronačkim materijalom (Q_{dpr2}), aluvijem (Q_{al}), deluvijem (Q_{dl}), siparima (Q_s) te glinama (Pl).

Krupnozrnati materijal (Q_{dpr1}) čine nezaobljeni do slabo zaobljeni i slabo sortirani vapnenački fragmenti (Hrvatski geološki institut, 2007c). Dimenzije fragmenata kreću se u velikom rasponu, od dimenzije pijeska do blokova metarskih dimenzija. Sediment je nevezan do slabo vezan. Udio sitnozrnate frakcije izgrađene od praha i gline je mali i procijenjeno ne iznosi više od 15 %. Crvenkaste je boje što ukazuje na tlo nastalo trošenjem karbonata. Ovu jedinicu nalazimo uz sjeveroistočni rub doline gdje joj mjestimična debljina prelazi i 20-tak metara. Radi se o padinskim naslagama (deluvij) koje su nastale fizičko-kemijskim trošenjem stijena, njihovom erozijom i gravitacijskim transportom (Benac, 2013).

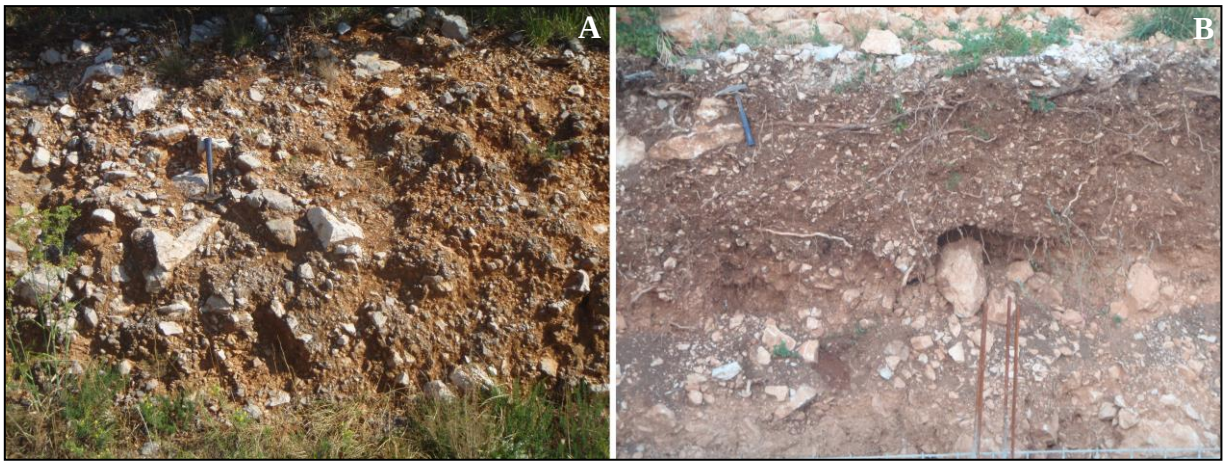
Srednjezrnati padinski materijal (Q_{dpr2}) se u odnosu na jedinicu stratigrafske oznake Q_{dpr1} razlikuje veličinom fragmenata koji ovdje ne prelaze 10 cm (Hrvatski geološki institut, 2007c) te udjelom sitnozrnate frakcije crvenkaste boje koji je povećan. Procijenjeno iznosi od 15 % do 70 %. Svojim položajem niz padinu, ovi sedimenti se nadovezuju na krupnozrnati padinski materijal. Na slici 4-2 su prikazani reprezentativni izdanci krupno i srednjezrnatog padinskog materijala.

Aluvij (Q_{al}) rijeke Dubračine izgrađen je od šljunaka različite veličine fragmenata i različite zaobljenosti koji su vezani za korito. Materijal potječe iz karbonatnog zaleđa, a dijelom i iz pješčenjačkih slojeva fliša. Osim šljunaka, u aluvijalne naslage spadaju i sedimenti poplavne ravnice koji su izgrađeni uglavnom od prahova i glina.

Deluvij (Q_{dl}) predstavlja uglavnom sitnozrnati padinski materijal izgrađen od prahova i glina, rjeđe pijesaka. Dominantno je nastao trošenjem i resedimentacijom fliša, a mogu se naći i fragmenti koji su nastali trošenjem karbonatnih stijena obodnog područja.

U sklopu područja istraživanja registrirani su i sipari (Q), a sastavljeni su od uglatih, nelitificiranih fragmenata različitih dimenzija.

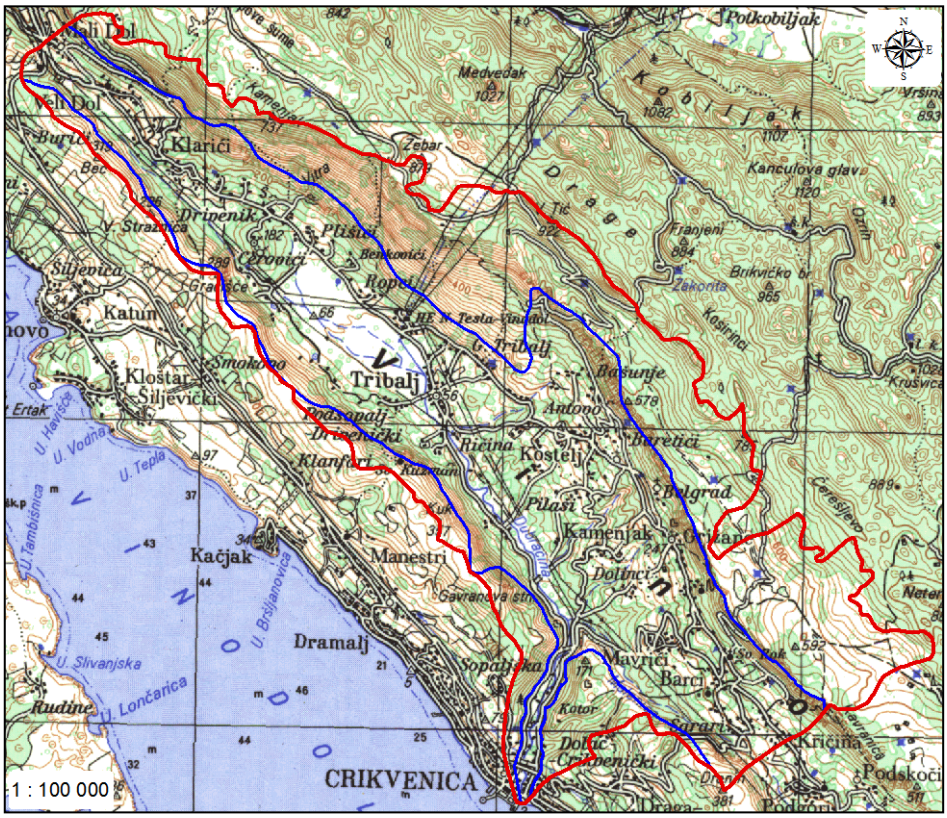
Gline pliocenske starosti (Pl) utvrđene su na ukupno sedam izdanaka zanemarive površine, a karakterizira ih boja bijele kave.



Slika 4-2. Reprezentativni izdanci krupnozrnatog ($Q_{dpr1,}$ A) i srednjezrnatog padinskog materijala (Q_{dpr2}, B).

4.1.1.5. Litološke jedinice za prostorne analize

U prilogu 1 je prikazana geološka karta porječja rijeke Dubračine mjerila 1 : 25 000 koju je izradio Hrvatski geološki institut (2007a). Središnji dio porječja (slika 4-3) površine 25,653 km^2 (58,87 % površine porječja) dodatno je kartiran u mjerilu 1 : 5 000 (Hrvatski geološki institut, 2007b). Pripadajuće površine opisanih jedinica prikazane su u tablici 4-1 i predstavljaju površine koje će biti korištene u prostornim analizama.



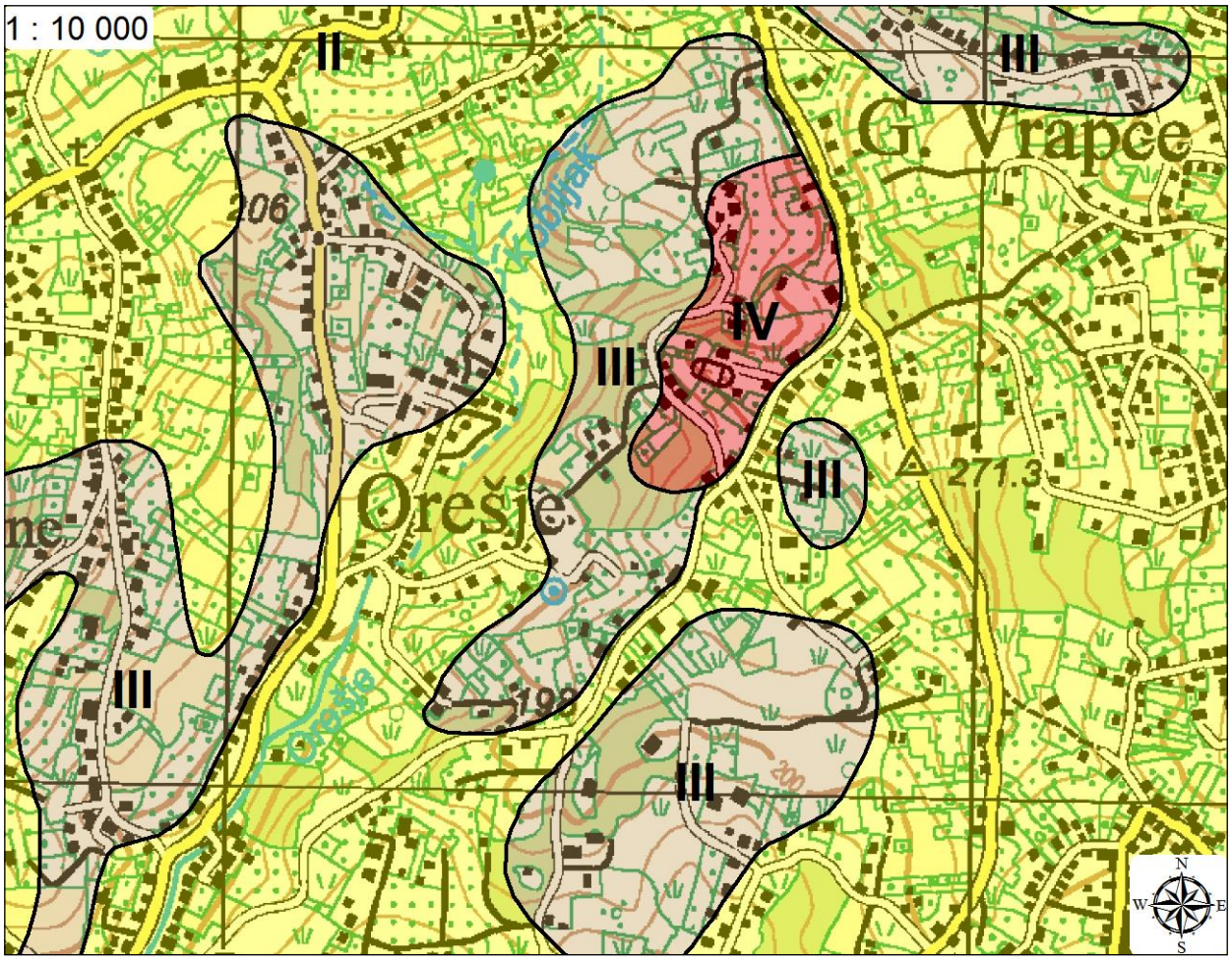
Slika 4-3. Kontura porječja rijeke Dubračine (crveni poligon) koje je geološki kartirano u mjerilu 1 : 25 000, a u sklopu koje se nalazi plavi poligon i predstavlja površinu koja je dodatno kartirana u mjerilu 1 : 5 000. Kartiranje je obavio Hrvatski geološki institut tijekom 2007. godine.

Tablica 4-1. Površine litoloških jedinica u porječju rijeke Dubračine prema Hrvatskom geološkom institutu (2007a, 2007b).

ID litološke jedinice	Litologija	Stratigrafija	Površina (km^2)	Udio u porječju (%)
1	Vapnenci	Gornja kreda (K_2)	15,80	36,26
2	Vapnenci	Donji i srednji eocen ($E_{1,2}$)	6,76	15,50
3	Jelar breče	Paleogen (Pg)	0,049	0,11
4	Prijelazne naslage (izmjena lapora i vapnenaca)	Srednji eocen (E_2)	1,13	2,59
5	Fliš (izmjena lapora, pješčenjaka i biokalkrudita)	Srednji i gornji eocen ($E_{2,3}$)	0,47	1,08
6	Gline	Pliocen (Pl)	0,01	0,02
7	Siparne breče	Kvartar (Q_{br})	0,28	0,65
8	Krupnozrnati deluvijalno-proluvijalni materijal (šljunci i blokovi)	Kvartar (Q_{dpr1})	1,77	4,07
9	Srednjezrnati deluvijalno-proluvijalni materijal (šljunci)	Kvartar (Q_{dpr2})	9,04	20,74
10	Deluvij (prahovi, gline, pijesci)	Kvartar (Q_{dl})	3,87	8,89
11	Aluvij (šljunci, gline)	Kvartar (Q_{al})	3,02	6,94
12	Sipar (šljunci i blokovi)	Kvartar (Q_s)	1,38	3,16

4.2. Inženjerskogeološka zonacijska istraživanja u Hrvatskoj

Prva inženjerskogeološka zonacijska istraživanja u Hrvatskoj provela je tvrtka Geoexpert 1979. godine. Rezultat istraživanja je kvalitativna karta podložnosti klizanju podsljemenske urbanizirane zone mjerila 1 : 10 000 gdje su autori padine podijelili na stabilne, uvjetno stabilne, uvjetno nestabilne i nestabilne. Isječak iz karte prikazan je slikom 4-4.



Slika 4-4. Isječak iz kvalitativne zonacijeske karte podložnosti klizanju mjerila 1 : 10 000 podsljemenske urbanizirane zone koju je izradila tvrtka Geoexpert 1979. godine. I – stabilni tereni, II – uvjetno stabilni tereni, III – uvjetno nestabilni tereni, IV – nestabilni tereni. U podlozi karte je topografska karta originalnog mjerila 1 : 25 000.

Prva kvantitativna inženjerskogeološka istraživanja podložnosti klizanju provela je Vujnović (2005) za potrebe izrade svog magistarskog rada. Autorica je u sklopu porječja potoka Starča u Samoborskom gorju površine 12,25 km^2 kartirala klizišta i faktore koji doprinose klizanju. Kao konačan rezultat istraživanja u radu, prezentirana je karta podložnosti klizanju izrađena bivarijatnim statističkim analizama, a provjerena je preklapanjem s kartom 240 kartiranih klizišta. Korišteni faktori klizanja u analizi su bili nagib terena, smjer nagiba terena, nadmorska visina terena, geološke i hidrogeološke značajke područja istraživanja, udaljenost od normalnih geoloških granica, udaljenost od kutnih diskordancija, udaljenost od rasjednih geoloških granica, udaljenost od rasjeda te pokrov zemljišta.

Loparić i Pahernik (2012) su izradili kartu podložnosti klizanju grada Lepoglave čija površina iznosi 66,42 km^2. U svojim istraživanjima su koristili podatke 24 klizišta koja su za potrebe prostornih analiza prikazali reprezentativnom točkom. Korišteni faktori klizanja u radu su nagib padina, smjer nagiba padina, litološka građa terena, pedološka građa terena, srednja godišnja količina oborine, udaljenost od površinskih vodotoka, udaljenost od prometnica te pokrov zemljišta. Autori su zonaciju terena izvršili kvalitativnom metodom preklapanja karata, a težinske faktore svake klase pojedinog faktora klizanja su odredili temeljem broja klizišta u klasi.

Gulam (2012) je u sklopu svog doktorskog rada izradio kvalitativnu kartu podložnosti formiranju ogolina dijela Istarskog poluotoka pri čemu je kao faktorske karte koristio kartu nagiba padina, kartu smjera nagiba padina, kartu razvoja reljefa i kartu udaljenosti od hidrografske mreže. Svakoj faktorskoj klasi je dodijelio određeni iznos bodova, a karta podložnosti dobivena je množenjem faktorskih karata na kojoj je autor izdvojio četiri klase podložnosti formiranju ogolina. Kartu je provjerio preklapanjem s kartom udjela ogoljelih površina na istraživanom području.

Dugonjić Jovančević (2013) je istraživala klizišta u flišu središnje Istre. Za razliku od prethodno citiranih radova u ovom potpoglavlju, gdje su se autori bavili zonacijom podložnosti, autorica je u sklopu svojih istraživanja, između ostalog, izradila kartu hazarda klizanja koji je definiran kao vjerojatnost pojave klizišta određenog intenziteta u određenom vremenskom razdoblju. Kao metodu zonacije je koristila kvantitativnu geotehničku metodu.

Podolszki (2014) je analizom stereoparova iz 1964. i 1998. godine u sklopu izrade doktorata izradio inventar klizišta dijela podsljemenske zone površine oko 100 km^2. Na taj način je identificirao više od 2 000 klizišta. Rezultati su verificirani usporedbom s postojećim inventarima, a djelomično i terenskom provjerom.

5. METODE ISTRAŽIVANJA

U ovom poglavlju su opisane metode istraživanja primjenjene u radu, a mogu se podijeliti na:

1) terenske metode,
2) laboratorijske metode i
3) metode obrade i analize podataka.

5.1. Terenske metode istraživanja

Terenske metode istraživanja koje su korištene u radu odnose se na sljedeće:

1) terensko geomorfološko kartiranje klizišta i puzišta te terenska verifikacija klizišta i puzišta, koja su kartirana daljinskom metodom vizualne interpretacije digitalnog modela terena rezolucije 1 m i
2) uzorkovanje tala za potrebe laboratorijskih ispitivanja.

5.1.1. Terensko geomorfološko kartiranje i verifikacija klizišta i puzišta

Terensko geomorfološko kartiranje zajedno s interpretacijom stereoparova spada u konvencionalne metode izrade inventara (Guzzetti i dr., 2012). U porječju Dubračine ono je uključivalo prospekciju terena u svrhu prepoznavanja morfologije karakteristične za procese klizanja i puzanja. Nakon pronalaska pokreta, ručnim GPS uređajem snimljeno je nekoliko točaka granice, a ostatak granice precizno je izrađen daljinski uz pomoć visokorezolucijskog digitalnog modela terena rezolucije 1 m. Vjerojatno prvi rad koji govori o interpretaciji klizišta pomoću visokorezolucijskog modela terena u Hrvatskoj publicirali su Mihalić i dr. (2011).

Model korišten u ovom radu nastao je laserskim snimanja iz zraka (*engl. airborne lidar*) i datira iz ožujka 2012. godine. Snimljene točke na terenu ujedno su poslužile kao terenska verifikacija granice klizišta/puzišta. Točnost granice u prostoru, kartirane terenskim metodama istraživanja, manja je od one određene pomoću digitalnog modela terena visoke rezolucije jer se na terenu istraživač susreće s nekim objektivnim poteškoćama koje su sistematizirali Guzzetti i dr. (2012):

1) veličina klizišta često ne dopušta da pokret mase bude sagledan u potpunosti,
2) točka s koje istraživač na terenu promatra klizište je često neodgovarajuća, jer se ne mogu vidjeti svi dijelovi pokreta mase na padini istom točnošću (glavna pukotina, bočne granice, stopa itd.) i
3) stara klizišta su često prekrivena šumom, poremećena mlađim klizanjima, erozijom ili ljudskom aktivnošću.

Osim navedenog, terensko kartiranje granice pokreta mase na padini limitirano je i sljedećim ograničenjima:

1) gusta vegetacija i nagib terena mogu onemogućiti pristup granici klizišta,
2) ručni GPS uređaji, koji se na terenu najčešće koriste, daju poziciju istraživača s točnošću 1-5 metara i
3) mogućnosti visoko sofisticiranih GPS uređaja koji se mogu spajati na hrvatski pozicijski sustav (CROPOS), što omogućava pozicioniranje s centimetarskom točnošću, se ne mogu realizirati u šumi, već isključivo na čistini.

Za većinu klizišta i puzišta, koja nisu registrirana prospekcijom terena, već su detektirana daljinski pomoću spomenutog modela terena, provedena je i terenska verifikacija koja je imala za cilj potvrditi ili opovrgnuti njihovo postojanje. U slučaju daljinskog kartiranja klizišta pomoću visokorezolucijskog modela terena na vrlo velikim površinama, Galli i dr. (2008) navode da se terenski rad provodi u svrhu dobivanja generalnih informacija o tipu i značajkama klizišta te za verifikaciju daljinskih metoda istraživanja i podataka dobivenih pomoću njih. Terenska verifikacija se prema Galli i dr. (2008) najčešće provodi na 15 % ukupne površine istraživanja. Tijekom terenskog kartiranja i verifikacije, a u svrhu izrade inventara klizišta, na svakoj lokaciji su iskustveno procijenjene sljedeće značajke:

1) aktivnost klizišta,
2) model klizanja,
3) relativna starost,
4) dubina klizne plohe.

Ad 1) Za procjenu aktivnosti klizanja korištena je klasifikacija koju je publicirala radna skupina UNESCO-a (WP/WLI, 1993, prijevod Mihalić Arbanas). Prema spomenutoj

klasifikaciji, klizište se obzirom na stanje aktivnosti može klasificirati u jednu od sljedećih klasa:

1) aktivno (*engl. active*) – klizište u pokretu,
2) trenutačno neaktivno (*engl. suspended*) – klizište koje se kretalo u posljednjih 12 mjeseci, ali se trenutačno ne kreće,
3) reaktivirano (*engl. reactivated*) – aktivno klizište koje je prije bilo neaktivno i
4) neaktivno (*engl. inactive*) – klizište koje se nije kretalo posljednjih 12 mjeseci.

Neaktivno klizište se dalje može klasificirati u jednu od sljedećih klasa:

1) privremeno umireno (*engl. dormant*) – neaktivno klizište koje se može reaktivirati zbog istih ili nekih drugih uzroka,
2) trajno umireno (*engl. abandoned*) – neaktivno klizište koje više nije pod utjecajem uzroka klizanja,
3) stabilizirano (*engl. stabilized*) – neaktivno klizište zaštićeno mjerama sanacije i
4) reliktno (*engl. relict*) – neaktivno klizište koje je bilo aktivno u klimatskim i geomorfološkim uvjetima koji više ne vladaju.

Budući ni na jednom klizištu u porječju Dubračine nije instalirana oprema za praćenje pomaka, klasifikacija stanja aktivnosti se temeljila na subjektivnoj inženjerskoj procjeni svježine deformacija u tijelu klizišta, na postojanju ili odsustvu mjera sanacije kao i na temelju vidljivih oštećenja asfaltnih površina, koja u slučaju aktivnih klizišta, uvjetuju česte sanacije kolnika.

Ad 2) Prema modelu klizanja klizište može biti:

1) rotacijsko – klizna ploha je kružnog oblika,
2) translacijsko – klizna ploha je ravna,
3) kombinirano – klizna ploha je dijelom kružnog oblika, a dijelom ravna.

Ad 3) Prema relativnoj starosti, klizište može biti recentno, staro ili vrlo staro (Guzzetti i dr., 2012) pri čemu je, ako to želi, svakom istraživaču ostavljena sloboda da svakoj klasi pridruži određeni raspon godina sukladno terenskoj ili daljinskoj procjeni. U ovom istraživanju, glavni kriteriji korišteni za procjenu relativne starosti klizišta, bili su sljedeći:

1) stupanj trošnosti granice,
2) stupanj trošnosti klizanjem neporemećenog materijala koji je vidljiv u glavnoj pukotini klizišta,
3) opći dojam o starosti pokreta unutar granica klizišta.

U radu su klizišta svježe granice te nerastrošenog ili neznatno rastrošenog izgleda materijala u glavnoj pukotini klizišta, klasificirana kao recentna.

Ad 4) Klizišta se prema Šestanović (1993) s obzirom na dubinu klizne plohe mogu podijeliti u četiri klase:

1) površinska – dubina klizne plohe je manja od 1 m,
2) plitka – dubina klizne plohe je 1 do 5 m,
3) duboka – dubina klizne plohe je od 5 do 20 m,
4) vrlo duboka – dubina klizne plohe je veća od 20 m.

Dubina klizne plohe svakog klizišta procijenjena je iskustveno temeljem prospekcije iznosa skoka u čelu klizišta.

Kada je riječ o procesu puzanja, terenskim radom je u sklopu područja istraživanja, detektirano jedno puzište (ID broj 8). U odnosu na klizišta, deformacije terena u sklopu puznog tijela su bitno manje nego u sklopu kliznog tijela. Na lokaciji puzišta s ID brojem 8 deformacije su obilježene naborima terena amplitude do 1,2 m s mjestimičnim pojavama manjih zamočvarenja. U prilog činjenici da je riječ o mogućem puzištu govore i izjave vlasnika zemljišta koji se sjećaju vremena kada teren nije imao nikakvih deformacija već je padina bila ravna bez nabora.

Temeljem ovog puzišta su analizom digitalnog modela terena daljinski kartirana ostala puzišta u sklopu porječja Dubračine koja su potom većim dijelom i terenski verificirana. Na slici 5-1 je prikazan karakteristični dio puznog tijela puzišta s ID brojem 8.

Slika 5-1. Karakteristični dio puznog tijela (puzište s ID brojem 8) s naborima površine terena i mjestimičnim zamočvarenjima (foto A. Toševski).

5.1.2. Uzorkovanje tala za potrebe laboratorijskih ispitivanja

Programom istraživanja u sklopu izrade disertacije napravljeno je terensko uzorkovanje tala iz pokrivača na kojima su provedena sljedeća laboratorijska ispitivanja:

1) određivanje granulometrijskog sastava,
2) određivanje koncentracije iona natrija, kalija, kalcija i magnezija u ekstraktu tla,
3) određivanje Atterbergovih granica,
4) određivanje kohezije i kuta unutarnjeg trenja tla,
5) određivanje modela trošenja uzorka nakon procesa "sušenja-vlaženja" i
6) određivanje mineralnog sastava sitnozrnate frakcije.

Uzorkovanje je obavljeno na dubinama većim od registrirane debljine humusnog sloja na lokaciji.

Na karti u prilogu 2 točkasto su prikazane lokacije uzorkovanja u svrhu određivanja granulometrijskog sastava uzoraka tla iz pokrivača te oznake svakog pojedinog uzorka. Osim lokacija, u prilogu su navedene prostorne koordinate svake točke te dubinski interval s kojeg je uzorak uzet. Prosječni interval uzorkovanja je od 33 cm do 52 cm, a medijan intervala uzorkovanja je od 15 cm do 33 cm. Za uzorkovanje su korišteni auger i lopata. Ukupno je prikupljen i granulometrijski analiziran 121 uzorak.

Na karti u prilogu 3 točkasto su prikazane lokacije uzorkovanja u svrhu određivanja koncentracije iona natrija u ekstraktu tla pokrivača te oznake svakog pojedinog uzorka. Ukupno je prikupljeno i analizirano 120 uzoraka. Osim lokacija, u prilogu su navedene prostorne koordinate svake točke te dubine s kojih je uzorak uzet. Prosječni interval uzorkovanja je od 29 do 49 cm, a medijan intervala uzorkovanja je od 15 cm do 33 cm. Za uzorkovanje su korišteni auger i lopata.

Na karti u istom prilogu (prilog 3) točkasto su prikazane lokacije uzorkovanja na kojima su osim koncentracije iona natrija, u ekstraktu tla pokrivača određene i koncentracije iona kalija, kalcija i magnezija. Prosječni interval uzorkovanja je od 28 do 40 cm, a medijan intervala uzorkovanja je od 15 cm do 25 cm. Uzorkovanje je obavljeno na dubinama većim od registrirane debljine humusnog sloja na lokaciji. Za uzorkovanje su korišteni auger i lopata.

Na karti u prilogu 4 točkasto su prikazane lokacije uzorkovanja u svrhu određivanja Atterbergovih granica te oznake svakog uzorka. Prikupljen je i analiziran 21 uzorak. Lokacije uzorkovanja vezane su za prethodno određeni granulometrijski sastav i koncentraciju iona natrija u ekstraktu tla. Osim lokacija, u prilogu su navedene i prostorne koordinate svake točke te dubine s kojih je uzorak uzet. Prosječni interval uzorkovanja je od 29 cm do 40 cm, a medijan intervala uzorkovanja je od 20 cm do 30 cm. Za uzorkovanje su korišteni auger i lopata.

Na karti u prilogu 5 točkasto su prikazane lokacije uzorkovanja u svrhu određivanja kohezije i kuta unutarnjeg trenja uzoraka te oznake svakog uzorka. Kao i kod uzoraka za određivanje Atterbergovih granica, rezultati određivanja granulometrijskog sastava i izmjerene koncentracije iona natrija u ekstraktu tla, uvjetovali su lokacije uzorkovanja za određivanje kohezije i kuta unutarnjeg trenja. Ukupno je prikupljeno i analizirano devet uzoraka. Osim lokacija, u prilogu su navedene i prostorne koordinate svake točke te dubine s kojih je uzorak uzet. Prosječni interval uzorkovanja je od 23 cm do 35 cm, a medijan intervala uzorkovanja je od 17 cm do 30 cm. Određivanje kohezije i kuta unutarnjeg trenja sitnozrnatog tla se ispituje na neporemećenim uzorcima zbog čega je bilo nužno na terenu uzeti neporemećeni uzorak što je učinjeno na sljedeći način:

- lopatom je pripremljen subhorizontalni plato površine do 0,25 m^2,
- na pripremljeni plato je vertikalno uz pomoć nabijača utisnut čelični cilindar visine 10 ili 13 cm i promjera 10 cm, koji je prethodno s unutarnje strane premazan strojnom masti,
- nakon što je u cijelosti utisnut, cilindar s uzorkom je uz pomoć lopate izvađen iz mase tla,
- nakon vađenja, baze cilindra (gdje je uzorak u kontaktu sa zrakom) su hermetički zatvorene upotrebom prijanjajuće folije i samoljepljive trake.

Na karti u prilogu 6 su točkasto prikazane lokacije uzorkovanja u svrhu određivanja modela trošenja tla nakon procesa "sušenja-vlaženja" kod uzoraka prethodno određenog mineralnog sastava i koncentracija iona natrija u ekstraktu tla. Kao i u prethodnim slučajevima, lokacije uzorkovanja su ovisile upravo o tim rezultatima. Prosječni interval uzorkovanja je od 27 do 37 cm, a medijan intervala uzorkovanja je od 15 cm do 25 cm. Za pripremu platoa prije uzorkovanja korišena je lopata, nakon čega je u tlo utisnut plastični

cilindar promjera 75 mm i visine 4 cm koji je potom izvađen i zaštićen od gubitka vlage. Na ukupno 10 lokacija, prikupljena su i analizirana 44 uzorka.

Na karti u prilogu 5 su točkasto prikazane lokacije uzorkovanja u svrhu određivanja mineralnog sastava frakcije praha i gline. Lokacije uzorkovanja su određene prema koncentracijama iona natrija u ekstraktu tla i granulometrijskom sastavu pojedinih lokacija. Jedna lokacija je uzorkovana u intervalu od 100 cm do 110 cm, a druga u intervalu od 20 cm do 30 cm. Za uzorkovanje je korištena lopata.

5.2. Laboratorijske metode istraživanja

Laboratorijske metode istraživanja korištene su u svrhu obrade uzoraka koji su prikupljeni terenskim radom, a imale su za cilj sljedeće:

1) određivanje granulometrijskog sastava tla,
2) određivanje koncentracije iona natrija, kalija, kalcija i magnezija u ekstraktu tla,
3) određivanje Atterbergovih granica,
4) određivanje kohezije i kuta unutarnjeg trenja,
5) određivanje modela trošenja uzorka tla nakon procesa "sušenja-vlaženja" i
6) određivanje mineralnog sastava sitnozrnate frakcije.

Ad 1) Granulometrijski sastav tla

Ispitivanja granulometrijskog sastava tla obavljena su na Zavodu za mineralogiju, petrologiju i mineralne sirovine Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Ukupno je napravljena 121 analiza uzoraka uzetih sa isto toliko lokacija.

Analiza uzoraka započela je četvrtanjem nakon čega su mokrim sijanjem (uz prethodno namakanje, ako je bilo potrebno) na sitima određeni maseni udjeli šljunka i pijeska. Udio frakcije gline određen je pipetnom metodom, dok je udio praha određen kao razlika do 100 nakon zbrajanja dobivenih udjela šljunka, pijeska i gline. Pipetna metoda temelji se na Stocks-ovu zakonu (izraz 5-1) koji definira brzinu padanja čestice iz suspenzije na sljedeći način:

$$v = \frac{2}{9} g \frac{D_1 - D_2}{\eta} r^2 \qquad 5\text{-}1$$

pri čemu je "v" brzina padanja, "D_1" gustoća zrna koje pada, "D_2" gustoća tekućine, "g" ubrzanje sile teže, "η" viskoznost tekućine i "r" polumjer zrna koje pada. Transformacijama Stocksovog zakona (vidi Tišljar, 2004) se može dobiti jednadžba koja definira promjer zrna ($2r$) koje pada, odnosno jednadžba koja definira vrijeme potrebno da se sedimentira čestica određenog promjera. Pipetna metoda temelji se na tome da se u različitim vremenskim intervalima s iste dubine (10 cm) iz suspenzije pipetom uzimaju uzorci. Nakon isteka vremena t_1, koje je potrebno da čestica promjera d_1 pređe put od 10 cm, otpipetira se novih 10 mililitara suspenzije koja sada ne sadrži promjere zrna koja se zbog djelovanja gravitacije, a temeljeno

na Stocks-ovom zakonu, više ne nalaze iznad dubine pipetiranja. Svaka otpipetirana suspenzija se ispari do suha i pomoću početne količine suhog ostatka i razlika masa suhih ostataka svih ostalih uzoraka izračuna se postotak svake pojedine frakcije. Pri tome treba naglasiti da je suspenzija u kojoj se nalaze čestice praha i gline prije pipetiranja tretirana natrij pirofosfatom i ultrazvučnom miješalicom u cilju što kvalitetnije disperzije čestice. Navedeno je vrlo važno kod uzoraka s velikim udjelom frakcije gline.

Ad 2) Koncentracija iona natrija, kalija, kalcija i magnezija u ekstraktu tla

Ispitivanja koncentracije iona natrija, kalija, kalcija i magnezija u ekstraktu tla obavljena su na Zavodu za opću proizvodnju bilja Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Koncentracija iona natrija analizirana je na 120 uzoraka sa isto toliko lokacija, a na njih 11 uzoraka dodatno je određena koncentracija iona kalija, kalcija i magnezija u svrhu određivanja disperzivnosti tla.

Uzorak s terena je u laboratoriju prvo pripremljen za analizu sukladno normi oznake HRN ISO 11464:2004 što je podrazumijevalo sušenje, mljevenje, prosijavanje i homogeniziranje uzorka. Nakon toga je prema normi oznake HRN ISO 11465:2004 određen udio suhe tvari i sadržaja vode sušenjem uzorka na 105° C do konstantne mase. Deset grama tako pripremljenog uzorka tretirano je sa 100 mililitara ultračiste vode (< 0,05 mS/cm), nakon čega je obavljena ekstrakcija prema normi oznake ÖNORM L 1092-93. Iz ekstrakta je metodom ionske kromatografije određena koncentracija kationa natrija, kalija, kalcija i magnezija prema normi oznake HRN ISO 14911:2001.

Ad 3) Atterbergove granice

Određivanje Atterbergovih granica (granica plastičnosti i granica tečenja) obavljeno je na Fakultetu građevinarstva, arhitekture i geodezije Sveučilišta u Splitu te u laboratoriju za mehaniku tla tvrtke Geotehnički studio d.o.o. Ukupno je ispitan 21 uzorak sa isto toliko lokacija. Uzorci na Sveučilištu u Splitu su ispitani prema normi oznake BS 1377: Part 2: 1990: 4.5/5 pomoću Casagrande-ove treskalice. U tvrtci Geotehnički studio, uzorci su ispitani prema normi oznake ASTM D 4318-10 METODA-A također pomoću Casagrande-ove treskalice. Iako rađeni prema različitim normama, rezultati su u potpunosti usporedivi jer kod određivanja granica plastičnosti prema navedenim normama ne postoje bitne razlike.

Ad 4) Kohezija i kut unutarnjeg trenja

Određivanje Mohr-Coulomb-ovih parametara čvrstoće, kohezije i kuta unutarnjeg trenja, obavljeno je u laboratoriju za mehaniku tla tvrtke Institut IGH d.d. te u laboratoriju za mehaniku tla tvrtke Geokon-Zagreb d.d. Ukupno je ispitano 9 neporemećenih uzoraka. U Institutu IGH d.d. uzorci su ispitani prema normi oznake ASTM D 3080-04, a u tvrtci Geokon-Zagreb d.d. prema normi oznake HRN U.B1.018 (1980). Kao i u prethodnom slučaju, iako su ispitivanja rađena prema različitim normama, rezultati su u potpunosti usporedivi.

Ad 5) Model trošenja uzorka nakon procesa "sušenja-vlaženja"

Određivanje modela trošenja tla nakon procesa sušenja-vlaženja ispitano je na ukupno 44 uzorka koji su uzeti s deset lokacija. Analize su obavljene u laboratoriju za mehaniku tla Fakulteta građevinarstva, arhitekture i geodezije Sveučilišta u Splitu te u laboratoriju za mehaniku tla tvrtke Geokon-Zagreb d.d. Na uzorcima je prvo određen sadržaj vode sušenjem uzorka na 105° C do konstantne mase. Nakon toga uzorak je položen u staklenu posudu i sušen u pećnici 3 sata na 60° C. Nakon vađenja iz pećnice, uzorak je hlađen 20 minuta na sobnoj temperaturi nakon čega je potopljen u destiliranu vodu 24 sata. Klasifikacija ponašanja materijala provedena je nakon 30 minuta i nakon 24 sata od potapanja vodom. Uzorci su fotografirani prije i nakon sušenja te nakon pola sata i 24 sata od potapanja vodom.

Ad 6) Mineralni sastav frakcije praha i gline

Mineralni sastav frakcije praha i gline određen je na dva uzorka koji su uzeti s dvije lokacije. Sastav je određen primjenom RTG analize na prahu pomoću Philipsovog difraktometra s brojačem, Cu$K\alpha$ zračenjem ($U=40kV$, $I=20mA$). Snimljene su difrakcijske slike originalnih uzoraka te slike neotopljenih ostataka dobivenih otapanjem uzoraka u octenoj kiselini koncetracije 5 %. Otapanjem u octenoj kiselini iz uzoraka je odstranjen kalcit. Zbog preciznije identifikacije prisutnih filosilikata, neotopljeni ostaci uzoraka su na različite načine dodatno tretirani (glicerinom, etilenglikolom, 2 sata žareni na 600° C, a radi provjere eventualne prisutnosti kaolinita još su i 24 sata otapani u toploj 18 %-tnoj HCl). Difrakcijske slike snimljene su nakon svakog navedenog tretmana.

Snimljene su i difrakcijske slike iz neotopljenih ostataka uzoraka izdvojene glinovite frakcije (frakcija čestica < 0,002 mm). One su zbog identifikacije također tretirane glicerinom, etilenglikolom, 2 sata žarene na 600° C te 24 sata otapane u toploj 18 %-tnoj HCl. Kao i kod neotopljenih ostataka, nakon svakog tretmana snimljene su difrakcijske slike koje su interpretirane u svrhu definiranja prisutnih mineralnih faza.

5.3. Metode obrade i analize podataka

Metode obrade i analize podataka korištene su u svrhu obrade visokorezolucijskog digitalnog modela terena koji se koristio za izradu inventara istraživanih geodinamičkih procesa, u svrhu sinteze rezultata dobivenih laboratorijskim istraživanjima te izrade faktorskih i zonacijskih karata podložnosti površinskim procesima.

5.3.1. Daljinsko kartiranje površinskih geodinamičkih procesa

Daljinsko kartiranje (*engl. remote sensing*) površinskih geodinamičkih procesa u ovom radu uključivalo je kartiranje klizišta, puzišta, ogolina, jaruga i sipara.

Daljinsko kartiranje klizišta

U svrhu daljinskog kartiranja klizišta korištene su dvije metode:

1) interpretacija stereoparova (Rib i Liang, 1978; Brunsden, 1993),
2) vizualna analiza visokorezolucijskog modela terena.

Interpretacija stereoparova jedna je od metoda daljinskog kartiranja klizišta. Pomoću stereoskopa, dva susjedna avionska ili terestička snimka mogu dati trodimenzionalnu sliku terena pod uvjetom da se određeni dio površine na snimcima preklapa. To je preduvjet jer se trodimenzionalna slika može dobiti samo na površini preklapanja (ona najčešće iznosi 60 %). U ovisnosti o mjerilu snimka i dimenziji događaja na terenu, moguće je prepoznati morfologiju karakterističnu za proces klizanja.

Za analizu su bile dostupne dvije generacije snimaka. Jedna, mjerila 1 : 20 000 snimljena u svibnju 2006. godine i druga, mjerila 1 : 32 000 snimljena 1975. godine (mjesec

nepoznat). Na slici 5-2 prikazan je primjer jednog stereopara iz generacije snimaka snimljenih 2006. godine.

Slika 5-2. Primjer stereopara iz porječja Dubračine snimljen u svibnju 2006. godine. Mjerilo snimaka je 1 : 20 000.

Svako klizište mijenja morfologiju terena ostavljajući svojevrstan "potpis" (Pike, 1988). Digitalni modeli terena visoke rezolucije dobiveni laserskim skeniranjem iz zraka, omogućili su vrlo precizno kartiranje klizišta, ali i s njima povezanih površinskih procesa. Lasersko skeniranje terena iz zraka ili LiDAR (engl. *light detection and ranging*) je metoda daljinskog istraživanja koja rezultira digitalnim modelom površine (*engl. DSM - digital surface model*, Ackermann, 1999) čijom obradom se dobije digitalni model terena. Oprema uključuje laserski uređaj pričvršćen na avion ili helikopter pomoću kojeg je analizom moguće utvrditi xyz koordinate točke na površini terena s koje se laserska zraka odbila. Moguće je dobiti i više od 100 točaka po metru kvadratnom što omogućava centimetarsku točnost modela (Razak i dr., 2011). Laserska snimanja terena mogu se višekratno ponavljati što omogućava analiziranje površine terena kroz vrijeme i računanje zavisnosti erozije i akumulacije. Jaboyedoff i dr. (2012) su upotrebu digitalnih modela terena visoke rezolucije dobivenih LiDAR-om i iz njega deriviranih produkata podijelili na dvije vrste:

1) vizualna analiza površine terena,
2) poluautomatsko ili automatsko kartiranje pomoću morfoloških značajki klizišta.

Vizualna analiza površine terena najčešće je upotrebljavana primjena modela terena visoke rezolucije u svrhu kartiranja klizišta, a ujedno je i najučinkovitija (Haugerud i dr., 2003; Schultz, 2004) te je u potpunosti usporediva s analizom stereoparova (Haugerud i dr., 2003; Schultz, 2004; Schultz, 2007).

Lasersko skeniranje iz zraka površine porječja Dubračine obavila je tvtka Geofoto d.o.o. krajem ožujka 2012. godine pomoću sustava oznake IGI LiteMapper 6800-400. Obrada podataka rezultirala je izradom digitalnog modela terena rezolucije 1 m koji podrazumijeva da su sa modela uklonjeni mostovi, vijadukti, vegetacija, stambene i poslovne građevine itd., odnosno sve ono što je bilo potrebno da se modelom prikaže isključivo površina terena. Rezolucija od 1 m podrazumijeva da je svaki kvadratni metar površine prezentiran jednom točkom koja ima xyz koordinate.

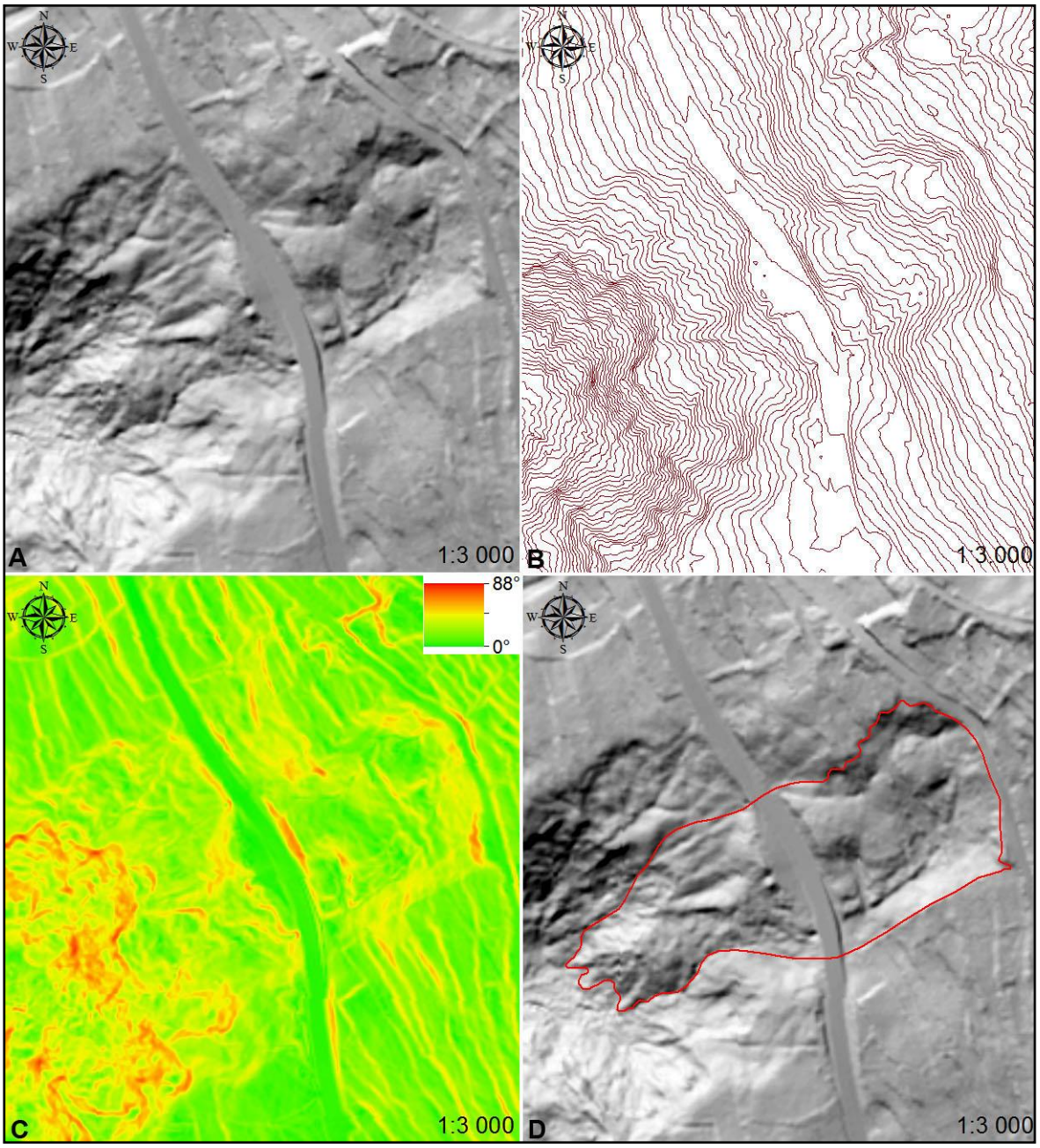
Za kartiranje se koriste tri topografska derivata modela terena, a to su: 1) karta osjenčanog terena (*engl. hillshade*), 2) karta nagiba i 3) karta izohipsi. Obzirom na rezoluciju modela, uz pomoć navedenih karata moguće je definirati granicu klizišta kako je prikazano primjerom na slici 5-3 u slučaju klizišta s ID brojem 16. Pri tome treba poznavati neke činjenice karakteristične za morfologiju klizišta koje se na modelu terena mogu prepoznati, a to su:

1) čeoni dio klizišta praćen je povećanjem nagiba zbog usijedanja materijala i formiranja skoka u terenu što može biti slučaj i s većim dijelom granice klizišta, a ne samo s čeonim dijelom,

2) zbog navedenog pod 1, granicu klizišta, posebno čeoni dio, prati povećanje gustoće izohipsi,

3) u školskim slučajevima izohipse u tijelu klizišta divergiraju na način da u zoni depresije povijaju prema čelu, a u zoni akumulacije prema nožici klizišta,

4) granica klizišta ponekad je omeđena jarugama ili bočnim pukotinama, što rezultira povijanjem izohipsi.



Slika 5-3. Topografski derivati visokorezolucijskog modela terena koji omogućavaju daljinsko kartiranje granice klizišta. A – osjenčani teren nastao simulacijom položaja sunčevih zraka s azimutom 315° i kutom nagiba 45°. B – karta izohipsi s razmakom 1 m. C – karta nagiba terena. D – granica klizišta s ID brojem 16 nastala kao rezultat vizualne analize karata pod A, B i C.

Određeni broj klizišta koja su kartirana na način opisan na slici 5-3 su i terenski verificirana u svrhu provjere primijenjene daljinske metode na terenu. Granice klizišta koje su registrirane terenskim radom u periodu kada model terena nije bio dostupan, također su

kartirane pomoću visokorezolucijskog modela terena jer je granica tim načinom neusporedivo točnije definirana.

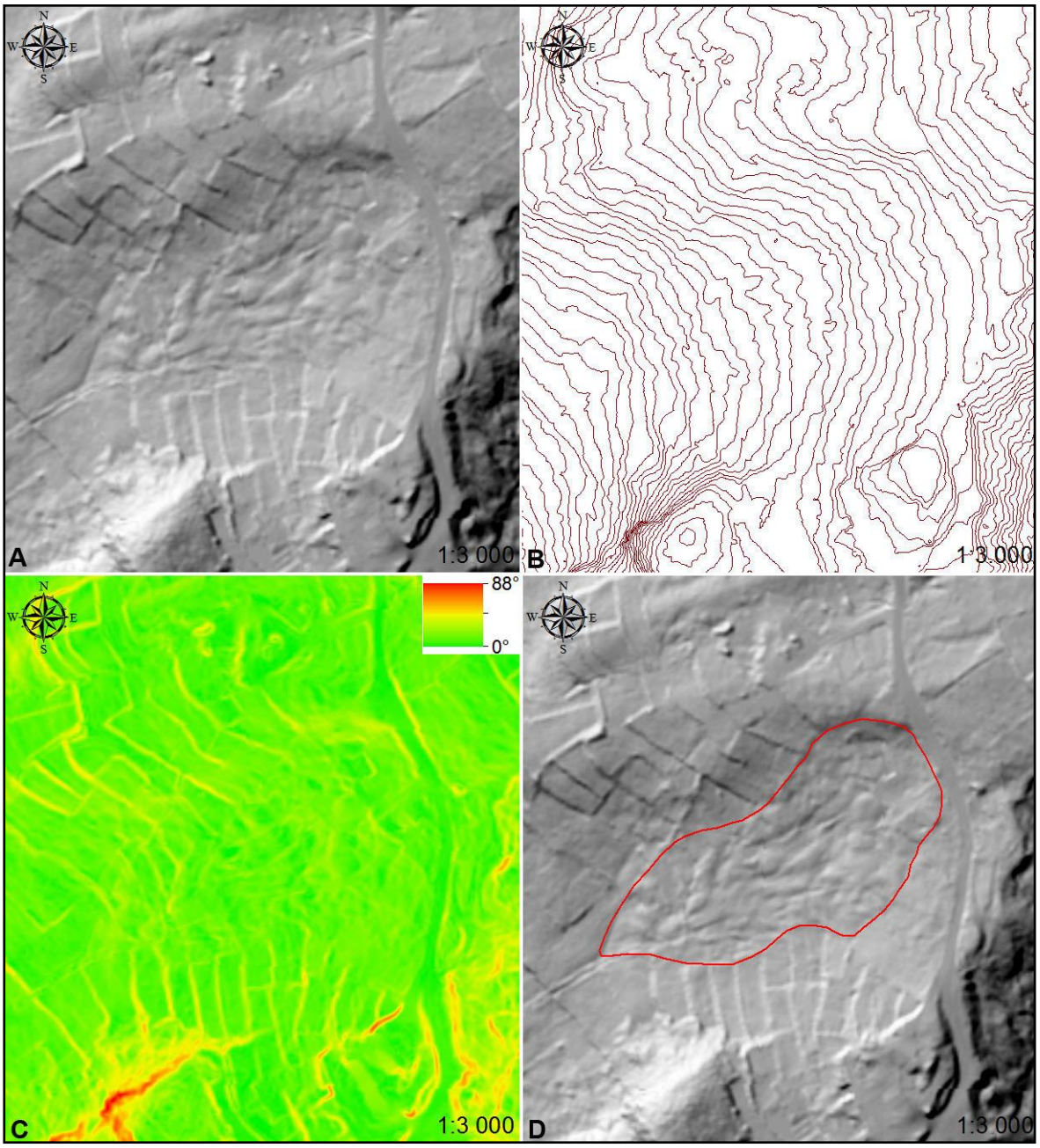
Nakon definiranja granice za svako klizište, pomoću GIS tehnologije su definirani površina, volumen, tlocrtna duljina, širina pokrenute mase, azimut klizanja i nagib padine na kojoj je klizište nastalo.

Volumen kliznog tijela određen je pomoću izraza kojeg su publicirali Guzzetti i dr. (2008) prema kojemu je volumen = 0,0844 × površina^{1,4324}. Navedeni izraz se preuzima uz pretpostavku da vrijedi i za područje istraživanja, odnosno porječje Dubračine.

Nagib padine na kojemu je klizište nastalo izračunat je pomoću nadmorske visine dvije točke, jedne koja se nalazi iznad i druge koja se nalazi ispod klizišta, a koje nisu zahvaćena klizanjem te se nalaze neposredno uz granicu klizišta. Za izračun nagiba korišten je pravac koji spaja te dvije točke i koji je u smjeru nagiba padine. Nadmorske visine tih dviju točaka su procijenjene pomoću izohipsi dobivenih iz DTM-a i korištene su za izračun visinske razlike Δh. Tlocrtna duljina klizišta i Δh su katete pravokutnog trokuta čija hipotenuza s horizontalom zatvara određeni kut koji predstavlja kut nagiba padine na lokaciji klizišta. Nagibi u tijelu klizišta se u ovom istraživanju nisu smatrali nagibima koje treba uzeti u obzir u svrhu predviđanja na kojim nagibima će se klizišta u budućnosti pojavljivati jer se radi o dijelu terena koji je poremećen klizanjem, odnosno koluviju.

Daljinsko kartiranje puzišta

Kao i kod klizišta, daljinsko kartiranje granice puzišta obavljeno je pomoću vizualne analize digitalnog modela terena rezolucije 1 m iz ožujka 2012., godine koja je potom terenski verificirana. Za definiranje vizualnog izgleda, na modelu terena bilo je nužno terenskim radom detektirati jedno puzište. U tu svrhu poslužilo je puzište s ID brojem 8 spomenuto već prije u poglavlju 5.1.1. Nabori terena vidljivi na slici 5-1 posljedica su recentnog puzanja pokrivača, a isti se jasno vide i na topografskim derivatima visokorezolucijskog modela terena koji su prikazani na slici 5-4.



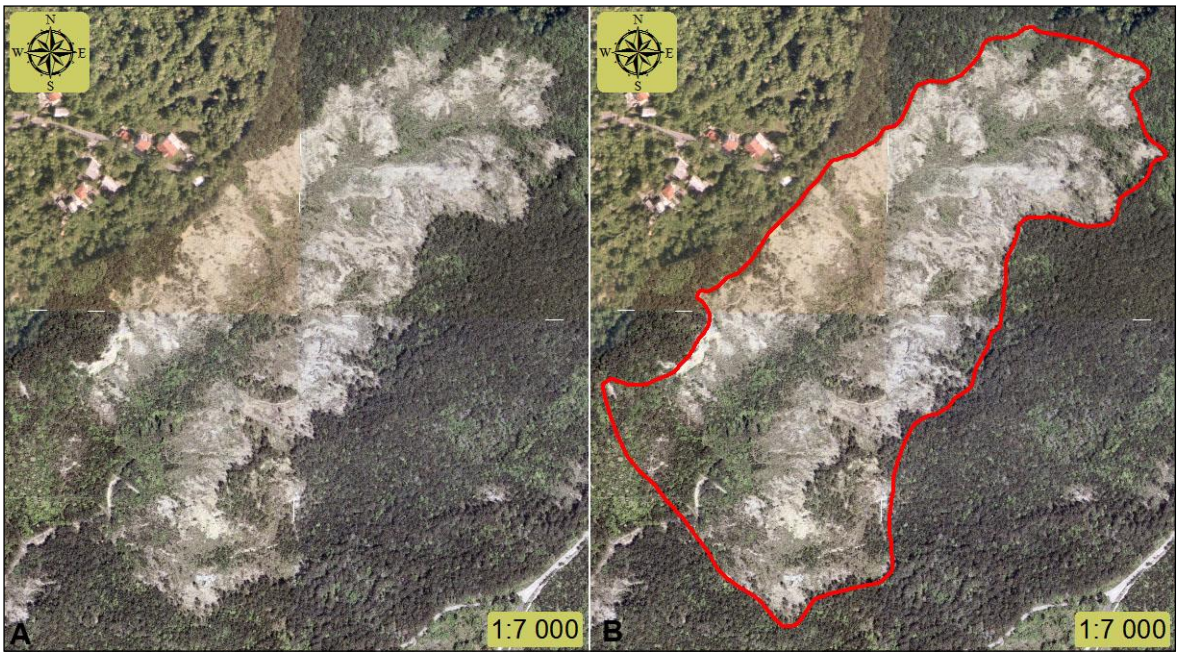
Slika 5-4. Topografski derivati visokorezolucijskog modela terena koji omogućavaju daljinsko kartiranje granice puzišta. A – osjenčani teren nastao simulacijom položaja sunčevih zraka s azimutom 315° i kutom nagiba 45°. B – karta izohipsi s razmakom 1 m. C – karta nagiba. D – granica puzišta s ID brojem 8 nastala kao rezultat vizualne analize karata pod A, B i C.

Daljinsko kartiranje ogolina

Kartiranje ogolina u sklopu područja istraživanja obavljeno je daljinski pomoću digitalnih ortofoto snimaka iz svibnja 2006. godine pri čemu treba naglasiti da ogoljeni teren na karbonatnim liticama, koje omeđuju porječje Dubračine, nije bio predmet istraživanja već isključivo ogoline koje su posljedica prekomjerne erozije fliša i pokrivača koji je na njemu razvijen u središnjem dijelu doline. Kao glavni uzrok prekomjerne erozije i formiranja ogolina u porječju Slanog potoka koji se nalazi u sklopu porječja Dubračine, Mileusnić i dr. (2004), Jurak i dr. (2005) te Aljinović i dr. (2010) navode povećanu koncentraciju iona natrija u pornoj vodi sedimenta i gubitak kohezije tla povezan s navedenim fenomenom. Za sušnih razdoblja se na površini terena može primijetiti kristalizacija soli tenardita (Na_2SO_4) po čemu je lokalitet i dobio ime. Kao dodatni uzrok prekomjernoj eroziji autori navode i moguću transformaciju tenardita u mirabilit (Na_2SO_4 x 10 H_2O) što je praćeno značajnim povećanjem volumena novonastale mineralne faze. Ogolina je po definiciji teren s vrlo oskudnom vegetacijom ili bez nje, što omogućava lako prepoznavanje takvih površina na digitalnom ortofoto snimku.

Gulam (2012) je proučavajući ogoline u flišu Istre primjetio da je većina ogolina ipak djelomično obrasla nekim tipom vegetacije zbog čega ih je podijelio u četiri klase obzirom na procijenjeni postotak površine u sklopu ogoline koji je prekriven vegetacijom. Obzirom na procijenjeni postotak površine pod vegetacijom, autor definira faktor umanjenja površine ogoline te pomoću njega definira ogoljelu površinu koja podrazumijeva ogolinu "*sensu stricto*".

U ovom istraživanju površine koje su kartirane kao ogoline nisu umanjivane za faktor umanjenja ovisno o površini pod vegetacijom već su kao takve korištene u daljnjim analizama. Na slici 5-5 je prikazan primjer daljinskog kartiranja ogoline u porječju Dubračine.



Slika 5-5. A – digitalni ortofoto snimak žarišta prekomjerne erozije u porječju Slanog potoka. B – granica ogoline nastala kao rezultat vizualne interpretacije snimka. Originalno mjerilo snimka je 1 : 5 000.

Na slici 5-6 prikazana je terenska fotografija iz žarišta prekomjerne erozije u sklopu porječja Slanog potoka na kojoj su vidljivi bijeli tragovi kristalizacije minerala tenardita na površini.

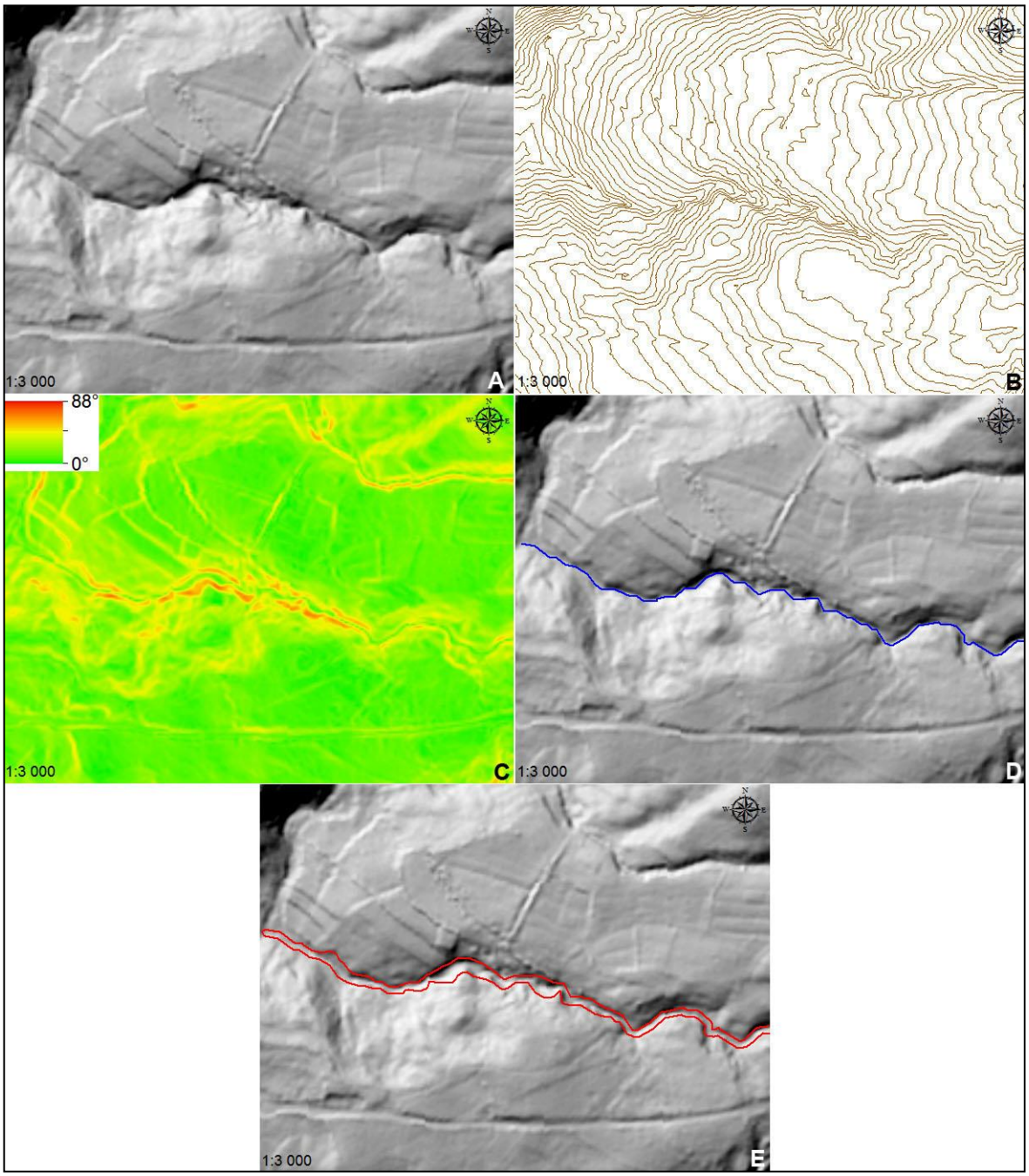
Nagib padine na kojem je ogolina nastala izračunat je pomoću prve izohipse iznad i ispod poligona ogoline na profilnoj liniji koja je okomita na izohipse. U svrhu izračuna nagiba ukupno je korišteno 27 profilnih linija. Pomoću te dvije izohipse se izračuna visinska razlika Δh. Tlocrtna duljina profilne linije i Δh su katete pravokutnog trokuta čija hipotenuza s horizontalom zatvara određeni kut koji predstavlja kut nagiba padine na konkretnoj profilnoj liniji. Na temelju dobivenih nagiba na svim profilnim linijama, može se zaključivati o nagibima na kojima ogoline nastaju.

Slika 5-6. Ogolina u sklopu žarišta prekomjerne erozije u porječju Slanog potoka na kojoj su vidljivi bijeli tragovi kristalizacije minerala tenardita na površini terena (foto A. Toševski).

Daljinsko kartiranje jaruga

Daljinsko kartiranje jaruga obavljeno je pomoću visokorezolucijskog modela terena koji datira iz ožujka 2012. godine pri čemu su kartirane jaruge u sklopu cijelog porječja. Dio jaruga razvijen je na karbonatnom terenu, a dio na flišnom. Prvi korak daljinskog kartiranja jaruga je automatska izrada sloja drenažnih kanala pomoću GIS tehnologije primijenjene na modelu terena nakon čega slijedi ručna korekcija. Korekcija ima za cilj ukloniti sve kanale za koje se, vizualnom analizom topografskih derivata modela terena (karta osjenčanog terena, karta nagiba i karta izohipsi) i topografskih podloga mjerila 1 : 5 000, utvrdi da nisu drenažni kanali. Nakon konačnog definiranja drenažne mreže slijedi izrada poligona jaruga. Svaka jaruga omeđena je linijom nakon koje se idući prema središtu jaruge primjećuje povećanje kuta nagiba što je na visokorezolucijskim modelima terena vidljivo. Na taj način moguće je okonturiti drenažni kanal duž njegova pružanja, odnosno formirati poligon koji predstavlja poligon jaruge. U idealnim slučajevima moguće je sa svake strane drenažnog kanala odrediti dvije linije koje su paralelne s kanalom i udaljene od njega onoliko koliko je udaljena morfološka stepenica oko kanala koja predstavlja promjenu nagiba. U ovom istraživanju je za tu udaljenost uzeta vrijednost od 1 m do 3 m. U ostalim slučajevima kada pružanje morfološke stepenice koja omeđuje drenažni kanal nije paralelno pružanju kanala, poligon

jaruge je definiran ručno pomoću topografskih derivata modela terena. Na slici 5-7 su prikazani topografski derivati modela terena koji na gore opisan način i uz prethodno definiranje drenažnih kanala, omogućavaju daljinsko kartiranje jaruga. Jaruga kroz koju teče rijeka Dubračina u ovom istraživanju nije tretirana, kao ni jaruge procijenjene dubine manje od 0,5 m. Za ocjenu dubine jaruge je također korištena GIS tehnologija tako što je okomito na pružanje linije drenažnog kanala kreiran topografski profil s kojeg bi se približno očitala dubina jaruge.

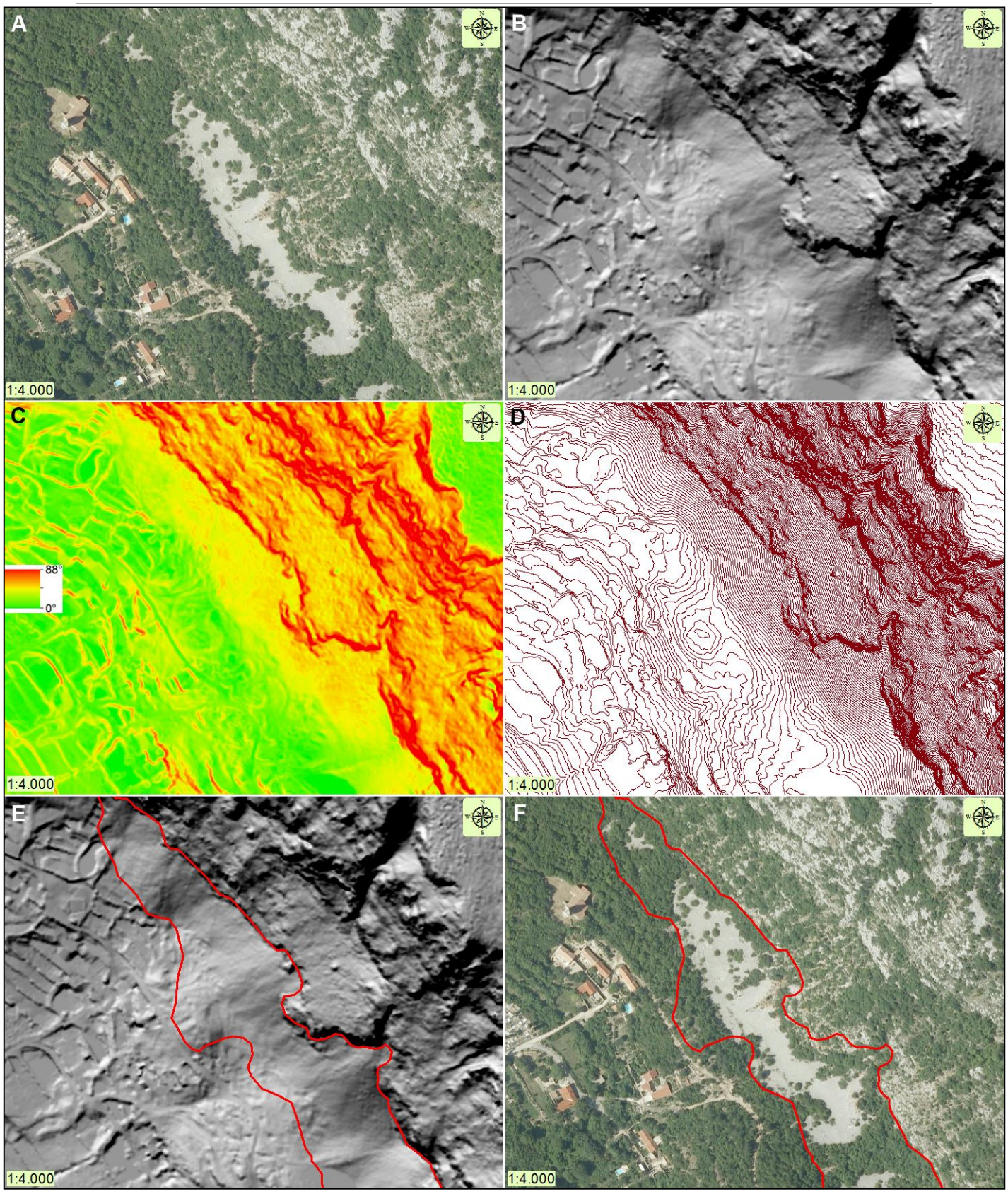


Slika 5-7. Topografski derivati visokorezolucijskog modela terena koji omogućavaju daljinsko kartiranje granice jaruge. A – osjenčani teren nastao simulacijom položaja sunčevih zraka s azimutom 315° i kutom nagiba 45°. B – karta izohipsi s razmakom 1 m. C – karta nagiba terena. D – osjenčani teren s automatski izvučenim drenažnim kanalom. E – granica jaruge koja je dijelom rezultat paralelnog obostranog odmaka od kanala, a dijelom rezultat ručnog rada koji je temeljen na vizualnoj analizi karata pod A, B i C.

Daljinsko kartiranje sipara

Daljinsko kartiranje sipara primarno se temelji na analizi digitalnih ortofoto snimaka. Za potrebe izrade doktorskog rada korištena je generacija snimaka mjerila 1 : 5 000 iz svibnja 2006. Godine, na kojima se u podnožju karbonatnih litica koje okružuju porječje Dubračine mogu vidjeti sipari nastali trošenjem, transportom i taloženjem materijala koji je deriviran upravo s tih litica (slika 5-8, A). Osim snimaka, u ovom istraživanju daljinsko kartiranje sipara temeljilo se i na vizualnoj analizi topografskih derivata visokorezolucijskog modela terena rezolucije 1 m koji datira iz ožujka 2012. što je bitno pridonijelo kvaliteti inventara sipara. Na slici 5-8 prikazane su karta osjenčanog terena, karta nagiba terena i karta izohipsi (slike B, C i D) među kojima se karta osjenčanog terena pokazala najprikladnija za daljinsko kartiranje sipara. Na slici su jasno vidljiva lepezasta, brežuljkasta, sedimentna tijela sipara u podnožju litice. To je omogućilo puno preciznije definiranje granice sipara budući na digitalnom ortofoto snimku nije moguće pouzdano odrediti granicu sipara i litice. To se odnosi i na granicu sipara koja je pod gustom vegetacijom što je na konkretnoj lokaciji prikazanoj na slici 5-8 rezultiralo znatno većom površinom sipara nego što bi to bio slučaj da se istraživanje temeljilo isključivo na analizi DOF-a.

Kut odlaganja sipara izračunat je pomoću prve izohipse iznad i ispod poligona sipara na profilnoj liniji koja je okomita na izohipse. U svrhu izračuna nagiba ukupno su korištene 24 profilne linije. Pomoću te dvije izohipse se izračuna visinska razlika Δh. Tlocrtna duljina profilne linije i Δh su katete pravokutnog trokuta čija hipotenuza s horizontalom zatvara određeni kut koji predstavlja kut odlaganja detritusa na konkretnoj profilnoj liniji. Na temelju dobivenih nagiba na svim profilnim linijama, može se zaključivati o kutevima odlaganja sipara.

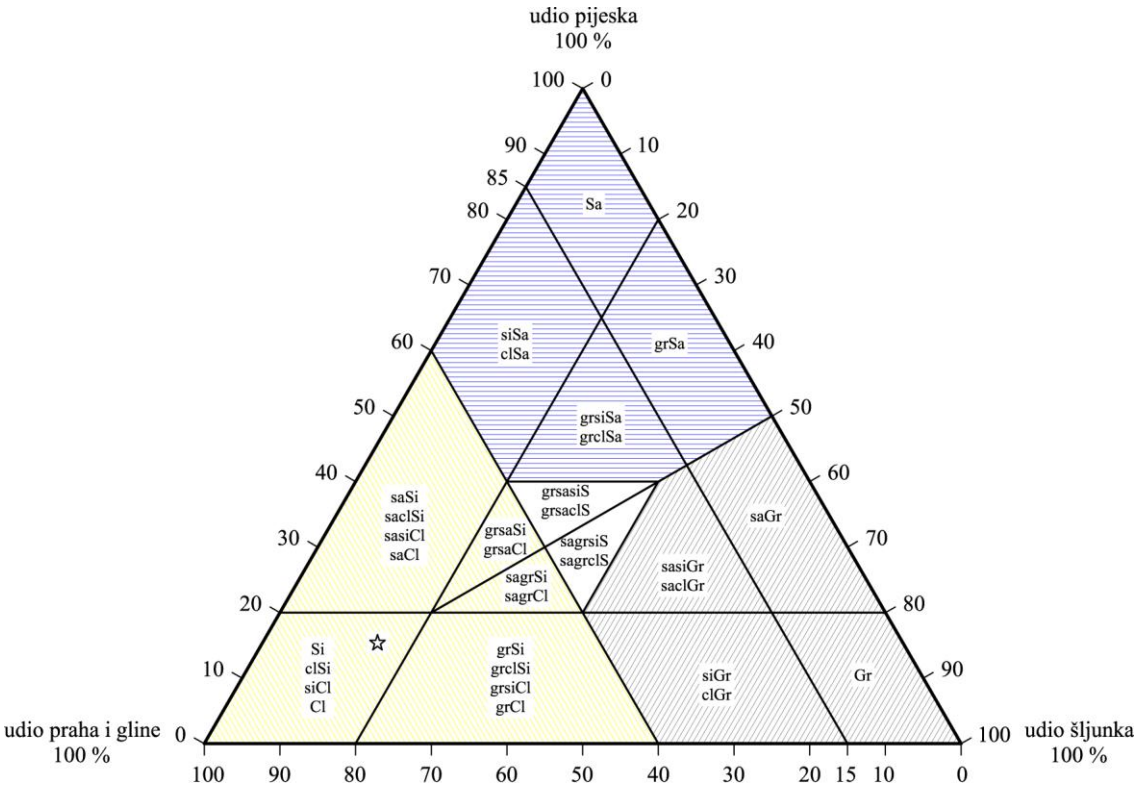


Slika 5-8. DOF i topografski derivati visokorezolucijskog modela terena koji omogućavaju daljinsko kartiranje granice sipara. A – DOF snimak na kojem se vidi sipar. B – osjenčani teren nastao simulacijom položaja sunčevih zraka s azimutom 315° i kutom nagiba 45°. C – karta nagiba terena. D – karta izohipsi s razmakom 1 m. E – granica sipara na karti osjenčanog terena koja je rezultat vizualne analize karata pod A, B C i D. F – granica sipara na DOF-u koja je rezultat vizualne analize karata pod A, B C i D.

5.3.2. Klasificiranje rezultata laboratorijskih istraživanja

Granulometrija

Rezultati granulometrijskih analiza poslužili su za klasificiranje uzorkovanih tala. U tu svrhu je u ovom istraživanju primijenjen ISO standard oznake ISO 14688-2:2004(E). Navedeni standard daje mogućnost klasificiranja tala samo na temelju granulometrijskog sastava, bez određivanja granica plastičnosti za prahove i gline. Prema tom standardu, šljunak ima veličinu klasta od 63 mm do 2 mm, pijesak od 2 mm do 0,063 mm, prah od 0,063 mm do 0,002 mm, a glina ima čestice manje 0,002 mm. Kako se u prirodi vrlo rijetko mogu naći tla izgrađena od samo jedne frakcije, za klasifikaciju se koristi trokomponentni dijagram prikazan na slici 5-9, a nazivi tala čiji simboli se nalaze u dijagramu, prikazani su u tablici 5-1.



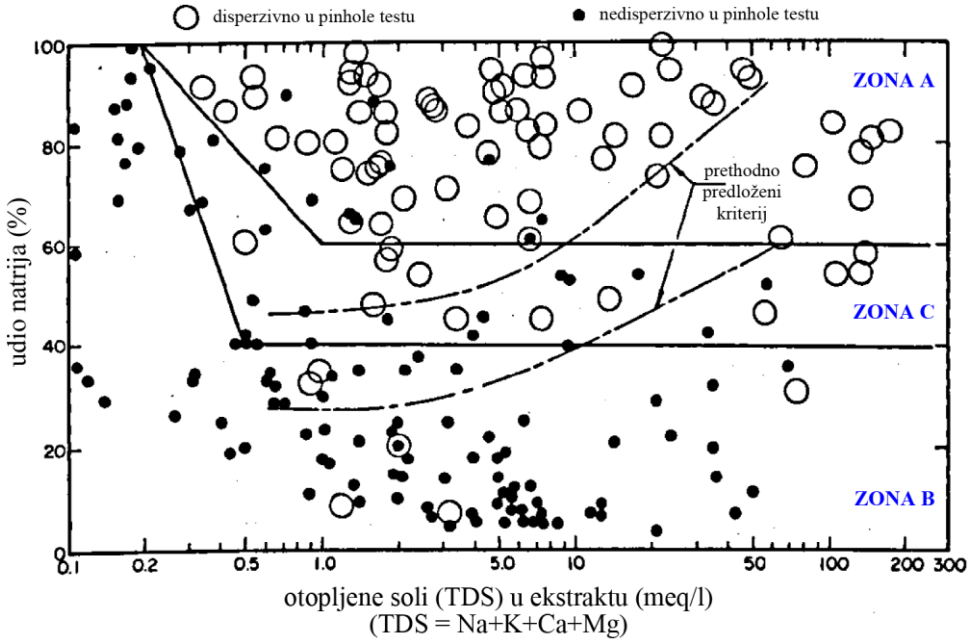
Slika 5-9. Trokomponentni dijagram prema ISO 14688-2:2004(E) temeljem kojeg se iz granulometrijskog sastava definira klasa tla. Plavom bojom su označeni pijesci, sivom šljunci, žutom prahovi i gline te bijelom miješana tla. Tla koja se temeljem udjela pijeska i šljunka projiciraju u polje sa zvjezdicom su klasificirana kao gline (Cl) ako imaju više od 40 % gline, prahovite gline (siCl) ako imaju od 20 do 40 % gline, glinoviti prahovi (clSi) ako imaju od 10 do 20 % gline i prahovi (Si) ako imaju do 10 % gline.

Tablica 5-1. Nazivi i simboli tala prema ISO 14688-2:2004(E).

PIJESCI			
simbol	**naziv**	**simbol**	**naziv**
Sa	pijesak	grSa	šljunkoviti pijesak
siSa	prahoviti pijesak	grsiSa	šljunkovito prahoviti pijesak
clSa	glinoviti pijesak	grclSa	šljunkovito glinoviti pijesak
ŠLJUNCI			
simbol	**naziv**	**simbol**	**naziv**
Gr	šljunak	saclGr	pjeskovito glinoviti šljunak
saGr	pjeskoviti šljunak	siGr	prahoviti šljunak
sasiGr	pjeskovito prahoviti šljunk	clGr	glinoviti šljunak
PRAHOVI I GLINE			
simbol	**naziv**	**simbol**	**naziv**
Si	prah	Cl	glina
clSi	glinoviti prah	siCl	prahovita glina
saSi	pjeskoviti prah	saCl	pjeskovita glina
saclSi	pjeskovito glinoviti prah	sasiCl	pjeskovito prahovita glina
grsaSi	šljunkovito pjeskoviti prah	grsaCl	šljunkovito pjeskovita glina
sagrSi	pjeskovito šljunkoviti prah	sagrCl	pjeskovito šljunkovita glina
grSi	šljunkovito prah	grCl	šljunkovita glina
grclSi	šljunkovito glinoviti prah	grsiCl	šljunkovito prahovita glina
MIJEŠANA TLA			
simbol	**naziv**	**simbol**	**naziv**
grsasiS	šljunkovito pjeskovito prahovito tlo	sagrsiS	pjeskovito šljunkovito prahovito tlo
grsaclS	šljunkovito pjeskovito glinovito tlo	sagrclS	pjeskovito šljunkovito glinovito tlo

Disperzivnost

Određivanjem koncentracije iona natrija, kalija, kalcija i magnezija u ekstraktu tla te primjenom dijagrama iz Sherard i dr. (1976, slika 5-10), moguće je odrediti koja su tla disperzivna. Na dijagramu je vidljivo da se na apscisi nalazi suma koncentracija iona natrija, kalija, kalcija i magnezija u miliekvivalentima po litri, a na ordinati udio natrija u toj sumi u postocima. Autori su u dijagramu definirali područja u sklopu kojih se pojavljuju disperzivna tla (zona A), moguće disperzivna tla (zona C) i nedisperzivna tla (zona B).



Slika 5-10. Dijagram pomoću kojeg je iz poznate koncentracije iona natrija, kalija, kalcija i magnezija u pornoj vodi tla moguće odrediti radi li se o disperzivnom (zona A), moguće disperzivnom (zona C) ili nedisperzivnom tlu (zona B) (Sherard i dr., 1976).

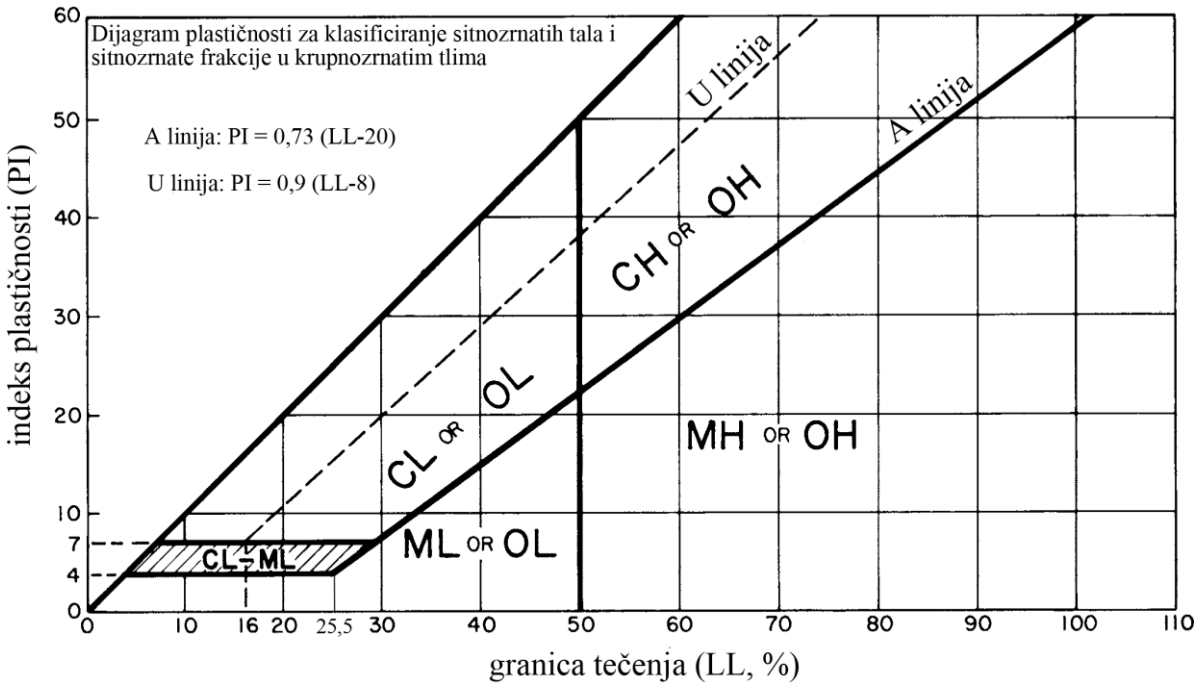
U ovom istraživanju su umjesto koncentracija iona u pornoj vodi tla (dobiveno ekstrakcijom vode iz paste), korištene koncentracije iona u ekstraktu tla kako je opisano u poglavlju 5.2. Zbog navedenog se "x" koordinate točaka na dijagramu prikazanom slikom 5-10 mogu malo razlikovati, što ne utječe na klasifikaciju uzorka prema disperzivnosti.

U svrhu određivanja granične koncentracije iona natrija u ekstraktu tla nakon koje se očekuje pojava efekta disperzivnosti, na 11 uzoraka su metodom ionske kromatografije određene koncentracije iona natrija, kalija, kalcija i magnezija u ekstraktu. Pomoću uzoraka čije koncentracije će se projicirati u zonu A, definirat će se pravac trenda s pripadajućom jednadžbom i koeficijentom korelacije. Pravac će se produžiti do linije koja odvaja zonu A i

zonu C. Presjecište pravca trenda s granicom zone A i C projicirano na apscisu predstavlja sumu koncentracija iona natrija, kalija, kalcija i magnezija u kojoj udio natrija iznosi 60 %, što je koncentracija nakon koje se tlo ponaša disperzivno. Na taj način je u ovom istraživanju određena koncentracija iona natrija u ekstraktu tla iznad koje je pretpostavljeno disperzivno ponašanje tla, što omogućava da se veliki broj uzoraka testira na disperzivnost samo pomoću koncentracije iona natrija u ekstraktu.

Atterbergove granice

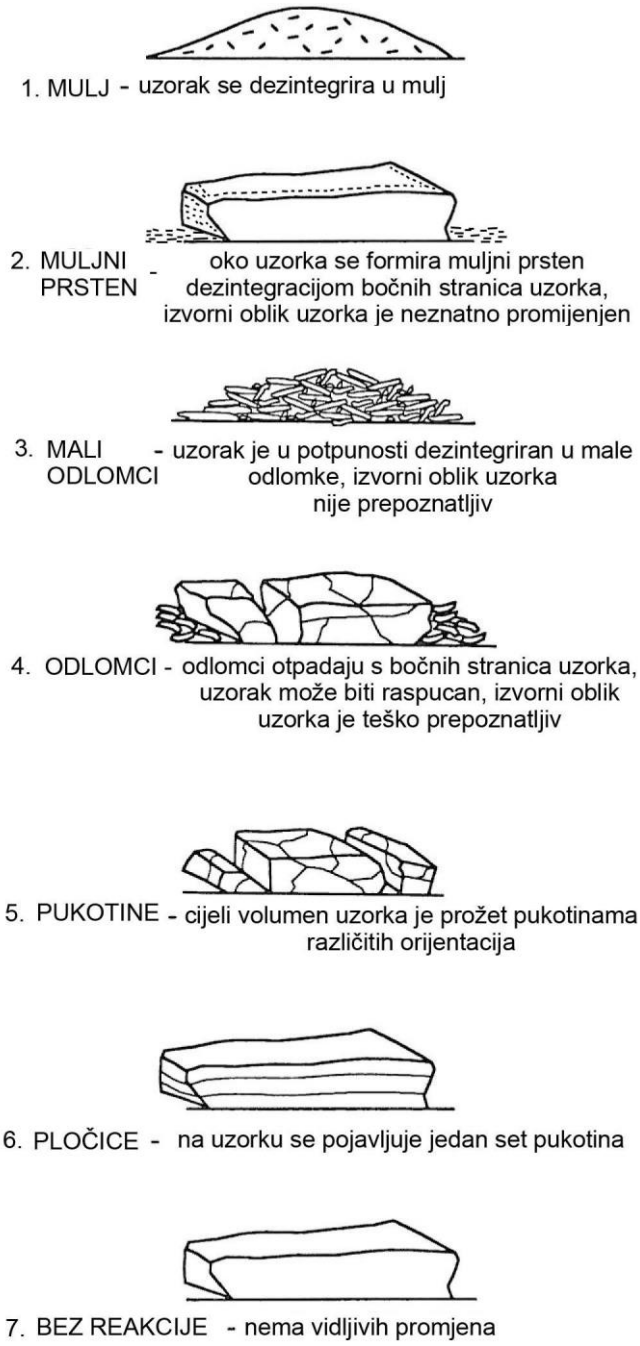
Određivanje Atterbergovih granica imalo je za cilj utvrditi ima li razlika u plastičnosti između disperzivnih i nedisperzivnih sitnozrnatih materijala. Tla su klasificirana prema ASTM standardu oznake D 2487-06, odnosno dijagramu plastičnosti koji je prikazan na slici 5-11.



Slika 5-11. Dijagram plastičnosti prema ASTM D 2487-06 za klasificiranje sitnozrnatih tala. CL – niskoplastična glina, CH – visokoplastična glina, ML – niskoplastični prah, MH – visokoplastični prah, OL – niskoplastična organska glina ili prah, OH – visokoplastična organska glina ili prah.

Određivanje modela trošenja uzorka nakon procesa "sušenja-vlaženja"

U sklopu istraživanja, određeni broj uzoraka podvrgnut je procesu sušenja-vlaženja na način kako je opisano u poglavlju 5.2 što je imalo za cilj definirati razlike u ponašanju između nedisperzivnog i disperzivnog tla koja su u prirodi izložena spomenutom procesu. Santi (1998) je definirao šest tipova ponašanja sitnozrnatih materijala koja su u laboratoriju testirana na sušenje-vlaženje, a za potrebe istraživanja, klasifikacija koju je predložio djelomično je nadopunjena tako što je uvedena još jedna klasa. Modificirana klasifikacija prikazana je slikom 5-12, a nadopunu predstavlja klasa označena brojem 2.



Slika 5-12. Klase i pripadajući opisi ponašanja sitnozrnatih tala koja su bila izložena procesu sušenja-vlaženja prema Santi (1998), djelomično nadopunjeno. Slikom su opisani svi mogući modeli trošenja nakon provedenog laboratorijskog pokusa, a nadopunu predstavlja model s oznakom 2 nazvan "muljni prsten" (*engl. mud ring*).

Aktivnost glina

Aktivnost glina je veličina koju je definirao Skempton (1953). Predstavlja omjer indeksa plastičnosti i postotnog udjela čestica koje su manje od 0,002 mm. Prema aktivnosti, sitnozrnati materijali se mogu podijeliti na neaktivne, normalne i aktivne. Neaktivni materijali imaju aktivnost manju od 0,75, a dominantni mineral glina u njima je kaolinit. Normalni materijali imaju aktivnost u rasponu od 0,75 do 1,25 s ilitom kao dominantnim mineralom glina. Aktivni materijali imaju aktivnost veću od 1,25, a dominantni mineral glina u njima je montmorilonit.

Temeljem aktivnosti može se indirektno pretpostaviti mogući model ponašanja materijala u geotehničkom smislu. Naime, aktivne sitnozrnate materijale karakteriziraju značajne promjene volumena uzrokovane sušenjem i vlaženjem te se takvi materijali smatraju kemijski reaktivnima. Bell (2007) dodaje da aktivne gline imaju veliki kapacitet kationske zamjene, malu propusnost i malu čvrstoću na smicanje. Osim navedenog, isti autor navodi kako montmorilonitne gline pokrivaju cijeli raspon od aktivnih do neaktivnih što znači da im se svojstvo aktivnosti ne može unaprijed pripisati.

U ovom istraživanju je, u kontekstu aktivnosti glina, cilj bio utvrditi postoji li korelacija između klase aktivnosti i disperzivnosti materijala. U tu svrhu je na 21 uzorku određen granulometrijski sastav, Atterbergove granice plastičnosti te je određena koncentracija iona natrija u ekstraktu tla. Lokacije uzorkovanja u sklopu porječja Dubračine prikazane su na karti u prilogu 7.

5.3.3. Izrada faktorskih karata

Faktorske karte, koje više ili manje doprinose nastanku površinskih geodinamičkih (inženjerskogeoloških) procesa koji su predmet istraživanja, neizostavni su ulazni podaci u analizi podložnosti. U nastavku su navedeni faktori koji će biti korišteni u analizama te je ukratko opisan način izrade same faktorske karte. Da bi se mogle koristiti u geoprostornim analizama, sve karte su pripremljene u rasterskom obliku.

Litološka karta

Litološka karta porječja Dubračine derivirana je iz geološke karte porječja mjerila 1 : 25 000 (Hrvatski geološki institut, 2007a) koja je prikazana u prilogu 1. Središnji dio karte

prikazane u prilogu 1, koji je označen žutim poligonom, kartiran je dodatno u mjerilu 1 : 5 000 (Hrvatski geološki institut, 2007b, ljubaznošću Hrvatskih voda), a za potrebe istraživanja je pripremljena litološka karta koja predstavlja sintezu spomenute dvije (prilog 8) i u ovom radu se smatra litološkom kartom cijelog porječja mjerila 1 : 5 000.

Litologija je, uz nagib terena, najvažniji faktor površinskih geodinamičkih (inženjerskogeoloških) procesa jer su neki procesi povezani samo s nekim litološkim jedinicama. Tako na primjer, područja koja nemaju pokrivača, gdje je osnovna stijena na površini, dijelovi su terena gdje nije moguće očekivati klizanja u tlu. Tereni, na kojima nema izdanaka osnovne stijene, ne mogu biti izvorišta koja bi dala materijal za formiranje sipara na padinama, ali zato strme kamene litice mogu biti i jesu izvorišta fragmenata koji nakon transporta i sedimentacije formiraju sipare u podnožju padina. Na ovaj i slične načine litologija uvjetuje prostorni položaj površinskih geodinamičkih procesa, odnosno definira površine koje s aspekta inženjerske geologije jesu ili nisu podložne određenom procesu.

Litologiju područja istraživanja kao faktor u sklopu zonacije podložnosti klizanju koristili su, na primjer, Reis i dr. (2011) te Sarkar i dr. (2013).

Karta nagiba terena

Karta nagiba terena (*engl. slope map*) derivirana je iz digitalnog modela terena rezolucije 1 m koji je dobiven laserskim skeniranjem iz zraka u ožujku 2012. godine.

Nagib terena je uz litologiju najvažniji faktor koji definira prostorni položaj određenih procesa. U geotehničkom inženjerstvu poznato je da sitnozrnati materijali (prahovi i gline) imaju manje kutove unutarnjeg trenja, ako ih uspoređujemo s kutovima krupnozrnatih materijala (pijesci i šljunci). Navedeno uvjetuje da će na određenim nagibima određeni materijali biti podložni, na primjer klizanju, dok drugi na tim istim neće. Klizišta se, generalno, u sitnozrnatim materijalima javljaju na nagibima od 10° do 30° (Šestanović, 1993), a gotovo identičan raspon nagiba od 11° do 29° navode i Komac i Ribičič (2006), dok šljunci na tim nagibima u pravilu neće pokazivati tragove pomaka. S druge strane, tereni na kojima je na površini registrirana osnovna stijena, ne znači automatski i postojanje sipara jer su za njihovo formiranje potrebna strma izvorišta.

Gore navedeni primjeri ukazuju kako nagib utječe na prostornu distribuciju površinskih procesa koji se istražuju. Nakon izrade karte, područje istraživanja je potrebno podijeliti u određene klase nagiba da bi se analizom utvrdilo koja klasa najviše doprinosi nastanku određenog površinskog procesa.

U radu je u svrhu istraživanja za svako klizište i puzište izračunat generalni nagib padine na kojem je pomak nastao. To je učinjeno pomoću prve "intaktne" izohipse iznad i ispod kliznog/puznog tijela pomoću kojih se dobije vertikalna visinska razlika između njih. Udaljenost na karti između tih dviju izohipsi koja je u smjeru pomaka mase niz padinu predstavlja tlocrtnu udaljenost točaka koje se nalaze uz samu čeonu pukotinu, odnosno uz samu nožicu kliznog/puznog tijela i to na intaktnom dijelu padine. Ta duljina i vertikalna visinska razlika su dvije katete pravokutnog trokuta čija hipotenuza predstavlja stvarnu udaljenost između čeone pukotine i nožice klizišta (a ne tlocrtnu), a kut što ga hipotenuza zatvara s horizontalom je kut nagiba padine na kojemu je klizište nastalo. Izračun generalnog nagiba padine imao je za cilj definirati realne nagibe na kojima klizišta i puzišta nastaju, jer nakon pomaka, površina terena unutar granica koluvija ne odražava u potpunosti nagibe koji su vladali prije pomaka.

Nagib terena kao faktor u sklopu zonacije podložnosti klizanju koristili su, na primjer, Lee i Choi (2004) te Mathew i dr. (2007).

Karta smjera nagiba terena

Karta smjera nagiba (*engl. aspect map*) derivirana je iz digitalnog modela terena rezolucije 1m koji je dobiven laserskim skeniranjem iz zraka u ožujku 2012. godine.

Smjer nagiba direktno utječe na količinu sunčeve energije kojoj će padina tijekom godine biti izložena. Navedeno je povezano s intenzitetom sušenja i vlaženja. Neotporni materijali na spomenuti proces reagiraju značajnom degradacijom u inženjerskom smislu što ih čini podložnima površinskim geodinamičkim/inženjerskogeološkim procesima. Količina izloženosti sunčevoj energiji može uvjetovati vrstu i količinu vegetacije koja će se na padinama razviti što također može utjecati na razvoj ili izostanak površinskih procesa. Nakon izrade karte smjera nagiba terena, područje istraživanja potrebno je podijeliti u određene klase da bi se analizom utvrdilo koja klasa smjera nagiba terena najviše doprinosi nastanku određenog površinskog procesa.

Smjer nagiba terena kao faktor u sklopu zonacije podložnosti klizanju koristili su, na primjer, Meten i dr. (2014) te Che i dr. (2012).

Karta udaljenosti od površinskog vodotoka

Karta površinskih vodotoka predstavlja nadopunu karte koju su publicirali Rubinić i Ožanić (2010). Nadopunjena je vodotocima koji su prikazani na Hrvatskoj osnovnoj karti (HOK) mjerila 1 : 5 000 te vodotocima koji su registrirani terenskim radom, a nema ih na Hrvatskoj osnovnoj karti niti na karti spomenutih autora.

Nakon izrade karte, područje istraživanja podijeljeno je u nekoliko klasa obzirom na udaljenost od vodotoka u cilju utvrđivanja nalaze li se površinski procesi bliže ili dalje od vodotoka.

Može se pretpostaviti da se većina površine zahvaćena određenim površinskim procesom koji se istražuje (klizanje, puzanje, prekomjerna erozija, jaružanje, odronjavanje) nalazi bliže vodotoku, a ne dalje, što je povezano s erozijskim djelovanjem vodotoka. Tako na primjer nožica padine na kojoj su registrirane naslage pokrivača, a pri dnu padine postoji vodotok, predstavlja uvjete koji zbog erozije nožice preferiraju nastanak klizišta.

Udaljenost od površinskih vodotoka kao faktor u sklopu zonacije podložnosti klizanju koristili su, na primjer, Pradham i dr. (2010) te Yalcin i dr. (2011).

Karta udaljenosti od prometnice

Karta prometnica porječja Dubračine izrađena je vektorizacijom iz službene topografske karte mjerila 1 : 25 000 pri čemu se prometnicama smatraju samo asfaltirane kolničke konstrukcije.

Udaljenost od prometnice važan je faktor koji se uzima u obzir u svrhu analize podložnosti određenom površinskom procesu, najčešće klizanju. Inženjerska praksa je pokazala da su klizišta vrlo često u neposrednoj blizini prometnice, a nerijetko i presijecaju samo klizno tijelo.

Utjecaj prometnica se može promatrati kroz nekoliko aspekata. Površinska odvodnja prometnica manjeg značaja često je puta loše riješena ili nije uopće riješena, što znači da voda s naplavne površine nekontrolirano i/ili koncentrirano otječe niz padinu i na taj način je natapa, povećava porni tlak u materijalu, reducira parametre čvrstoće te vrši eroziju padine, što sve ide u prilog nastanku pokreta mase. Nekontrolirano zasijecanje padine u svrhu izgradnje prometnice kao i nekontrolirano deponiranje raznih vrsta materijala na nizbrežnoj strani prometnice često puta su glavni uzroci nastanka klizišta. Nadalje, izgradnja prometnice može poremetiti ustaljene podzemne tokove o čemu se ne vodi računa, a to može rezultirati

značajnim oštećenjima kolnika i iniciranjem pokreta mase na padini. Zbog navedenog se blizina prometnice smatra važnim faktorom koji treba uzeti u obzir prilikom izrade karte podložnosti površinskim procesima.

Udaljenost od prometnice kao faktor u sklopu zonacije podložnosti klizanju koristili su, na primjer, Che i dr. (2012), Reis i dr. (2011) te Sharma i Kumar (2008).

Karta koncentracije iona natrija u ekstraktu tla

U sklopu porječja Dubračine su na površini registrirana disperzivna tla obogaćena ionom natrija. Osim prekomjerne erozije, na takvim dijelovima porječja su zamijećena klizanja (Toševski, 2013) i jaružanja što je u izravnoj vezi s prisutnošću disperzivnih materijala koja u dodiru s vodom gube koheziju zbog čega su vrlo podložni raznim površinskim geodinamičkim/inženjerskogeološkim procesima. Zbog navedenog se ovim istraživanjima pokušalo dovesti u vezu prostornu distribuciju površinskih procesa i koncentraciju iona natrija u ekstraktu tla. Da bi se navedeno testiralo, potrebno je izraditi kartu koncentracije iona natrija u ekstraktu tla za cijelo porječje. Međutim, razlike u koncentracijama iona natrija su na prostorno vrlo bliskim lokacijama izrazito velike, što je onemogućilo izradu karte zadovoljavajuće kvalitete. Zbog toga je disperzivnost u prostoru opisana pomoću dvije karte. Jedna karta je binarnog tipa na kojoj su izdvojene disperzivne i nedisperzivne površine, a druga karta je karta udaljenosti od disperzivnog uzorka.

Karta pokrova zemljišta

Kartu pokrova zemljišta (*engl. land cover*) mjerila 1 : 100 000 izradila je Agencija za zaštitu okoliša (2012) i kao takva je korištena u ovom istraživanju, a prikazana je na slici 3.2. Karta je izrađena prema programu za koordinaciju informacija o okolišu i prirodnim resursima pod nazivom CORINE (COoRdination of INformation on the Environment) koji je prihvaćen od strane Europske unije. Na razini Unije, karta i pripadajuća baza podataka su ocijenjeni kao temeljni referentni set podataka za geoprostorne analize zbog čega će biti korištena kao faktorska karta u analizi podložnosti. Pokrov zemljišta kao faktor klizanja su u svojim zonacijskim analizama koristili, na primjer, van Westen i dr. (2003) te Komac (2012).

Karta udaljenosti od rasjeda

Karta rasjeda porječja Dubračine derivirana je iz geološke karte mjerila 1 : 25 000 (Hrvatski geološki institut, 2007a) koja je prikazana u prilogu 1. Središnji dio karte prikazane u prilogu 1, koji je označen žutim poligonom, kartiran je dodatno u mjerilu 1 : 5 000 (Hrvatski geološki institut, 2007b), a za potrebe istraživanja je pripremljena karta rasjeda koja predstavlja sintezu spomenute dvije karte te se u ovom radu smatra kartom rasjeda cijelog porječja mjerila 1 : 5 000. U slučajevima gdje je isti rasjed kartiran i u mjerilu 1 : 25 000 i u mjerilu 1 : 5000, prednost je dana položaju rasjeda u prostoru kako je naznačen u mjerilu 1 : 5 000.

Treba naglasiti da su na karti rasjeda prikazani svi rasjedi bez obzira na karakter (utvrđen, pretpostavljen, normalni, reversni, horizontalni).

Rasjedi i s njima povezane rasjedne zone, s aspekta inženjerske geologije, predstavljaju dijelove terena gdje je stijenska masa uslijed naprezanja kojim je bila izložena tijekom geološke prošlosti, mehanički i kemijski izmijenjena. Navedeno podrazumijeva da je masa razlomljena, okršena, propusna, asocirana s koherentnim tlima itd. Zbog toga je logično pretpostaviti da će podložnost točke u prostoru površinskim procesima biti veća što je bliže rasjedu naznačenom na karti, zbog čega je karta udaljenosti od rasjeda uzeta kao faktorska u analizi. Udaljenost od rasjeda kao faktor u sklopu zonacijskih istraživanja koristili su, na primjer, Komac i Ribičič (2006) te Süzen i Doyuran (2004).

Karta srednje godišnje količine oborine za razdoblje 1981.-2010.

Kartu srednje godišnje količine oborine porječja Dubračine rezolucije 1 km je za potrebe istraživanja izradio Državni hidrometeorološki zavod (2011) temeljem podataka s osam meteoroloških postaja koje su zbog svog položaja u prostoru relevantne za porječje. Popis postaja prikazan je u tablici 5-2, a njihov prostorni položaj u odnosu na porječje u prilogu 10.

Tablica 5-2. Popis meteoroloških postaja s kojih su korišteni podaci o količini oborine za razdoblje 1981-2010, a u svrhu izrade karte srednje godišnje količine oborine za navedeno razdoblje za porječje Dubračine.

Naziv postaje	Nadmorska visina (m)	Koordinata "E" (geodetski Y) (m)	Koordinata "N" (geodetski X) (m)
Rijeka	120	338765	5023948
Hreljin	307	350836	5017628
Lič	726	360099	5017478
Crikvenica	2	357645	5005303
Novi Vinodolski	33	366105	5000425
Ledenice	295	369752	5001307
Fužine	715	360238	5019853
Senj	26	374104	4984853

Iako je površina porječja relativno mala, kao i rezolucija karte, podaci o oborinama ukazuju na opravdanost njihove upotrebe. Minimalna vrijednost oborine iznosi 1260 mm, a maksimalna 2260 mm što znači da je maksimalna vrijednost u odnosu na minimalnu veća za 79 %. Tako velika razlika između dviju krajnih vrijednosti ukazuje na značajne razlike u količini oborine u porječju. Navedeno, bez obzira na malu rezoluciju karte, opravdava njezinu primjenu kao faktorske karte u analizi podložnosti. Velike razlike u količini oborine na malom području uvjetovane su rasponom nadmorskih visina od -2 m do 923 m te rasponom udaljenosti od obalne crte u porječju koji se kreće od 20 m do oko 5 600 m.

Poznato je da su parametri čvrstoće sitnozrnatog tla manji što je porni tlak vode u tlu veći. Na temelju toga se može pretpostaviti da će područja s većom količinom oborina imati veću površinu zahvaćenu klizanjem, ako pretpostavimo da oborine povećavaju porni tlak u materijalu. Nadalje, voda je vrlo važan čimbenik erozije u porječju, zbog čega se na terenima s većom količinom oborina može očekivati veća površina jaruga. Kada govorimo o trošenju stijenskih masa, voda je vrlo važan faktor koji doprinosi degradaciji svojstava u inženjerskogeološkom smislu. S aspekta procesa koji se proučavaju, veću površinu sipara treba očekivati na dijelovima terena koje karakterizira veća količina oborine zbog intenzivnijeg djelovanja vode kao agensa spiranja i transporta materijala. Veća količina vode u pukotinama, ujedno znači i veću količinu leda za vrijeme temperatura koje su manje od 0° C tamo gdje je zbog stanja pukotina dreniranje stijenske mase otežano ili onemogućeno.

Ovdje treba napomenuti da govorimo o oborini kao faktoru, a ne inicijatoru (okidač, *engl. trigger*) pomaka mase na padini. Istraživanje mogućih inicijatora pomaka na nekom terenu zahtijeva bitno drugačiji koncept istraživanja. Srednju godišnju količinu oborine kao

faktor klizanja su u svojim zonacijskim istraživanjima koristili, na primjer, Che i dr. (2012), García-Rodríguez i Malpica (2010) te Lee i Pradhan (2006).

Karta udaljenosti od izvora

Karta izvora koji se nalaze u sklopu porječja Dubračine preuzeta je od autora Rubinić i Ožanić (2010) s manjim nadopunama koje se odnose na izvore koji su kartirani na Hrvatskoj osnovnoj karti mjerila 1 : 5 000, a nisu kod spomenutih autora.

Nakon izrade karte, područje istraživanja podijeljeno je u nekoliko klasa s obzirom na udaljenost od izvora u cilju utvrđivanja pojavljuju li se površinski procesi bliže ili dalje od izvora.

Može se pretpostaviti da se većina površine zahvaćena klizanjem i puzanjem nalazi bliže izvoru, a ne dalje, što je povezano s nepovoljnim djelovanjem vode u kontekstu pokreta mase na padini. Naime, pojava izvora sasvim sigurno povećava vlažnost materijala koji je pod utjecajem vode s izvora. Povećanje vlage znači snižavanje parametara čvrstoće tla što ide u prilog nastanku klizišta ili puzišta. Izvor može, ovisno o kapacitetu i hidrogeološkoj građi terena, utjecati na formiranje vodotoka koji onda svojim erozijskim djelovanjem negativno utječe na moguću pojavu pokreta.

Karta indeksa jakosti toka

Karta indeksa jakosti toka (*engl. stream power index, SPI*) se koristi u analizi podložnosti jaružanju (Conforti i dr., 2011; Conoscenti i dr., 2013). Sam indeks predstavlja mjeru erozijskog potencijala vodenog toka pod pretpostavkom da je protok proporcionalan površini porječja (Moore i dr., 1991). Karta je derivirana iz digitalnog modela terena rezolucije 1 m koji je dobiven laserskim skeniranjem iz zraka u ožujku 2012. godine. Predstavlja sekundarni topografski atribut, a kao ulazni primarni atributi se koriste karta nagiba terena (*engl. slope map*) i karta akumulacije toka (*engl. flow accumulation map*). Karta akumulacije toka u GIS okruženju predstavlja raster u kojemu vrijednost ćelije predstavlja zbroj ćelija iz kojih se voda slijeva u predmetnu ćeliju, a njihov položaj u prostoru nije ništa drugo nego priljevno područje te ćelije.

Raster indeksa jakosti toka predstavlja umnožak rastera akumulacije toka i tangensa rastera nagiba padine izraženog u stupnjevima. Visoke vrijednosti indeksa jakosti toka karakteriziraju područja koja imaju veliki erozijski potencijal. Kako se povećava priljevno

područje i nagib, tako se povećavaju količina i brzina vode što utječe na povećanje indeksa jakosti toka i rizika od erozije. U ovom radu indeks jakosti toka izračunat je prema izrazu 5-2 (Moore i dr. 1991):

SPI = ln[(FAM * tan (SM))+0,001] 5-2

gdje su:
FAM – karta akumulacije toka,
SM – karta nagiba terena,

Umnošku rastera akumulacije toka i tangensa nagiba je dodana vrijednost 0,001 s ciljem eliminacije ćelija s vrijednosti 0, a prirodni logaritam je u funkciji dobivanja brojčanih vrijednosti rezultirajućeg rastera s kojima je lakše računati.

Karta zakrivljenosti površine terena

Karta zakrivljenosti terena (*engl. curvature map*) derivirana je iz digitalnog modela terena rezolucije 1 m koji je dobiven laserskim skeniranjem iz zraka u ožujku 2012. godine. Ova karta definira koji su dijelovi terena konkavni, a koji konveksni. S aspekta istraživanja površinskih procesa, može se pretpostaviti kako konkavna područja, izgrađena od slabo propusnih materijala, dulje zadržavaju vodu što povećava vlažnost materijala i snižava parametre čvrstoće pa je logično pretpostaviti kako su takve mikrolokacije podložnije pomacima masa na padini od kokveksnih. Navedeno predstavlja osnovu za korištenje karte zakrivljenosti kao faktorske karte u zonaciji terena, a primjeri se mogu vidjeti u radovima koje su publicirali Komac (2012) te Yesilnacar i Topal (2005).

Karta udaljenosti od granice tlo-stijena

Karta udaljenosti od granice tlo-stijena korištena je u svrhu zonacije podložnosti odronjavanju. Posljedica odronjavanja su sipari koji se nalaze u podnožjima karbonatnih litica koje omeđuju flišnu udolinu prekrivenu tlima. Površina izdanaka stijena u udolini je izrazito mala što znači da se granica tlo-stijena u porječju Dubračine uglavnom pruža duž kontakta litica i tala u podnožju. Zbog toga je logično pretpostaviti da dijelovi terena koji su pomoću "seed cell" površine sipara identificirani kao izvorišta, budu locirani u blizini granice tlo-

stijena što implicira udaljenost od granice kao važan faktor u definiranju aktualnih i budućih zona koje predstavljaju izvorišta materijala čijim transportom i taloženjem nastaju sipari.

Karte udjela granulometrijskih frakcija

Generalno se može reći da stijensku osnovu porječja Dubračine čine vapnenci i fliš. Vapnenci izgrađuju litice koje omeđuju porječje, a fliš se nalazi u središnjem dijelu, u udolini između litica. Navedeno je uvjetovalo da središnji, površinski dio porječja, izgrađuju tla koja su nastala trošenjem vapnenaca i fliša dok je površina izdanaka osnovne stijene vrlo mala.

Kako su tla nastala trošenjem karbonata dominantno krupnozrnata, a tla nastala trošenjem fliša dominantno sitnozrnata, ovo istraživanje je pokušalo dati odgovor u kojoj mjeri granulometrijski sastav pokrivača utječe na prostornu distribuciju površinskih inženjerskogeoloških procesa. U tu svrhu je napravljeno uzorkovanje tla iz pokrivača metodom slučajnog uzorkovanja (*engl. random sampling*) te je određen njihov granulometrijski sastav.

Rezultati su poslužili za izradu karata udjela frakcije gline, praha, pijeska i šljunka u pokrivaču. Te karte su korištene kao faktorske karte pri analizi podložnosti.

Karte su izrađene interpolacijom točkastih podataka gdje su kao ulazne "z" vrijednosti korišteni rezultati 121 granulometrijske analize sa isto toliko lokacija. U svrhu izrade karata koje bi što vjernije prikazivale uvjete na terenu, osim lokacija uzorkovanja, tijekom interpolacije korišteno je i 10 pomoćnih točaka, odnosno lokacija, čiji je granulometrijski sastav pretpostavljen temeljem priručnih terenskih testova i vizualne sličnosti s uzorkom poznatog sastava.

Pomoćna točka P1 nalazi se u sklopu poligona aluvija koji je okružen naslagama deluvija, zbog čega je bilo potrebno da i taj poligon bude prezentiran jednom točkom. Sastav točke pretpostavljen je prema uzorku oznake T34 što je najbliže analizirana točka u istoj litološkoj jedinici, odnosno aluviju.

Točkama P2 i P3 pridružen je prosječni granulometrijski sastav uzoraka T106 i T107. Terenskim radom je utvrđeno kako je riječ o istom materijalu na sve četiri lokacije. Točan granulometrijski sastav točaka P2 i P3 bez analiza nije moguće odrediti, ali se i bez njih pouzdano može definirati kako sve četiri lokacije izgrađuje šljunak. U prilog navedenom idu i fotografije izdanaka prikazane slikom 5-13.

Slika 5-13. Izdanci na lokacijama analiziranih uzoraka oznaka T106 i T107 te pomoćnih uzoraka oznaka P2 i P3. Vidljivo je da sve četiri lokacije izgrađuje šljunak zbog čega je pomoćnim uzorcima pretpostavljen sastav koji odgovara prosječnom sastavu analiziranih uzoraka, a u cilju povećanja broja točaka za izradu faktorskih karata udjela granulometrijskih frakcija (T106 i T107 foto A. Toševski; P2 i P3 foto Google).

Pomoćna točka P4 nalazi se u sklopu površine akumulacijskog jezera Tribalj, između točaka T38 i T43. Točke T38 i T43 nalaze se na nasuprotnim padinama i imaju bitno drugačiji sastav od aluvija u udolini zbog čega bi karta bez točke P4 u tom dijelu značajno odstupala od stvarnog stanja. Pomoćnoj točki P4 dodijeljen je sastav najbliže analiziranog uzorka iz aluvija, a to je uzorak oznake T34.

Pomoćna točka P5, kao i granulometrijski analizirane točke T84 i T86, nalaze se na padini između potoka Slani potok i zaseoka Barci i Kamenjak, s naznakom da se P5 nalazi između T84 i T86. Površina padine izgrađena je od gline, a u podlozi se nalazi fliš. Analizirana točka T85 se također nalazi između T84 i T86, ali ne na padini, već u aluviju Slanog potoka i ima bitno različit sastav od točaka na padini. Da bi se anulirao utjecaj točke T85, bilo je nužno na padini između T84 i T86 locirati jednu pomoćnu točku, pomoću koje je sastav padine realno opisan na razini mjerila 1 : 5 000. Bez nje, dio padine bi bio pod utjecajem granulometrijskog sastava točke T85 iz aluvija što ne bi odgovaralo realnom stanju.

Točki P5 dodijeljen je sastav analiziranog uzorka T86 jer je terenskim radom utvrđeno da se radi o istim materijalima. Fotografija lokacije pomoćne točke P5 se može vidjeti na slici 5-14 dok lokacija uzorka T86 nije fotografirana, ali jest lokacija koja je udaljena oko 30 m od T86 (koordinate: 359012, 5008704) i koja može poslužiti za usporedbu (slika 5-14).

Slika 5-14. Izdanak na lokaciji pomoćnog uzorka P5 i približnoj lokaciji uzorka T86 čiji je granulometrijski sastav, utvrđen analizom, dodijeljen pomoćnom uzorku P5, a u cilju povećanja broja točaka za izradu faktorskih karata udjela granulometrijskih frakcija (foto A. Toševski).

Pomoćna točka P6, kao i granulometrijski analizirane točke T118 i T8, nalaze se na padini južno od potoka Kučina i zaseoka Dolinci, s naznakom da se P6 nalazi između T118 i T8. Terenskim radom i analizama u laboratoriju je utvrđeno da površinu padine izgrađuju gline, a podlogu fliš. Kako bi površina padine bila što realnije definirana uzorcima, točki P6 koja se nalazi između dvije analizirane, dodijeljen je sastav analiziranog uzorka T118 od kojeg je udaljen oko 200 m po pružanju padine. U prilog istovjetnoj građi padine duž čitavog pružanja idu i fotografije lokacija T118 i T8 koje su prikazane slikom 5-15, kao i slika 5-16 na kojoj je fotografija lokacije koja je udaljena oko 50 m od lokacije pomoćnog uzorka P6 (koordinate lokacije prikazane na slici su 359359, 5007482).

Slika 5-15. Izdanci na lokacijama uzoraka T118 i T8 iz kojih je vidljivo da obje lokacije izgrađuje glina što je potvrđeno i laboratorijskim analizama. Kako je riječ o istoj padini, između T118 i T8 je lociran pomoćni uzorak P6 kojem je dodijeljen sastav T118 u cilju povećanja broja točaka za izradu faktorskih karata udjela granulometrijskih frakcija (foto A. Toševski).

Slika 5-16. Površina terena koja je od lokacije pomoćnog uzorka P6 udaljena oko 50 m. Sa slike je vidljivo, kao i u slučajevima prikazanim na slici 5-15, da se na površini nalazi glina (foto A. Toševski).

Pomoćna točka P7 nalazi se izvan područja istraživanja, u zaseoku Kosavin, oko 1 500 m od jugoistočne granice porječja u smjeru jugoistoka. Ovoj točki dodijeljen je granulometrijski sastava najbliže analiziranog uzorka, a to je T101. Pomoćnu točku na ovoj

lokaciji je bilo nužno koristiti u analizi jer bez nje površina u sklopu koje računalni program napravi interpolaciju podataka ne pokriva poligon u sklopu kojeg podaci moraju biti interpolirani, već neki dijelovi ostaju neinterpolirani, iako postoje ulazni podaci. Poligon u sklopu kojeg je nužno da podaci budu interpolirani prikazan je u prilogu 9. Uzrok tomu je što računalni program interpolira podatke u sklopu najmanjeg mogućeg pravokutnika (obuhvat, *engl. extent*) kojeg sam generira na temelju prostorne distribucije ulaznih podataka na način da se sve ulazne točke nalaze unutar takvog pravokutnika, bez obzira da li se unutar njega nalazi poligon kojeg je istraživač definirao za interpolaciju. U takvim slučajevima je potrebna ručna intervecija u cilju dodavanja točaka za interpolaciju dok obuhvat ne bude takav da u cijelosti pokriva poligon u sklopu kojeg istraživač provodi istraživanja, što je u ovom slučaju omogućeno dodavanjem pomoćne točke P7.

Pomoćne točke P8, P9 i P10 nalaze se u kanjonu kroz koji Dubračina prolazi prije ulijevanja u Vinodolski kanal. U kanjonu je granulometrijski analiziran samo jedan uzorak oznake T78, a razlog tomu je što je najveći dio kanjona urbaniziran, zbog čega naslage aluvija nisu dostupne istraživanju. Zbog toga su dodane navedene tri pomoćne točke kojima je dodijeljen granulometrijski sastav točke T78, jer je za potrebe interpolacije bilo nužno cijeli kanjon "pokriti" podacima, a ne samo jedan mali dio.

Kako je područje istraživanja cijelo porječje Dubračine, granulometrijski sastav sipara koji se nalaze na vrlo nepristupačnim dijelovima terena je pretpostavljen na način da je udio gline procijenjen na 3 %, praha 7 %, pijeska 10 % i šljunka 80 %. Površine koje su prema litološkoj karti prikazanoj u prilogu 8 izgrađene od vapnenaca, breča i izmjene vapnenaca i lapora su u ovom istraživanju tretirane kao površine bez pokrivača gdje su vrijednosti udjela svih granulometrijskih frakcija 0 %. Sukladno navedenom, površina u sklopu koje je rađena interpolacija točkastih podataka je površina koju prekrivaju litološke jedinice 4, 5, 6, 8, 9, 10 i 11 (vidi tablicu 3-1), a to su fliš, pliocenske gline, deluvijalno-proluvijalni materijali, deluvijalni i aluvijalni materijali (prilog 9).

Nakon što je interpolacijom dobiven udio frakcije gline u pokrivaču, taj raster je spojen s površinom sipara u kojem je udio gline pretpostavljen na 3 % te površinom vapnenaca, breča i izmjene vapnenaca i breča gdje je udio svih granulometrijskih frakcija 0 %. Na taj način je dobivena karta udjela frakcije gline u pokrivaču za cijelo porječje Dubračine u rasterskom obliku. Na isti način su dobivene karte udjela frakcije praha, pijeska i šljunka.

Za interpolaciju podataka korištena je IDW (*engl. inverse distance weighting*) metoda (Philip i Watson, 1982; Watson i Philip, 1985), odnosno metoda inverzne udaljenosti.

Izabrana je zbog svojih značajki koje omogućavaju jednostavnu kontrolu interpolacijskog postupka. Zadatak svake interpolacije je da se na temelju određenog matematičkog izraza, točkama u prostoru koje nemaju izmjerenu "z" vrijednost pridruži određena procijenjena vrijednost, a na temelju susjednih točaka koje imaju poznatu "z" vrijednost.

Matematički izraz koji koristi IDW metoda je sljedeći (izraz 5-3):

$$z_{pr} = \frac{\frac{z_1}{d_1^p} + \frac{z_2}{d_2^p} + \ldots + \frac{z_n}{d_n^p}}{\frac{1}{d_1^p} + \frac{1}{d_2^p} + \ldots + \frac{1}{d_n^p}} \qquad 5\text{-}3$$

gdje su:

"z_{pr}" – procijenjena vrijednost koju interpolacijom tražimo,

z_1 do z_n – poznate "z" vrijednosti,

d_1 do d_n – udaljenosti od točke za koju računamo procjenu do točke gdje nam je z vrijednost poznata,

"p" – eksponent udaljenosti.

Glavne značajke IDW metode interpolacije su sljedeće:

1) Utjecaj točke s poznatom "z" vrijednosti, na točku u prostoru za koju se "z" vrijednost procjenjuje, obrnuto je proporcionalan udaljenosti između točaka.

2) Metoda omogućava definiranje veličine poligona oko točke u prostoru za koju se procjenjuje "z" vrijednost, u sklopu kojeg se nalaze točke s poznatom "z" vrijednosti.

3) Metoda omogućava definiranje broja točaka s poznatom "z" vrijednosti u sklopu poligona koje će biti korištene tijekom interpolacije.

4) Maksimalna "z" vrijednost dobivena interpolacijom ne može biti veća od maksimalne "z" vrijednosti ulaznih točaka.

5) Minimalna "z" vrijednost dobivena interpolacijom ne može biti manja od minimalne "z" vrijednosti ulaznih točaka.

6) Rezultati metode ovise o vrijednosti eksponenta udaljenosti za koji se ne preporučuje korištenje vrijednosti veće od 30. Što je eksponent veći, to se veći utjecaj daje točkama s poznatom "z" vrijednosti koje su u blizini točke za koju se "z" vrijednost

procijenjuje. Što je eksponent manji, to se veći utjecaj daje točkama s poznatom "z" vrijednosti koje su udaljenije od točke za koju se "z" vrijednost procijenjuje.

7) Ako su razlike između poznatih "z" vrijednosti u prostoru jako velike, preporučuje se koristiti mali radijus i mali broj ulaznih točaka oko točke za koju se "z" vrijednost procjenjuje.

Kvaliteta tako dobivenog modela provjerena je na način da je u interpolaciji korišteno 80 % ulaznih točaka odabranih "random" metodom, a preostalih 20 % je iskorišteno za provjeru generiranog modela, odnosno karte. Ovdje treba napomenuti kako odabir točaka za provjeru modela nije u cijelosti plod slučaja, već su pri tom korištena znanja o građi terena koja proizlaze iz terenskog rada i postojeće geološke karte porječja koju je izradio Hrvatski geološki institut. Osim toga, za potrebe zonacije terene sve faktorske karte moraju biti podijeljene na određene klase što je također korišteno kao uvjet o kojem ovisi odabir točaka za izradu karte. Na primjer, ako se udio frakcije gline u pokrivaču u porječju Dubračine kreće u rasponu od 0 % do 48 % i ako taj raspon želimo podijeliti na četiri jednake klase (0-12, 12-24, 24-36 i 36-48), tada je logično da dvije susjedne točke između kojih je temeljem udjela gline razvidno da granica klasa mora postojati, budu odabrane za potrebe izrade karte, a ne provjeru dobivene karte.

5.3.4. Izrada "seed cell" inventara

U sklopu izrade karte podložnosti, izrada inventara je najvažniji korak. Kartiranje površinskog procesa koji se proučava jedini je način da se definiraju uvjeti (nagib, litologija, itd.) u kojima se određeni inženjerskogeološki fenomeni, na primjer klizišta, pojavljuju na nekom području. Varnes (1984) je ukazao na danas opće prihvaćenu činjenicu da se klizišta pojavljuju gdje su se pojavljivala u prošlosti i gdje će se vrlo vjerojatno pojavljivati i u budućnosti. Mnogi autori u analizu podložnosti ulaze s poligonima koji predstavljaju granice klizišta smatrajući da je površina klizišta reprezentativna za definiranje uvjeta u kojima se u budućnosti mogu očekivati nova klizanja terena. Međutim, Süzen i Doyuran (2004) uvode "seed cell" koncept koji polazi od toga da površina klizišta nije reprezentativna za definiranje uvjeta u kojima se na nekom području pojavljuju klizišta, već je to zona oko krune i bočnih dijelova kliznog tijela koja predstavlja neporemećene geomorfološke uvjete u blizini kartiranog klizišta. Vrijednosti koje ćelije rastera utjecajnih faktora imaju unutar kliznog tijela, spomenuti autori nisu koristili u svojim analizama, nego ćelije zone oko krune i bokova klizišta. Autori dalje navode da iz zone treba isključiti ćelije koje moguće prelaze preko

razvodnice i ulaze u novo mikroporječje. Che i dr. (2012) su navedeni koncept modificirali na način da su u svojim istraživanjima koristili zonu širine 25 m oko cijelog poligona klizišta, ne samo krune i bočnih dijelova. Budući su površine klizišta navedene u radu slične površinama u porječju Dubračine, zona iste širine korištena je za izradu "seed cell" inventara klizišta i puzišta dok je za jaruge korištena zona širine 10 m. Sukladno toj logici, nakon izrade zone, osim ćelija koje prelaze razvodnicu, u ovom istraživanju isključene su i ćelije koje se nalaze na nasuprotnoj padini, odnosno koje prelaze drenažni kanal u nožici, kada se govori o klizištima i puzištima. "Seed cell" koncept je primijenjen i za sipare, ali na način da je korištena zona iznad krune i bokova sipara širine 25 m koja predstavlja izvorište materijala. Na taj način će se definirati karakteristični uvjeti koji vladaju na izvorištu siparnog materijala, odnosno litici. Nagibi na kojima se siparišni materijal danas nalazi predstavljaju kut odlaganja materijala nakon transporta i nisu reprezentativni za mjesto s kojeg se nanos producira.

"Seed cell" koncept za ogoline nije primijenjen već su za definiranje rastera podložnosti korišteni poligoni kartiranih ogolina, a ne zona oko njih iz razloga koji je naveden u poglavlju 6.5.

S obzirom na kontekst, sintagma "seed cell" se u hrvatskom jeziku može prevesti kao "intaktni vijenac" što je termin koji se predlaže za buduća slična inženjerskogeološka istraživanja u Hrvatskoj.

5.3.5. Primjena Hi-kvadrat (χ^2) testa u odabiru statistički značajnih utjecajnih faktora

U poglavlju 5.3.3. su navedeni utjecajni faktori koji su korišteni u ovom radu za potrebe zonacije podložnosti terena određenom površinskom procesu te je ukratko opisana inženjerska logika primjene za svaki faktor. Međutim, prije upotrebe, potrebno je i statistički dokazati da faktor utječe na prostornu distribuciju određenog procesa. U tu svrhu je u ovom istraživanju korišten Hi-kvadrat test, a primjer primjene se može vidjeti u radu kojeg je publicirao Komac (2012).

Za potrebe testa su poligoni koji predstavljaju granice određenog površinskog procesa pretvoreni u reprezentativnu točku koja predstavlja geometrijsko središte poligona. Tako dobivene točke su preklopljene sa svakom faktorskom kartom. To je omogućilo određivanje broja poligona određenog procesa u sklopu svake klase pojedinog faktora (opažena frekvencija) kao i određivanje očekivanog broja poligona (očekivana frekvencija) u sklopu svake klase faktora. To su ulazni podaci za provedbu testa koji polazi od pretpostavke (hipoteze) da faktor ne utječe na pojavu procesa. Dobivena vrijednost Hi-kvadrat statistike je

uspoređena s graničnom vrijednošću koja se očitava iz tablice. Granična (kritična) vrijednost ovisi o broju stupnjeva slobode (df) i zadanoj razini značajnosti (p). Razina značajnosti predstavlja vjerojatnost odbacivanja hipoteze kada je istinita, odnosno prihvatljivu vjerojatnost pogreške, što bi značilo da je utvrđen utjecaj faktora na proces kojeg u stvari nema. U ovom radu je za prihvatljivu vjerojatnost pogreške uzeta vrijednost 5 %, odnosno 0,05. Broj stupnjeva slobode (df) se računa prema sljedećem izrazu (izraz 5-4):

$$df = (m-1) * (n-1) \qquad 5\text{-}4$$

gdje su:
m – broj faktorskih klasa (broj redaka),
n – broj stupaca s frekvencijama.

Kako je u ovom istraživanju broj stupaca s frekvencijama uvijek 2 (stupac s opaženim i stupac s očekivanim frekvencijama), broj stupnjeva slobode je za jedan manji od broja faktorskih klasa.

Ako je dobivena vrijednost Hi-kvadrat testa veća od granične, hipoteza se odbacuje, što znači da faktor utječe na pojavu procesa, a ako je vrijednost manja od granične, hipoteza se prihvaća, što znači da faktor ne utječe na pojavu procesa.

Usporedbom opaženih i očekivanih frekvencija može se vidjeti koja klasa faktora utječe pozitivno, a koja negativno na pojavu procesa.

U tablici 5-3 je izračunata vrijednost Hi-kvadrat testa na primjeru procesa klizanja i faktora udaljenosti od vodotoka što je obrazac za sve ostale procese i utjecajne faktore, a u tablici 5-4 su navedene granične vrijednosti Hi-kvadrat testa za 15 stupnjeva slobode i razine značajnosti 0,1; 0,05; 0,02 i 0,01.

Tablica 5-3. Izračun Hi-kvadrat testa na primjeru procesa klizanja i faktora udaljenosti od vodotoka.

Nulta hipoteza (H_0) = udaljenost od vodotoka nema utjecaj na pojavu klizišta

klasa udaljenosti (m)	površina klase udaljenosti (m^2)	A (udio površine klase udaljenosti u ukupnoj površini)	broj klizišta (opažena frekvencija) (f_{op})	očekivani broj klizišta (očekivana frekvencija) (A * ukupni broj klizišta) ($f_{oč}$)	$f_{op} - f_{oč}$	$(f_{op} - f_{oč})^2$	χ^2 $(f_{op} - f_{oč})^2 / f_{oč}$	utjecaj klase udaljenosti od vodotoka na pojavu procesa klizanja
0-50	4053550	0,0930	35	8,19	26,81	718,96	87,82	+
50-100	3466844	0,0796	28	7,00	21,00	440,93	62,98	+
100-150	3063238	0,0703	11	6,19	4,81	23,17	3,75	+
više od 150	32989402	0,7571	14	66,63	-52,63	2769,42	41,57	-
						$\Sigma = \chi^2$	**196,11**	

Broj stupnjeva slobode u ovom slučaju je 3, granična vrijednost χ^2 za 5 % vjerojatnosti odbacivanja hipoteze kada je istinita je 7,815. Dobiveni χ^2 je veći od graničnog pa hipotezu odbacujemo, što znači da udaljenost od vodotoka ima utjecaj na pojavu klizišta.

Tablica 5-4. Granične vrijednosti Hi-kvadrata za 15 stupnjeva slobode (df) i razine značajnosti (p) 0,1; 0,05; 0,02 i 0,01. Žutom bojom je označen stupac korišten u ovom radu.

df	p = 0,1	p = 0,05	p = 0,02	p = 0,01
1	2,706	3,841	5,412	6,635
2	4,605	5,991	7,824	9,210
3	6,251	7,815	9,837	11,345
4	7,779	9,488	11,668	13,277
5	9,236	11,070	13,388	15,086
6	10,645	12,592	15,033	16,812
7	12,017	14,067	16,622	18,475
8	13,362	15,507	18,168	20,090
9	14,684	16,919	19,679	21,666
10	15,987	18,307	21,161	23,209
11	17,275	19,675	22,618	24,725
12	18,549	21,026	24,054	26,217
13	19,812	22,362	25,472	27,688
14	21,064	23,685	26,873	29,141
15	22,307	24,996	28,259	30,578

5.3.6. Izračun težinskih faktora klasa i izrada modela podložnosti

Da bi se mogle izraditi statističke karte podložnosti, potrebno je odrediti utjecaj svake faktorske klase na nastanak površinskog procesa koji se istražuje. Zbog toga je bilo potrebno uvesti težinski faktor kao brojčani pokazatelj relativnog utjecaja određene faktorske klase na nastanak procesa. Što je težinski faktor veći, to je utjecaj klase na nastanak procesa veći i obrnuto. Izraz prema kojemu se računa težinski faktor ovisi o primjenjenoj bivarijatnoj metodi koja podrazumijeva da su faktorske karte, u odnosu na pokret mase na padini koji je kartiran, međusobno neovisne.

"Information value method"

"Information value method" ("landslide index method") je metoda originalno predložena od autora Yin i Yan (1988). Prema spomenutoj metodi, težinski faktor svake klase (W_i) se određuje prema izrazu 5-5:

$$W_i = \log \frac{A/B}{C/D} \qquad 5\text{-}5$$

gdje su:
A – površina klizanja u sklopu klase faktora,
B – ukupna površina klase u sklopu područja istraživanja,
C – ukupna površina klizanja,
D – ukupna površina svih klasa (površina istraživanja).

Iz algoritma za izračun težinskog faktora je vidljivo da će klase u kojima nije registriran površinski proces uvjetovati nemogućnost izračuna jer logaritam od 0 u matematici nije definiran. Zbog toga je svakoj klasi u kojoj proces nije registriran, parametru A iz izraza 5-5, dodijeljena vrijednost 0,00001 u skladu s preporukom iz rada kojeg je publicirao van Westen (1997).

Nakon izračuna, težinski faktori su normalizirani prema izrazu 5-6 koji je preuzet iz Komac (2012):

$$W_{in} = [W_i - W_{imin}] / [W_{imax} - W_{imin}] \qquad 5\text{-}6$$

gdje su:

W_{in} – nova normalizirana vrijednost težinskog faktora,

W_i – vrijednost težinskog faktora prije normalizacije dobivena primjenom izraza 5-5,

W_{imin} – minimalni težinski faktor dobiven primjenom izraza 5-5,

W_{imax} – maksimalni težinski faktor dobiven primjenom izraza 5-5.

Na ovaj način normalizirane vrijednosti su u rasponu od 0 do 1, a normalizaciju je potrebno napraviti za svaki faktor zasebno.

Nakon što je za svaku klasu izračunat normalizirani težinski faktor, potrebno je izračunati stupanj podložnosti, na primjer klizanju, za svaku ćeliju (LSI, "landslide susceptibility index") u sklopu područja istraživanja prema izrazu 5-6 (Voogd, 1982):

$$LSI = \sum_1^m WiX \qquad 5\text{-}6$$

gdje su:

m – broj faktora,

W_i – težinski faktor,

X – koeficijent ima vrijednost 0 ako faktor nije prisutan u ćeliji, odnosno 1 ako je prisutan.

Drugim riječima, potrebno je zbrojiti rastere svih faktorskih karata koji su prethodno pomnoženi s pripadajućom težinom faktorske karte (vidi daljnji tekst u ovom poglavlju). Na taj način će se dobiti jedan jedinstveni raster čija vrijednost ćelije predstavlja podložnost (LSI), na primjer klizanju. Dobiveni raster je reklasificiran u pet klasa (zona) koje se razlikuju po podložnosti terena formiranju procesa koji je analiziran: klasa vrlo male, male, umjerene, velike i vrlo velike podložnosti. Reklasifikacija je učinjena automatski u GIS programu odabirom metodologije podjele skupa podataka u klase koju je definirao Jenks (1967, *engl. Jenks optimization method, Jenks, natural breaks optimization*), a istu je koristio i Komac (2012) u svojim istraživanjima.

"Frequency ratio method"

"Frequency ratio method" je metoda izrade karte podložnosti klizanju koju su predložili Lee i Talib (2005). Prema spomenutim autorima, težinski faktor svake faktorske klase (W_i) kojim ona doprinosi nastanku klizišta računa se prema izrazu 5-7:

$$FR = [A/B] / [C/D] \quad 5\text{-}7$$

gdje su:
A – površina klizanja u sklopu klase faktora,
B – ukupna površina klizanja,
C – ukupna površina klase,
D – ukupna površina svih klasa (površina istraživanja), uz napomenu da količnik koji je rezultat dijeljenja [A/B] i količnik koji je rezultat dijeljenja [C/D] mora biti izražen u postotku.

Ovako dobiveni težinski faktori su normalizirani na isti način kao i u prethodno opisanoj metodi, odnosno prema Komac (2012). Raster podložnosti dobiven je na isti način kao i kod "Information value method", odnosno zbrajanjem svih faktorskih karata gdje svaka klasa u prostoru ima svoju normaliziranu težinu, a koje su prethodno pomnožene s pripadajućom težinom faktorske karte (vidi daljnji tekst).

U sklopu istraživanja su napravljene karte podložnosti koristeći obje metode za svih pet površinskih procesa koji su u sklopu porječja Dubračine kartirani.

Izračun težina faktorskih karata

Za potrebe izrade karte podložnosti, osim težinskih faktora klasa, potrebno je izračunati i težinu svake faktorske karte kojom ona u cijelosti kao takva doprinosi nastanku procesa, a koje za svoja područje istraživanja navodi i koristi u analizama Komac (2006) te Komac (2012). Te faktore ne treba miješati s težinskim faktorima klasa unutar svake pojedine faktorske karte.

Prvi korak je izračun težine faktorske karte (PR, *engl. predictor rating*) koja se temelji na izračunatim težinskim faktorima klasa i to na njihovim vrijednostima prije normalizacije, a izračun PR-a se provodi prema izrazu 5-8 (Ghosh i dr., 2011):

$$PR = (Wi_{max} - Wi_{min}) / (Wi_{max} - Wi_{min})_{min} \quad 5\text{-}8$$

gdje su:
PR – težina faktorske karte (litologije, pokrova zemljišta...),
Wi_{max} – maksimalni težinski faktor prije normalizacije unutar svake pojedine faktorske karte,

Wi_{min} – minimalni težinski faktor prije normalizacije unutar svake pojedine faktorske karte, $(Wi_{max} - Wi_{min})_{min}$ – minimalna razlika maksimalnog i minimalnog težinskog faktora prije normalizacije određena među svim razlikama odabranih utjecajnih faktora.

Sljedeći korak je formiranje kvadratne matrice za provedbu uspoređivanja po parovima (*engl. pairwise comparison*). Ulazni podaci koji se uspoređuju su težine faktorskih karata (PR) i to na način kako je za primjer prikazano tablicom 5-5 u kojoj su tri utjecajna faktora s pripadajućim PR vrijednostima (Althuwaynee i dr., 2014, usmeno priopćenje Althuwaynee, 2018).

Tablica 5-5. Kvadratna matrica uspoređivanja po parovima temeljem izračunatih PR vrijednosti za svaki utjecajni faktor.

	PR	12,04	17,06	1,77
PR	**utjecajni faktor**	**pokrov zemljišta**	**litologija**	**nagib terena**
12,04	**pokrov zemljišta**	1,00	0,71	6,80
17,06	**litologija**	1,42	1,00	9,64
1,77	**nagib terena**	0,15	0,10	1,00
	Σ	2,56	1,81	17,45

Nakon rješavanja matrice, potrebno je izvršiti normalizaciju vrijednosti u svakom stupcu na način da se svaka vrijednost u ćeliji matrice podijeli sa sumom stupca kako je prikazano u tablici 5-6. Suma svakog retka iz matrice predstavlja novu, modificiranu PR vrijednost utjecajnog faktora. Na kraju su te vrijednosti pomnožene s 10 radi jasnije usporedbe s ulaznim PR vrijednostima.

Na ovaj način su definirane težine utjecajnih faktorskih karata (PR). Svaku faktorsku kartu potrebno je pomnožiti s pripadajućim PR-om i onda ih sumirati u svrhu dobivanja rastera podložnosti. Normalizacijom vrijednosti iz tablice 5-6 koje su označene zelenom bojom, moguće je dobiti postotke koji predstavljaju udjele s kojima svaka pojedina faktorska karta utječe na konačnu kartu podložnosti.

Tablica 5-6. Rezultirajuće težine svake pojedine faktorske karte (PR).

	PR	12,04	17,06	1,77			
PR	**utjecajni faktor**	**pokrov zemljišta**	**litologija**	**nagib terena**	**Σ**	**Σ*10**	**%**
12,04	**pokrov zemljišta**	0,39	0,39	0,39	1,17	**11,70**	39,00
17,06	**litologija**	0,55	0,55	0,55	1,66	**16,58**	55,25
1,77	**nagib terena**	0,06	0,06	0,06	0,17	**1,72**	5,74
	Σ	1,00	1,00	1,00			

PR koeficijenti mogu se odrediti i isključivo na temelju iskustva, međutim, opisana shema je objektivnija, a temelji se na AHP-u (Saaty, 1977).

Validacija modela podložnosti

Svaki model podložnosti potrebno je validirati pomoću dijela inventara procesa kojeg istražujemo, a kojeg nismo koristili u izradi modela, o čemu su pisali Chung i Fabbri (2003). Inventar se na set podataka za izradu modela (*engl. training set*) i set podataka za provjeru modela (*engl. validation set*), prema istim autorima, može podijeliti na tri načina, a u ovom radu je korištena metoda slučajne podjele inventara (*engl. random partition*). Slučajnim odabirom, vodeći računa o generalno ravnomjernoj prostornoj distribuciji, odabran je set podataka za izradu modela koji čini od 60 % do 80 % ukupne površine zahvaćene određenim procesom, dok je ostatak površine korišten za validaciju modela.

U ovom radu validacija modela podložnosti u svrhu izračuna preciznosti predviđanja za sve procese provedena je prema izrazu 5-9, kojeg su za slučaj procesa klizanja publicirali Jade i Sarkar (1993):

$$PP = KV/VA\ [1 - (KA - KV)/(A - VA)]\ \hat{}\ 1/3 \qquad 5\text{-}9$$

gdje su:

PP – preciznost predviđanja,

KV – površina seta podataka za provjeru modela u sklopu kritične površine (KA),

VA – površina seta podataka za provjeru modela,

KA – kritična površina s obzirom na podložnost terena površinskom procesu. U ovom radu je površina velike i vrlo velike podložnosti određena kao kritična,

A – površina istraživanja.

Autori Jade i Sarkar (1993) su u svom radu područje istraživanja podijelili na četiri klase podložnosti (vrlo mala, mala, umjerena i velika). Veličinu A, koju su u svom radu označili oznakom N, definirali su kao ukupni broj elemenata. Elementi u njihovom slučaju predstavljaju poligone na koje su podijelili područje istraživanja za potrebe zonacije. U ovom istraživanju teren za potrebe zonacije je podijeljen na ćelije rastera površine 1 m^2 što znači da je ukupni broj elemenata zapravo površina istraživanja.

Veličinu VA, koju su u svom radu autori označili oznakom S, definirali su kao broj elemenata u kojima je registriran proces klizanja. Kako je element u ovom radu ćelija površine 1 m^2, znači da je riječ o površini zahvaćnoj površinskim procesom, a budući se radi validaciji, govorimo o površini podataka za provjeru modela.

Veličinu KA, koju su autori u svom radu označili oznakom K, definirali su kao broj elemenata u sklopu umjerene i velike podložnosti, koje u njihovom slučaju predstavljaju dvije najpodložnije klase površinskom procesu. Kako je element u ovom radu ćelija površine 1 m^2, riječ je o površini koja se može smatrati kritičnom s aspekta aktualnih i budućih pomaka masa na padini. S obzirom da je u ovom radu model podložnosti podijeljen na pet klasa, kritičnom površinom za potrebe validacije se smatrala površina velike i vrlo velike podložnosti.

Veličinu KV, koju su autori u svom radu označili oznakom KS, definirali su kao broj elemenata u sklopu velike i umjerene podložnosti u kojima je registriran proces klizanja. Odnosno, navedeno predstavlja površinu zahvaćenu površinskim procesom, a koja se nalazi u sklopu kritične površine koja je u ovom radu definirana velikom i vrlo velikom podložnošću. Kako je riječ o validaciji, površina zahvaćena procesom je ona površina u setu podataka za validaciju, a ne izradu modela.

Vrijednosti preciznosti predviđanja PP-a se kreću u rasponu od 0 do 1, a u ovom radu su izražene postotkom koji je dobiven množenjem PP-a sa 100. Osim postotka, svakoj karti podložnosti je dodijeljena i opisna ocjena prema klasifikaciji iz tablice 5-7.

Tablica 5-7. Opisne ocjene karte (modela) podložnosti površinskom procesu na temelju postignute preciznosti predviđanja.

Preciznost predviđanja (%)	Opisna ocjena karte podložnosti
0 do ≤ 25	vrlo loša
> 25 do ≤ 50	loša
> 50 do ≤ 75	povoljna
> 75 do ≤ 90	dobra
> 90	vrlo dobra

Karta višestruke podložnosti

Karta višestruke podložnosti (*engl. multihazard map*) je raster koji u ovom istraživanju predstavlja zbroj rastera podložnosti klizanju, puzanju, prekomjernoj eroziji, jaružanju i odronjavanju. Za izradu višestruke podložnosti je u sklopu svakog procesa odabrana karta podložnosti koja je temeljem validacije i inženjerske logike definirana kao najbolja, bez obzira kojom metodom je izrađena. Rezultirajući raster je reklasificiran na istovjetan način kao i karte podložnosti površinskim procesima, a zone tako izdvojene predstavljaju područja koja su više ili manje podložna skupnom djelovanju površinskih inženjerskogeoloških procesa, a ne samo jednom.

6. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

U ovom poglavlju prezentirani su rezultati provedenih istraživanja podijeljeni u tri tematske cjelina koje se odnose na sljedeće:

1) kartiranje klizišta, puzišta, ogolina, jaruga i sipara,
2) laboratorijska istraživanja,
3) izrada karata podložnosti.

6.1. Inventari kartiranih površinskih procesa

Daljinskim i terenskim metodama kartiranja u porječju Dubračine, izrađeni su inventari istraživanih površinskih geodinamičkih (inženjerskogeoloških) procesa. Inventar klizišta čini 88 klizišta ukupne površine 195 309 m^2 što je 0,45 % površine porječja. Inventar puzišta čini 13 puzišta ukupne površine 143 597 m^2 što predstavlja 0,33 % površine porječja. Kartiranje ogolina rezultiralo je s 21 poligonom čija ukupna površina iznosi 174 482 m^2 što predstavlja 0,44 % od ukupne površine porječja. Inventar jaruga čini 347 poligona ukupne površine 591 079 m^2 što je 1,36 % površine porječja. Kartiranjem sipara detektirana su 94 poligona čija ukupna površina iznosi 1 425 143 m^2 što predstavlja 3,27 % površine porječja Dubračine. Zbrajanjem površina dolazi se do brojke od 2 529 610 m^2, odnosno 5,81 % površine porječja Dubračine koja je zahvaćena nekim od istraživanih površinskih procesa.

6.1.1. Inventar klizišta

Tijekom istraživanja su u svrhu kartiranja klizišta bile dostupne dvije generacije stereoparova porječja Dubračine. Jedna, mjerila 1 : 20 000 snimljena u svibnju 2006. godine i druga mjerila 1 : 32 000 snimljena 1975. godine (mjesec nepoznat). Njihovom analizom nije utvrđeno postojanje klizišta u sklopu porječja Dubračine.

Za razliku od stereoparova, analiza digitalnog modela terena rezolucije 1 m je pokazala veliku učinkovitost u kartiranju klizišta na istraživanom području. Kombinacijom terenskog rada i analize DTM-a izrađena je karta klizišta u porječju Dubračine. Osim granica klizišta, za svako klizište su dani i neki popratni atributi o samom pokretu mase na padini koji zajedno s kartom čine inventar. Prema klasifikaciji inventara (vidi poglavlje 2.5.1), isti spada u povijesne inventare koji prikazuju pokrete inicirane tijekom prošlosti, bez obzira na

inicijatore i uvjete koji su uzrokovali pojavu i bez obzira jesu li nastali prije deset, sto ili više godina. Inventar klizišta i pripadajućih "seed cell" poligona u porječju Dubračine prikazan je u prilogu 12, a koordinate geometrijskih središta svih klizišta u tablici 6-1.

Tablica 6-1. Koordinate geometrijskih središta klizišta.

ID broj klizišta	Koordinata "E" (geodetski Y) (m)	Koordinata "N" (geodetski X) (m)	ID broj klizišta	Koordinata "E" (geodetski Y) (m)	Koordinata "N" (geodetski X) (m)
1	352432	5014645	**45**	359568	5008511
2	354925	5012200	**46**	359640	5008538
3	358096	5011608	**47**	359661	5008568
4	356417	5010148	**48**	359727	5008586
5	356637	5009991	**49**	359238	5008734
6	356616	5009987	**50**	359264	5008679
7	356542	5009958	**51**	359183	5008650
8	358489	5010378	**52**	358948	5008751
9	358425	5010297	**53**	358910	5008740
10	358292	5010244	**54**	359032	5008729
11	358347	5009205	**55**	359007	5008713
12	358368	5009200	**56**	358980	5008699
13	358324	5009171	**57**	358731	5008741
14	357852	5008372	**58**	358770	5008687
15	359520	5009272	**59**	358736	5008676
16	359603	5009240	**60**	358698	5008650
17	359520	5009132	**61**	358639	5008633
18	359589	5009012	**62**	358615	5008628
19	359524	5008982	**63**	358644	5008589
20	359594	5008939	**64**	358629	5008517
21	359503	5008934	**65**	358902	5008563
22	359482	5008949	**66**	358962	5008543
23	359459	5008940	**67**	358738	5008474
24	359415	5008982	**68**	358723	5008434
25	359372	5008961	**69**	358764	5008425
26	359336	5008928	**70**	358729	5008385
27	359305	5008896	**71**	358687	5008361
28	359553	5008875	**72**	358687	5008330
29	359521	5008841	**73**	358738	5008312
30	359648	5008837	**74**	358698	5008284
31	359652	5008807	**75**	359002	5008014
32	359646	5008789	**76**	359052	5008023
33	359622	5008766	**77**	359825	5007623
34	359557	5008730	**78**	359748	5007618
35	359593	5008702	**79**	359688	5007569
36	359653	5008700	**80**	359565	5007546
37	359595	5008670	**81**	359385	5007474
38	359516	5008617	**82**	359351	5007496
39	359577	5008600	**83**	359326	5007490
40	359500	5008529	**84**	359318	5007473
41	359483	5008498	**85**	359256	5007475
42	359437	5008499	**86**	359184	5007469
43	359454	5008395	**87**	360902	5005768
44	359560	5008454	**88**	360912	5005749

Tijekom istraživanja ukupno je kartirano 88 klizišta, od kojih su 52 (59 %) detektirana vizualnom analizom visokorezolucijskog modela terena, a 36 (41 %) terenskim radom. Od 52 klizišta koja su detektirana daljinski, za njih 40 (77 %) je provedena terenska verifikacija događaja na padini, a za preostalih 12 (23 %) to nije učinjeno zbog nepristupačnosti terena. Ovdje treba naglasiti da su terenska istraživanja počela prije daljinskih istraživanja, zbog čega su mnoga "terenska" klizišta već bila locirana i zbog čega nije bilo moguće objektivno procijeniti mogućnost njihove daljinske detekcije. Granice klizišta su kartirane pomoću DTM-a.

Za četiri lokacije (prilog 11) je nakon terenske verifikacije utvrđeno da se ne radi o klizištima i one nisu dio prezentiranog inventara od 88 klizišta. U tablici 6-2 su dane koordinate geometrijskih središta za četiri poligona koji su daljinski nacrtani kao granice kliznih tijela za koje je naknadno utvrđeno da to nisu.

Tablica 6-2. Koordinate geometrijskih središta poligona za koje se na temelju vizualne analize visokorezolucijskog modela terena smatralo da se radi o klizištima što je opovrgnuto terenskom verifikacijom.

ID lokacije	Koordinata "E" (geodetski Y) (m)	Koordinata "N" (geodetski X) (m)
1	357957	5011540
2	358861	5008814
3	359144	5007466
4	359060	5007383

Lokacija 1 nalazi se podno litice i vrha Kozak, oko 1 400 m istočno od hidroelektrane Vinodol i oko 1 500 metara sjeverozapadno od sela Antovo. Prospekcijom je utvrđeno da je određeni broj velikih blokova otkinutih s čela navlake, stablima kao fizičkom barijerom, zaustavljen na svom putu na niže nadmorske visine. Kako su se stabla, koja su spriječila daljnji transport, našla na jednom pravcu, to je dalo privid čeone pukotine na DTM – u jer je stvorilo dojam skoka kakav se inače nalazi u čeonoj pukotini. Osim navedenog, veliki blokovi su, stršeći iz padine, dali privid denivelacija kakve se gotovo redovito nalaze u tijelu klizišta.

Lokacija 2 nalazi se u zaseoku Baštićevo. Prospekcijom su u sklopu čeonog dijela poligona utvrđeni neporušeni i porušeni suhozidi koji su na DTM-u stvorili privid skoka, koji je karakterističan za čeonu pukotinu. Primijećeni su i neki tragovi erozije koja je rezultirala određenim denivelacijama u terenu što je išlo u prilog da se daljinskom detekcijom posumnja

na klizište. Treba spomenuti i to kako su na konkretnoj lokaciji primijećene određene deformacije u terenu koje se očituju "pijanim" stablima, ali one nisu bile dovoljne da bi se moglo govoriti o klizištu ili puzištu.

Lokacija 3 nalazi se na trasi 110 kV dalekovoda, udaljena je oko 350 m istočno od mosta preko potoka Malenica (naziv prema TK25) koji se nalazi u blizini pržionice kave Milman. Svojim djelomičnim morfološkim karakteristikama (skok u predjelu moguće čeone pukotine) lokacija je donekle upućivala na tragove klizanja u prilog čemu je išla i činjenica da je na istoj padini kartirano 10 klizišta od kojih je najbliže udaljeno 15-20 metara od poligona za koje se pretpostavljalo da se radi o klizištu. Međutim, terenskom prospekcijom tragovi klizanja nisu nađeni. Ono zbog čega je lokacija najviše upućivala na klizište je prirodna morfološka stepenica u terenu koja je registrirana na lokaciji i koja je stvorila privid o skoku u čeonoj pukotini klizišta.

Lokacija 4 nalazi se oko 120 metara jugozapadno od lokacije 3. Vizualna analiza DTM-a je upućivala na postojanje klizišta na toj lokaciji zbog izražene čeone puotine na vrhu padine u nožici koje se nalazi potok Malenica. Bočne konture su također bile jasno izražene. Prospekcija je pokazala da su čeona pukotina i bočne granice klizišta zapravo suhozidi visine 1 do 2 m koji omeđuju česticu zemljišta (slika 6-1).

Slika 6-1. Lokacija 4 iz tablice 6-2 koja je na visokorezolucijskom modelu terena upućivala na moguću čeonu pukotinu klizišta. Prospekcijom je utvrđeno da se radi o suhozidu visine 1 do 2 m koji omeđuje česticu zemljišta.

Daljinski kartiranih klizišta, za koje bi terenska verifikacija utvrdila da se ne radi o klizištima, bi u ovom istraživanju bilo mnogo više da se analizi DTM-a pristupilo bez prethodnog terenskog rada. Razlog tomu je što u porječju Slanog potoka, Male Dubračine i

Kučine (pritoci Dubračine) ima mnogo ožiljaka na površini terena koji su posljedica prekomjerne erozije materijala nastalog trošenjem fliša, a na DTM-u izgledaju kao školski primjeri "amfiteatara" i čeonih pukotina. Istraživanjima je utvrđeno da su takve lokacije karakterizirane izostankom zone akumulacije kakve su karakteristične za klizišta u donjim dijelovima padina, što za posljedicu ima da izohipse ne divergiraju u odnosu na povijanje izohipsi u zoni ožiljaka i denivelacija u gornjim dijelovima padina nastalih erozijom.

Za 76 od 88 kartiranih klizišta procijenjeni su sljedeći atributi koji su klasificirani prema klasama opisanima u poglavlju 5.1.1: dubina klizne plohe, model klizanja, aktivnost i relativna starost.

Za jedno klizište je procijenjeno da se klizna ploha nalazi na dubini manjoj od 1 m. Za 67 klizišta je procjena da se klizna ploha nalazi na dubinama koje su u rasponu od 1 do 5 m, dok je za osam klizišta dubina klizne plohe procijenjena na 5 do 20 m. Navedeno znači da u porječju Dubračine u najvećoj mjeri prevladavaju plitka klizišta.

Prema modelu klizanja, 69 klizišta je klasificirano kao kombinirano u kojemu je klizna ploha u gornjem dijelu klizišta u blizini čeone pukotine kružnog oblika, što znači da je koluvij doživio rotaciju, a u donjem dijelu je klizna ploha ravna, uz translaciju kao model pomaka. Sedam klizišta su okarakterizirana kao isključivo rotacijska klizišta.

Aktivnost klizišta također je procijenjena iskustveno, na temelju prospekcije. Trinaest klizišta je ocijenjeno aktivnim, 61 klizište privremeno umirenim, jedno klizište je stabilizirano mjerama sanacije, a jedno je procijenjeno kao trajno umireno. Iz navedenog se vidi kako su skoro sva klizišta u porječju Dubračine procijenjena kao aktivna ili privremeno umirena, što znači da se kreću ili se samo privremeno ne kreću, ali se i dalje nalaze pod djelovanjem istih faktora koji su uz pomoć inicijatora i doveli do pomaka na padini.

Relativna starost klizišta određena je prema kriterijima navedenima u poglavlju 5.1.1, a njihovom primjenom je procijenjeno da su 54 klizišta recentna, 21 klizište staro i jedno vrlo staro. Za samo jedno klizište je poznato vrijeme aktivacije. To je klizište s ID brojem 43 koje je aktivirano 6.8.2006. (Gašparović, D., 2014, usmeno pripćenje). Podatak od 54 recentna klizišta od ukupno 76 procijenjenih, treba uzeti s rezervom jer je moguće da zbog velike podložnosti eroziji materijala, granice klizišta i čeone pukotine kao i pukotine u samim tijelima klizišta izgledaju mnogo mlađe nego što u stvarnosti jesu. Osim navedenog, a temeljeno na terenskom radu, sasvim je sigurno da je koluvijalna masa pojedinih klizišta doživljavala opetovane pomake i nakon prve aktivacije što ide u prilog procjeni da se radi o recentnom klizištu, ali istovremeno je moguće i da su takva klizišta svoju prvu aktivaciju imala prije više desetaka godina.

Površina svih klizišta u porječju je 195 309 m^2 (0,45 % površine porječja), a u rasponu su od 17 do 13 333 m^2. Srednja vrijednost površine je 2 219 m^2 uz standardnu devijaciju od 2 126 m^2. Šestanović (1993) je klasificirao klizišta prema površini i volumenu, a granice klasa i rasponi kartiranih površina i volumena klizišta unutar klasa su prikazani u tablici 6-3.

Tablica 6-3. Klasifikacija klizišta prema površini i volumenu (Šestanović, 1993). U zagradama su granice klasa.

Naziv klizišta	Površina (m^2)	Volumen (m^3)
vrlo mala	17 (< 100)	5 (< 100)
mala	150 – 988 (100 – 1 000)	111 – 4 836 (100 – 5 000)
srednje veličine	1 000 – 8 308 (1 000 – 10 000)	5 506 – 68 374 (5 000 – 100 000)
velika	10 254 – 13 333 (10 000 – 50 000)	100 000 – 1 000 000
vrlo velika	> 50 000	> 1 000 000

Sukladno tablici 6-3, a s obzirom na površinu, jedno klizište je klasificirano kao vrlo malo, 26 klizišta je klasificirano kao malo, 59 klizišta je klasificirano kao srednje veliko i samo dva kao velika klizišta.

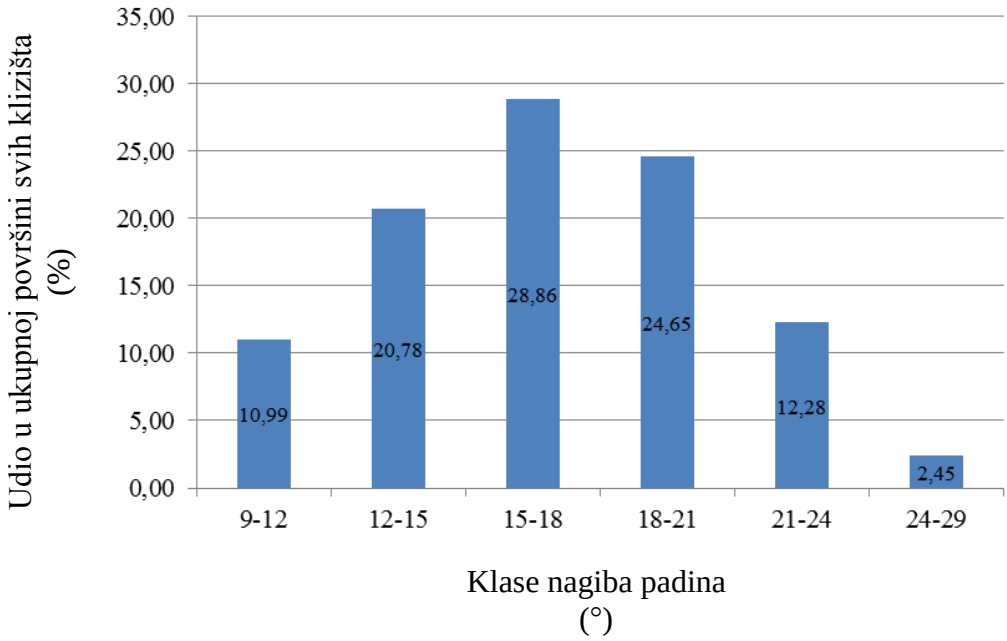
Volumen klizišta izračunat je prema empirijskom izrazu koji su publicirali Guzzetti i dr. (2008) prema kojemu je volumen = 0,0844 x površina^{1,4324}. Prema tablici 6-3, a s obzirom na volumen, jedno klizište je klasificirano kao vrlo malo, 52 klizišta su klasificirana kao mala, a 35 kao srednje velika klizišta. Ovdje treba napomenuti, a što je već navedeno u poglavlju o metodama istraživanja, kako se navedeni izraz za izračun volumena klizišta uzima s pretpostavkom da vrijedi i za porječje Dubračine, što nije potvrđeno istraživanjima.

Širina pokrenute mase kartiranih klizišta je u rasponu od 4 do 83 m. Srednja vrijednost je 34 m uz standardnu devijaciju od 15 m.

Što se tiče azimuta smjera pomaka klizišta, oni su u rasponu od 3° do 349°. Azimuti od 315° do 45° se smatraju sjevernim, od 45° do 135° istočnim, od 135° do 225° južnim i od 225° do 315° zapadnim. U skladu s navedenom shemom, 15 klizišta ima smjer pomaka prema sjeveru, devet klizišta ima smjer pomaka prema istoku, 26 klizišta ima smjer pomaka prema jugu i 38 klizišta ima smjer pomaka prema zapadu.

6.1.1.1. Analiza nagiba

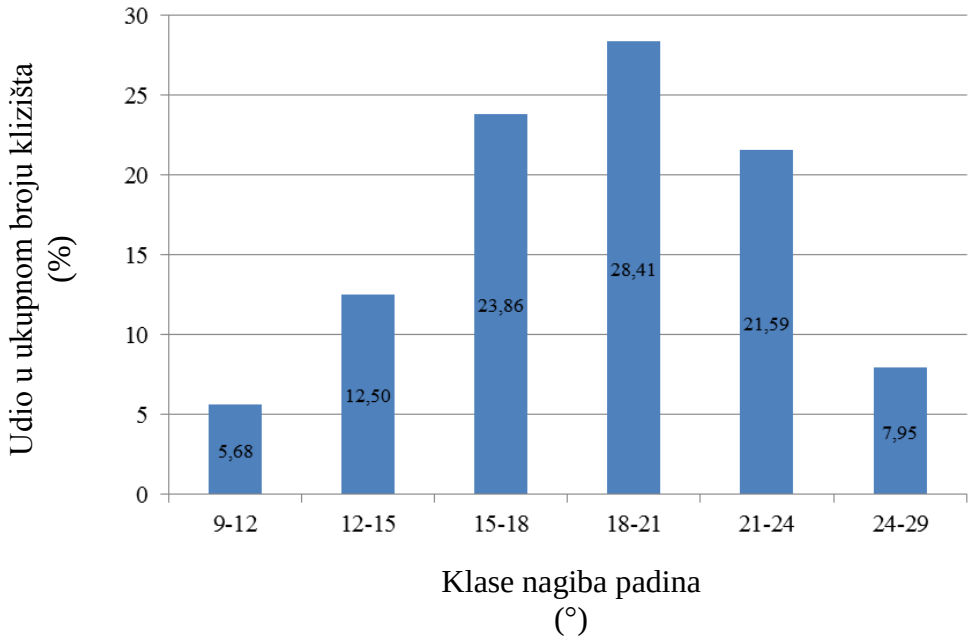
Generalni nagibi padina na kojima su nastala klizišta u porječju Dubračine su u rasponu od 9° do 29° što je u skladu s rasponom koji je publicirao Šestanović (1993) koji navodi da klizišta nastaju na nagibima od 10° do 30°. Izračunati su pomoću dvije točke i pravca koji ih spaja na način kako je opisano u poglavlju 5.3.1. Srednja vrijednost iznosi 18° uz standardnu devijaciju od 4°. Na slici 6-2 prikazane su klase generalnog nagiba i njima pridruženi udjeli u ukupnoj površini zahvaćenoj klizanjem. Iz slike je vidljivo da se 53,51 % površine klizišta od ukupne površine klizišta nalazi na generalnim nagibima koji su u rasponu od 15° do 21°, a to ujedno implicira da je to raspon generalnih nagiba koji je najkritičniji s aspekta nastanka novih klizišta. Ako se tome pridoda i površina klizanja na nagibima od 12° do 15°, dolazi se do udjela od 74,28 %.



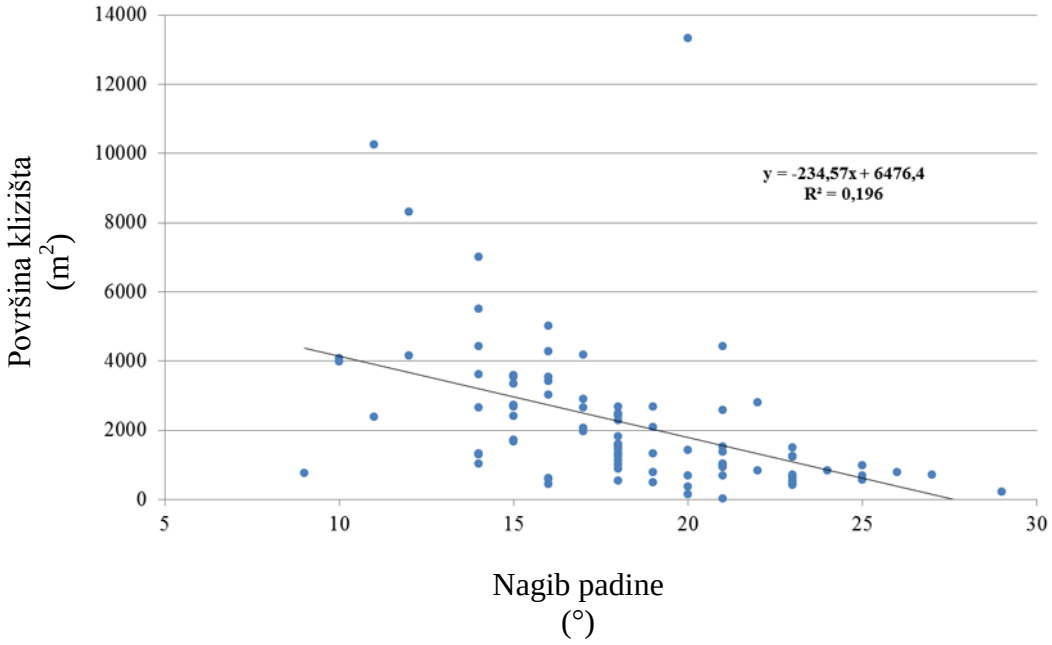
Slika 6-2. Raspodjela površine klizanja po klasama generalnog nagiba padina na kojima su klizišta nastala.

Na slici 6-3 prikazan je postotni udio broja klizišta po klasama generalnog nagiba padina na kojima su klizišta nastala. Iz slike je vidljivo da je 52,27 % klizišta (46 klizišta) nastalo na generalnim nagibima od 15° do 21°. Ako se pridoda i klasa nagiba od 21° do 24° na kojoj je nastalo 21,59 % klizišta (19 klizišta), može se zaključiti kako je 73,86 % klizišta (65 klizišta od ukupno 88) nastalo na generalnim nagibima koji su u rasponu od 15° do 24°.

Na slici 6-4 prikazana je zavisnost površine klizišta o kutu generalnog nagiba padine na kojoj je nastalo. Iz slike je vidljivo da su klizišta općenito manja što je kut nagiba veći. Međutim, koeficijent korelacije između ove dvije veličine na istraživanom području je vrlo mali i iznosi 0,2 zbog čega se ne može govoriti o uočenoj međuzavisnosti.



Slika 6-3. Raspodjela broja klizišta od ukupno kartiranih 88 po klasama generalnog nagiba padina na kojima su klizišta nastala.



Slika 6-4. Korelacija generalnog nagiba padine na kojoj je klizište nastalo i površine samog klizišta.

Analiza je pokazala da su klizišta u porječju Dubračine nastala na nagibima od 9° do 29° što je sa stajališta mehaničkih parametara koherentnih tala u kojima se klizišta u porječju događaju, povezano s kutovima unutarnjeg trenja koji se prema DIN normi oznake 1055 kreću u rasponu od 15° do 28°. Laboratorijska ispitivanja u praksi su za potrebe geotehničkog projektiranja pokazala da su manji kutovi trenja od 15° povezani s izrazito visokoplastičnim koherentnim tlima. Kutovi unutarnjeg trenja nekoherentnih materijala su prema istoj normi u rasponu od 30° do 38°, dok prema Peck i dr. (1974) oni mogu biti i manji od 28° te veći od 41°, ali su najčešće unutar navedenih vrijednosti. Navedeno znači da se klizišta u prirodi pojavljuju na nagibima koji su isti ili manji od kuta unutarnjeg trenja materijala u kojem se klizna ploha nalazi. I to kada dolazi do redukcije parametara čvrstoće i/ili kada postojeći parametri čvrstoće nisu dovoljni da se "suprotstave" silama akcije koje potenciraju klizanje. Zbog navedenog, u prirodi nije realno očekivati postojanje padina koje su prekrivene koherentnim tlom dovoljne debljine za nastanak klizišta, a koje bi bile strmije od 30°, jer bi takvo stanje bilo neravnotežno.

Međutim, u literaturi postoje i podaci koji moguće ne odgovaraju realnom stanju na terenu. Vujnović (2005) konstatira da je najveća gustoća klizišta prisutna na padinama nagiba od 35° do 60°, a dva najveća težinska faktora je dodijelila klasama od 45° do 50° i 50° do 55°. Barbieri i Cambuli (2009) dva najveća težinska faktora daju klasama nagiba od 60° do 90° i od 40° do 60°, iako im je daleko najveći broj klizišta u klasi od 20° do 40°. Yalcin (2008) klasama nagiba od 20° do 30°, od 30° do 40° i od 40° do 50° dodijeljuje gotovo identične težinske faktore i to 0,17; 0,14 i 0,15, iako je najveća površina klizanja u klasi od 20° do 30°. Yalcin i dr. (2011) su najveći težinski faktor dobili za klasu nagiba iznad 27° gdje se ujedno i nalazi najveća površina klizanja u njihovim istraživanjima. Realno gledajući, najveće težinske faktore ne bi trebalo očekivati na klasama nagiba gdje su klizanja rijetka ili uopće nisu moguća zbog vrijednosti kutova unutarnjeg trenja. Gore navedeni autori nisu napravili analizu nagiba na kojima se nalaze klizišta koja su oni istraživali na način na koji je prezentirano u ovom radu i nisu jasno napisali događaju li se klizanja u koherentnim ili nekoherentnim materijalima (osim Vujnović). Zbog toga, njihove rezultate nije moguće u potpunosti uspoređivati s rezultatima iznesenima u ovom radu, ali veliki težinski faktori za tako velike nagibe gdje su klizišta rijetka ili ih uopće nema, moguće su posljedica primijenjene metodologije koja za analize koristi ćelije unutar granice klizišta, a ne "seed cell" ćelije.

Sukladno gore navedenim rezultatima iz literature, može se pretpostaviti da je klizanjem unutar klizišta povećan udio viših kutova nagiba terena u odnosu na udio istih

kutova nagiba terena prije klizanja, što je rezultiralo nerealno visokim težinskim faktorima za nagibe na kojima su klizišta rijetka ili ne postoje.

U cilju diskusije o opravdanosti primjene "seed cell" koncepta, slučajnim odabirom su izdvojena klizišta s ID brojevima 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 15, 16, 17, 52, 53, 54, 55 i 56 zajedno s pripadajućim "seed cell" poligonima. Za sva navedena klizišta i pripadajuće "seed cell" poligone, pomoću digitalnog modela terena rezolucije 1m izračunat je udio pojedinih klasa nagiba unutar granica klizišta i "seed cell" poligona, a rezultat je prikazan na slici 6-5. Analiza nije rađena za svako klizište i svaki "seed cell" poligon zasebno, već su rezultati prikazani sumarno za sva klizišta te sumarno za sve "seed cell" poligone.

Analizirajući histogram na slici 6-5, može se zaključiti sljedeće:

1) udio malih nagiba do 9°, na kojima nema pojave klizanja, veći je u "seed cell" poligonima, nego u poligonima klizišta,

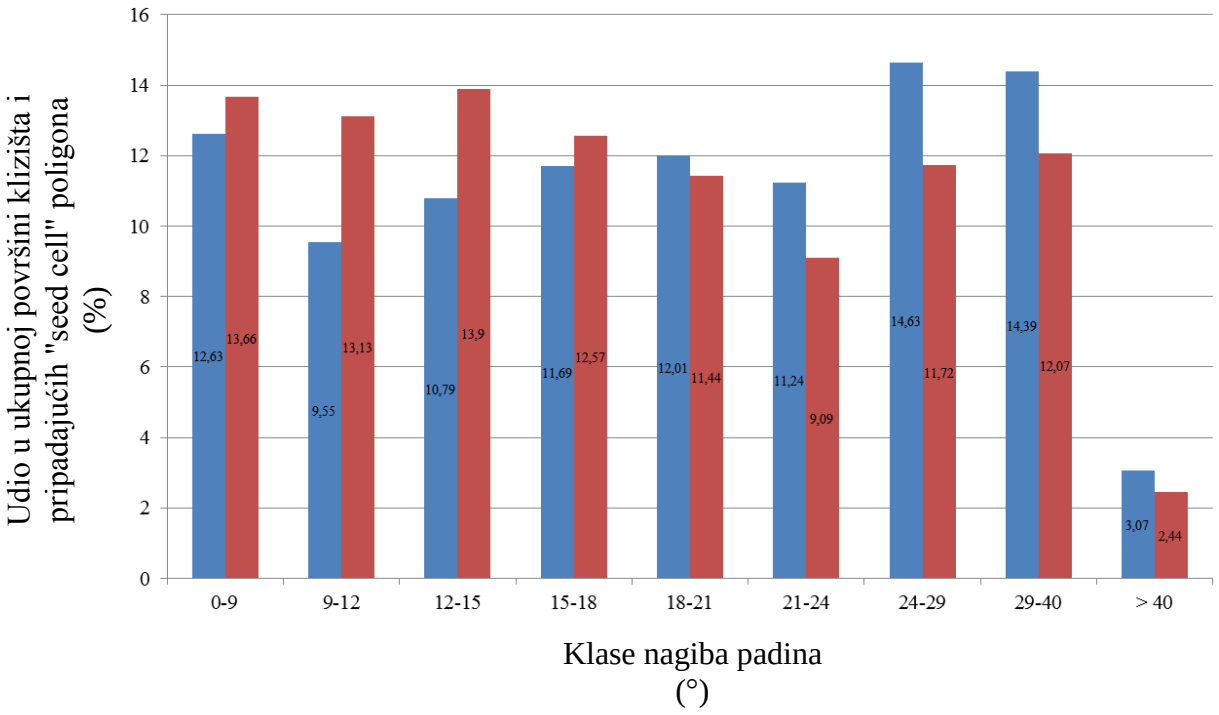
2) udio nagiba od 9° do 18°, na kojima se prema slici 6-2 nalazi 61 % površine od ukupne zahvaćene klizanjem, veći je u "seed cell" poligonima, nego u poligonima klizišta,

3) udio nagiba koji su jednaki ili veći od 18° veći je u klizištima nego u "seed cell" poligonima što je naročito izraženo za klasu nagiba od 24° do 40°,

4) udio kutova nagiba do 18° je u "seed cell" poligonima u odnosu na klizišta povećan, jer taj dio terena nije doživio pomake, a udio kutova nagiba većih od 18° je zbog pomaka masa u klizištima povećan u odnosu na "seed cell" poligone, a na račun nagiba manjih od 18°,

5) sve navedeno može se smatrati afirmativnim u kontekstu primjene "seed cell" koncepta prema kojem su uvjeti oko klizišta reprezentativniji od onih unutar klizišta, u smislu definiranja budućih lokacija klizanja.

Ako u idealnom slučaju pretpostavimo da je udio pojedinih klasa nagiba prije klizanja bio isti, i u "seed cell" poligonima i u klizištima koja će to tek postati, distribucija udjela pojedinih klasa nagiba nakon klizanja, koja je prikaza slikom 6-5, može se smatrati očekivanom.



Slika 6-5. Raspodjela površine slučajno odabranih klizišta s ID brojevima 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 15, 16, 17, 52, 53, 54, 55 i 56 te pripadajućih "seed cell" poligona po klasama nagiba padina. Vrijednosti plavih stupaca se odnose na poligone klizišta, a crvenih stupaca na "seed cell" poligone.

Ista analiza je napravljena za sva klizišta i za sve "seed cell" poligone u porječju Dubračine, a ne samo za slučajno odabrane (slika 6-5). Rezultati su prikazani slikom 6-6, a njenom analizom može se zaključiti sljedeće:

1) udio malih nagiba do 9°, na kojima nema pojave klizanja te nagiba većih od 40°, veći je u "seed cell" poligonima, nego u poligonima klizišta,

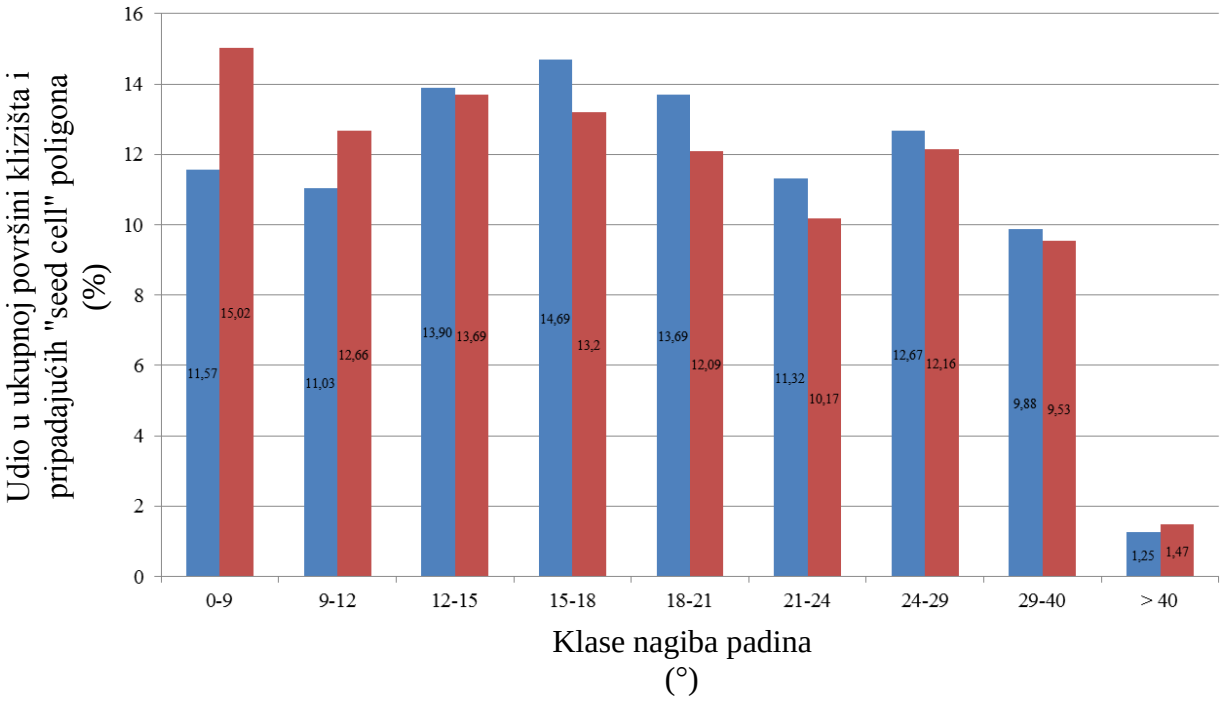
2) udio nagiba od 9° do 12°, na kojima se prema slici 6-2 nalazi 11 % površine od ukupne zahvaćene klizanjem, veći je u "seed cell" poligonima, nego u poligonima klizišta,

3) udio nagiba koji su jednaki ili veći od 12° i manji od 40°, veći je u klizištima nego u "seed cell" poligonima,

4) udio nagiba od 12° do 18°, na kojima se prema slici 6-2 nalazi 50 % površine od ukupne zahvaćene klizanjem, veći je u klizištima nego u "seed cell" poligonima, što je suprotno trendu prikazanom na slici 6-5, za istu klasu nagiba od 12° do 18°,

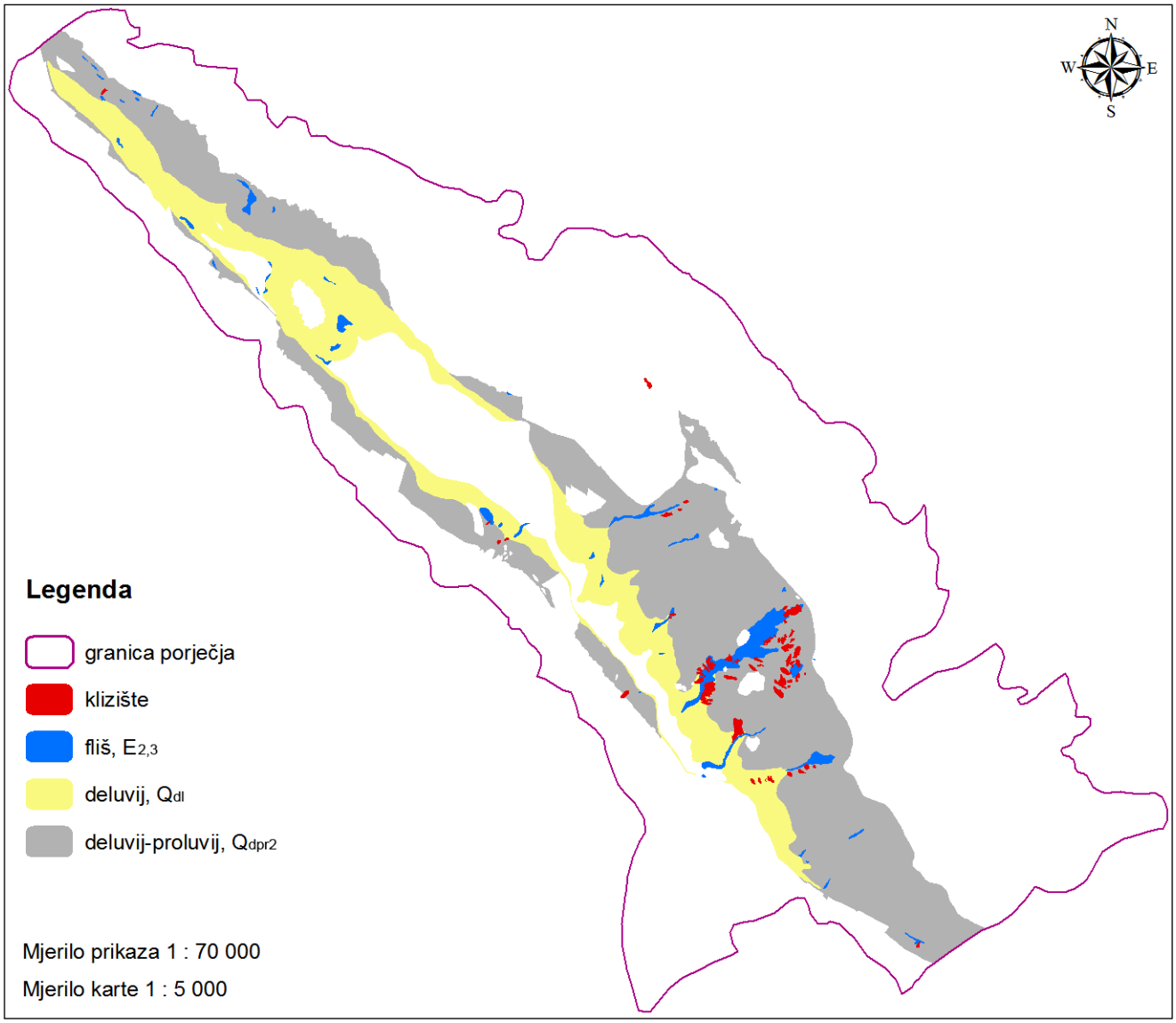
5) udio nagiba od 0° do 12° veći je u "seed cell" poligonima nego u poligonima klizišta što je istovjetno trendu prikazanom na slici 6-5,

6) sve navedeno može se smatrati afirmativnim u kontekstu primjene "seed cell" koncepta jer je i slikom 6-6, kao i slikom 6-5, dokazana poremećenost ćelija DTM-a unutar granice klizišta u odnosu na originalni teren kojeg reprezentiraju "seed cell" ćelije, na način da je povećan udio većih nagiba na račun manjih nagiba, što znači da su, kao posljedica klizanja, uvjeti s aspekta nagiba u klizištu specifični.



Slika 6-6. Raspodjela površine svih klizišta i pripadajućih "seed cell" poligona po klasama nagiba padina. Vrijednosti plavih stupaca se odnose na poligone klizišta, a crvenih stupaca na "seed cell" poligone.

Kartiranjem terena ukupno je detektirano 88 klizišta, od čega se njih 87 nalazi u sklopu tri litološke jedinice (slika 6-7): fliš ($E_{2,3}$), deluvij (Q_{dl}) i deluvij-proluvij (Q_{dpr2}). Jedno klizište nalazi se u sklopu foraminiferskih vapnenaca ($E_{1,2}$) i povezano je s flišem koji zbog nepristupačnosti terena i mjerila kartiranja 1 : 5 000 na toj mikrolokaciji nije kartiran.



Slika 6-7. Klizišta prikazana na isječku litološke karte porječja Dubračine. Na slici je vidljivo da se sva klizišta, osim jednog, nalaze u sklopu litoloških jedinica: fliš ($E_{2,3}$), deluvij (Q_{dl}) i deluvij-proluvij (Q_{dpr2}).

Da bi se analizirali nagibi u sklopu tri navedene litološke jedinice gdje se nalazi 87 od 88 klizišta, sva tri poligona su spojena u jedan, nakon čega je karta nagiba u sklopu tako pripremljenog poligona reklasificirana na iste klase kao što je prikazano na slici 6-5. Rezultati su prikazani slikom 6-8 iz koje se može zaključiti sljedeće:

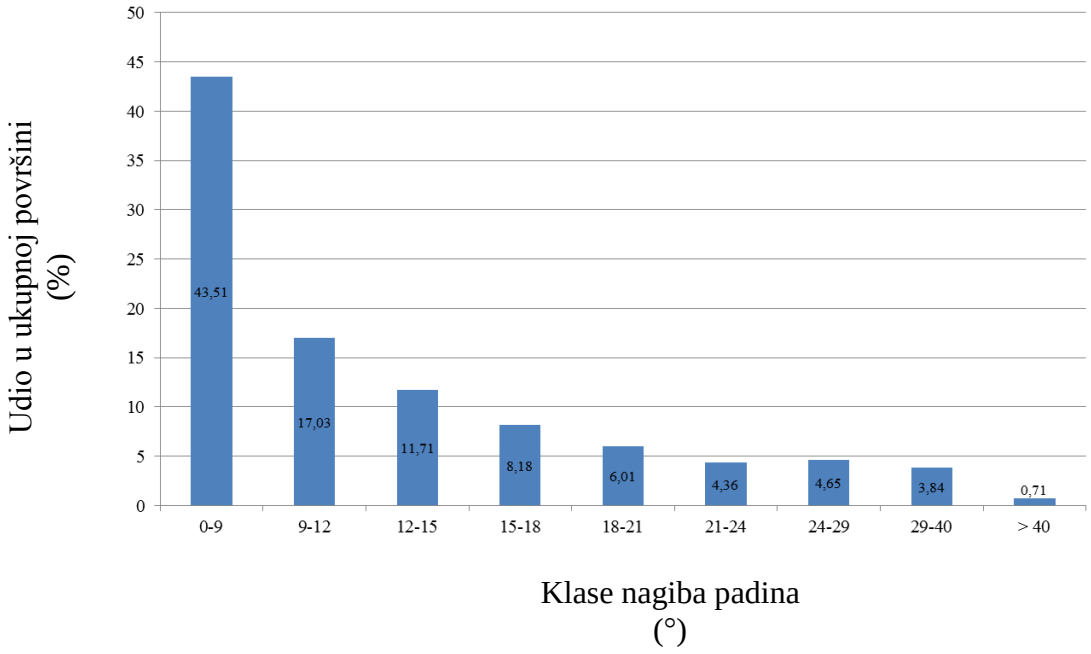
1) daleko najveći površinski udio u sklopu poligona gdje se nalazi 87 od 88 kartiranih klizišta, ima klasa nagiba do 9° i iznosi 43,51 %, a to su nagibi na kojima klizišta ne nastaju,

2) raspon nagiba padina od 9° do 29°, u sklopu koje nastaju klizišta u porječju Dubračine, čini 51,94 % površine odabranog poligona,

3) ako zbrojimo površine pod nagibima od 0° do 9° gdje klizišta ne nastaju i od 9° do 29° na kojima se klizišta nalaze, dobije se površina koja čini 95,45 % od ukupne površine poligona litoloških jedinica gdje je kartirano 87 od 88 klizišta,

4) na raspon nagiba padina od 12° do 21° u sklopu koje se nalazi 74,29 % površine od ukupne zahvaćene klizanjem (slika 6-2), otpada 25,9 % površine poligona,

5) navedeno od 1 do 4 ukazuje da klizišta nastaju na nagibima koji pokrivaju gotovo cijelu preostalu površinu terena, nakon oduzimanja površine pod nagibima gdje klizanja nisu registrirana. To se može interpretirati na način da klizišta nastaju na nagibima koji ionako jedini postoje u prirodi kao preostali mogući dijelovi terena gdje se klizanja mogu dogoditi. Međutim, činjenica da 74,29 % površine zahvaćene klizanjem se nalazi na nagibima na koje otpada 25,9 % površine tri odabrane litološke jedinice, može se interpretirati na način da 3/4 površine zahvaćene klizanjem se nalazi na nagibima koji zazuzimaju 1/4 površine terena litoloških jedinica u sklopu kojih se klizanja javljaju, što bi išlo u prilog nagibu kao utjecajnom faktoru.



Slika 6-8. Površinski udjeli pojedinih klasa nagiba terena u sklopu poligona koji je nastao spajanjem litoloških jedinica fliša ($E_{2,3}$), deluvija (Q_{dl}) i deluvij-proluvija (Q_{dpr2}) u sklopu kojih se nalazi 87 od ukupno 88 kartiranih klizišta.

Na slici 6-9 su prikazane neke od manifestacija klizanja na terenu.

Slika 6-9. Primjeri manifestacija klizanja na terenu (A – ID 28; B – ID 37; C – ID 38; D – ID 34). Na slikama A, C i D su prikazane čeone pukotine klizišta, a na slici B je prikazana bočna pukotina klizišta.

6.1.2. Inventar puzišta

U sklopu porječja Dubračine kartirano je ukupno 13 puzišta. Puzište s ID brojem 8 je terenski detektirano i poslužilo je kao reprezentativno na kojemu su definirane glavne značajke puzišta u porječju, a to su nabori terena (riplovi) s amplitudama do oko 1,2 m i mjestimična zamočvarenja površine od nekoliko kvadratnih metara. Osim navedenog, puzišta u porječju su karakterizirana i pojavom "pijanih stabala". Ova lokacija je nakon terenskog rada i vizualno analizirana na visokorezolucijskom modelu terena što je omogućilo da preostalih 12 puzišta bude detektirano daljinski od kojih je terenski verificirano 11 (jedno nije zbog nepristupačnosti terena), a verifikacija je na svim lokacijama potvrdila da je riječ o puzištima. Iz navedenog proizlazi da je visokorezolucijski model terena odličan alat za kartiranje puzišta te su pomoću njega definirane granice svih puzišta.

Za svako puzište su dani i neki popratni atributi o samom pokretu mase na padini koji zajedno s kartom čine inventar puzišta prikazan u prilogu 12. Koordinate geometrijskog središta pojedinog puzišta prikazane su u tablici 6-4.

Tablica 6-4. Koordinate geometrijskih središta poligona puzišta.

ID broj puzišta	Koordinata "E" (geodetski Y) (m)	Koordinata "N" (geodetski X) (m)
1	352046	5014809
2	353080	5013744
3	353060	5013623
4	353164	5013703
5	354240	5013185
6	357076	5009689
7	357115	5009648
8	358495	5008607
9	358274	5008471
10	358533	5008153
11	360048	5008002
12	359879	5007411
13	361344	5006454

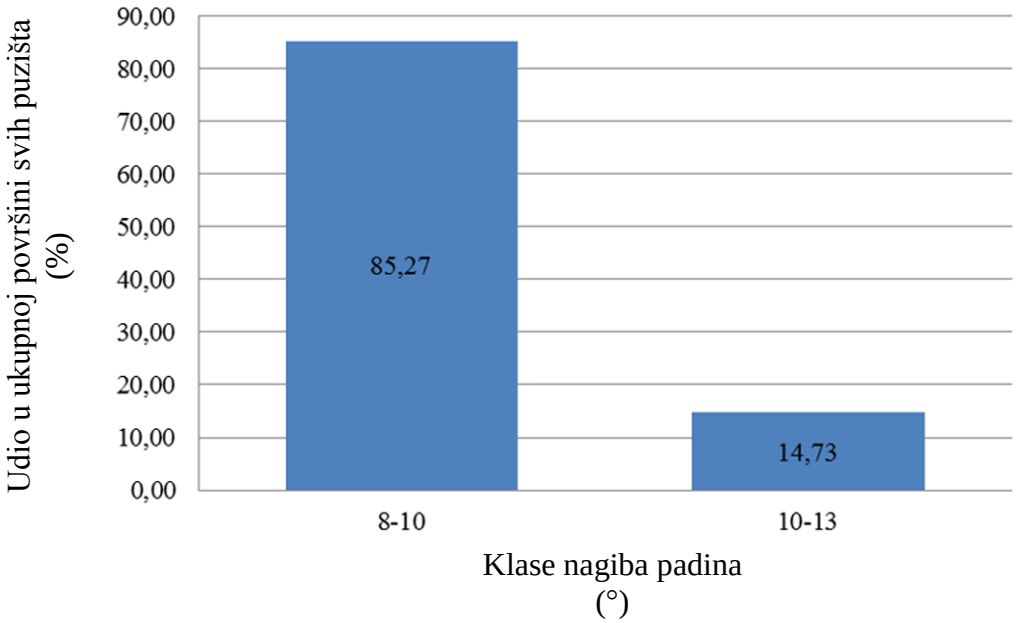
Površina svih puzišta u porječju je 143 597 m^2 (0,33 % površine porječja), a u rasponu su od 1 856 do 22 636 m^2. Srednja vrijednost površine je 11 046 m^2 uz standardnu devijaciju od 5 937 m^2.

Širina pokrenute mase kartiranih puzišta je u rasponu od 42 do 135 m. Srednja vrijednost je 98 m uz standardnu devijaciju od 28 m.

Azimuti smjera pomaka puzišta su u rasponu od 56° do 276°. Dva puzišta imaju smjer pomaka prema istoku, sedam puzišta ima smjer pomaka prema jugu, a četiri puzišta imaju smjer pomaka prema zapadu. Kao i kod klizišta, azimuti od 315° do 45° se smatraju sjevernim, od 45° do 135° istočnim, od 135° do 225° južnim i od 225° do 315° zapadnim.

6.1.2.1. Analiza nagiba

Generalni nagibi padina na kojima su nastala puzišta u porječju Dubračine su u rasponu od 8° do 13°. Izračunati su pomoću dvije točke i pravca koji ih spaja na način kako je opisano u poglavlju 5.3.1. Srednja vrijednost iznosi 9° uz standardnu devijaciju od 1°. Na slici 6-10 prikazane su klase generalnog nagiba i njima pridruženi udjeli u ukupnoj površini koja je zahvaćena puzanjem. Iz slike je vidljivo da je 85,27 % od ukupne površine zahvaćene puzanjem nastalo na generalnim nagibima koji su u rasponu od 8° do 10°. To znači da je to raspon generalnih nagiba koji je najkritičniji s aspekta nastanka novih puzišta.

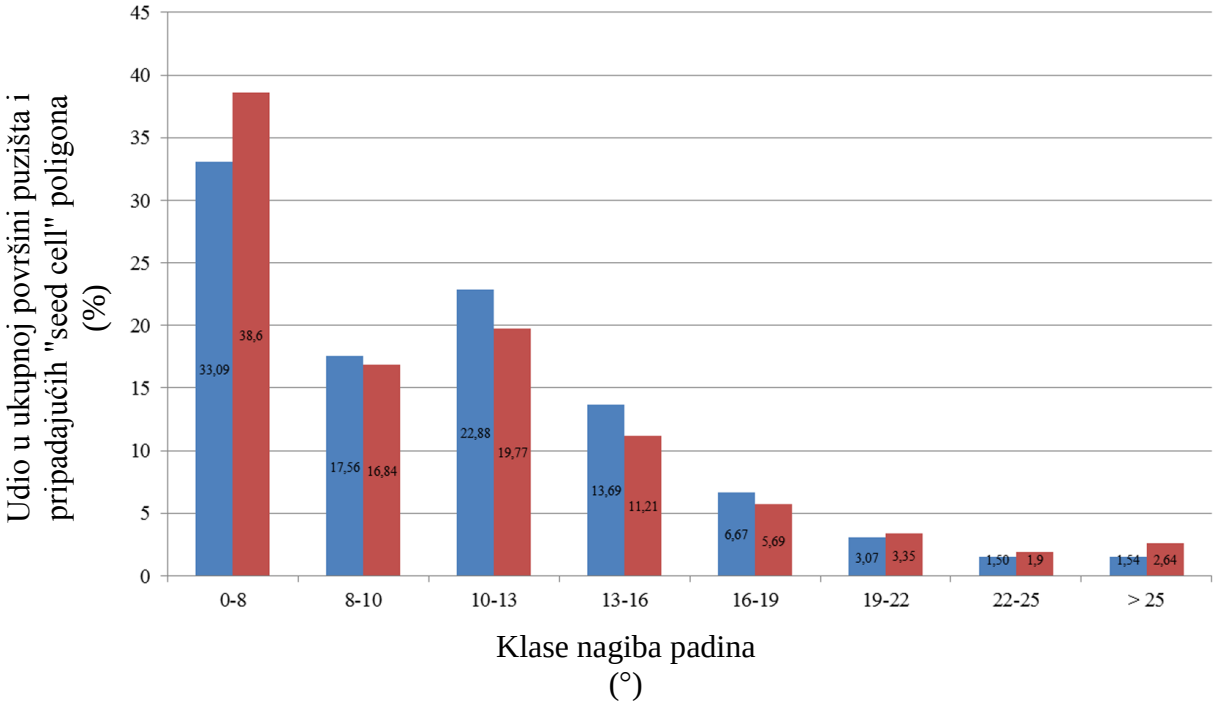


Slika 6-10. Raspodjela površine puzanja po klasama generalnog nagiba padina na kojima su puzišta nastala.

Većina od 13 klizišta, točnije njih osam, nastalo je na nagibu od 9°. Ako se pridodaju još dva puzišta koja su nastala na nagibu od 8°, može se zaključiti da je 10 od 13 puzišta nastalo na nagibima od 8° do 10°.

Korelacija nagiba padine na kojoj je puzište nastalo i površine samog puzišta, u porječju Dubračine ne postoji, što proizlazi iz atributne tablice prikazane u prilogu 12.

U cilju diskusije o opravdanosti primjene "seed cell" koncepta, za sva puzišta i pripadajuće "seed cell" poligone je pomoću digitalnog modela terena rezolucije 1 m izračunat udio pojedinih klasa nagiba unutar granica puzišta i "seed cell" poligona, a rezultat je prikazan na slici 6-11. Klase nagiba se razlikuju u odnosu na klase definirane za klizišta (slika 6-5 i 6-6) što je uvjetovano različitim nagibima na kojima se puzišta javljaju u porječju, u odnosu na nagibe na kojima se javljaju klizišta.



Slika 6-11. Raspodjela površine svih puzišta te pripadajućih "seed cell" poligona po klasama nagiba padina. Vrijednosti plavih stupaca se odnose na poligone puzišta, a vrijednosti crvenih stupaca se odnose na "seed cell" poligone.

Ako pretpostavimo idealan slučaj prema kojem je udio pojedinih klasa nagiba prije puzanja bio isti, i u "seed cell" poligonima i u puzištima koja će to tek postati, analizirajući stupce na slici 6-11, može se zaključiti sljedeće:

1) udio malih nagiba do 8°, na kojima nema pojave puzanja, veći je u "seed cell" poligonima, nego u poligonima puzišta,

2) udio nagiba od 8° do 19° veći je u poligonima puzišta, nego u "seed cell" poligonima,

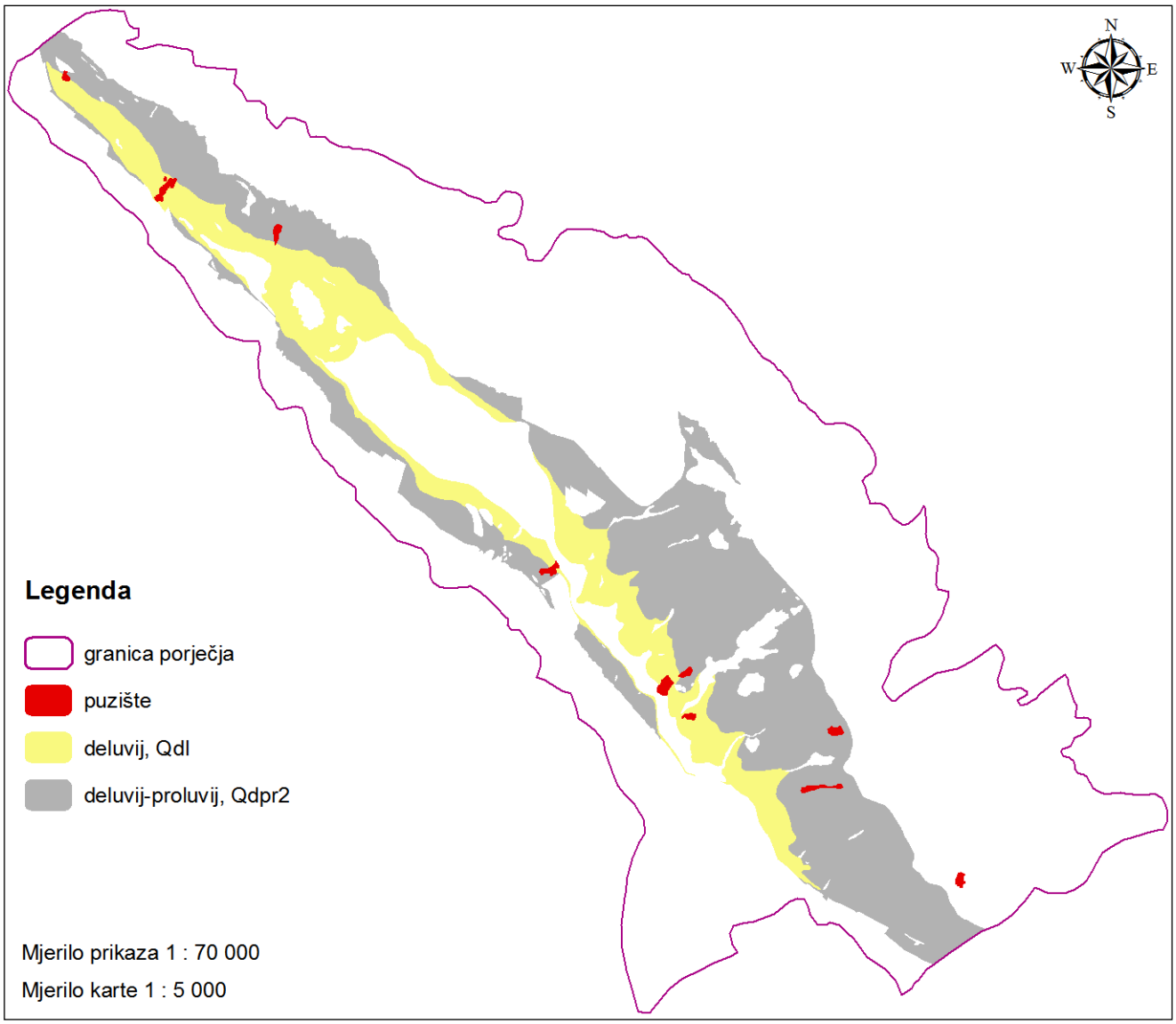
3) udio nagiba koji su jednaki ili veći od 19° veći je u "seed cell" poligonima nego u poligonima puzišta,

4) zbog pomaka masa je unutar puzišta, u odnosu na okolni intaktni teren, došlo do smanjenja udjela nagiba do 8° te većih od 19°,

5) zbog pomaka masa je unutar puzišta, u odnosu na okolni intaktni teren, došlo do povećanja udjela nagiba od 8° do 19°,

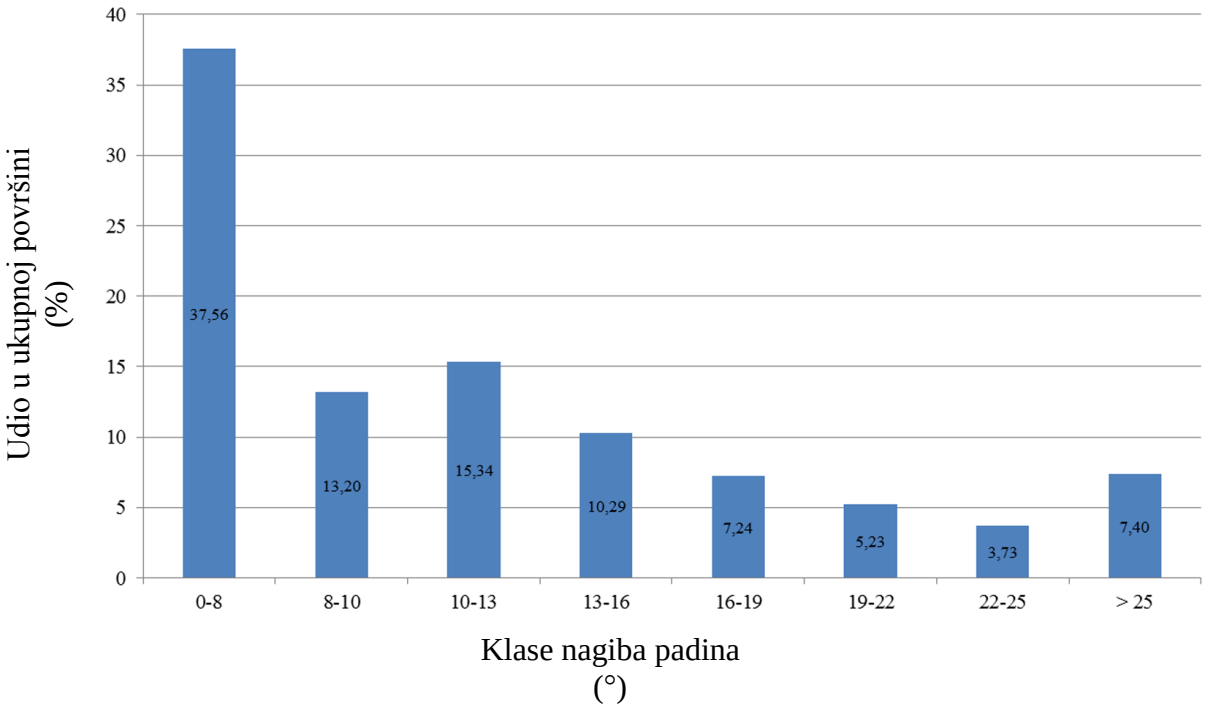
6) kao i kod klizišta, sve navedeno može se smatrati afirmativnim u kontekstu primjene "seed cell" koncepta prema kojem su uvjeti oko puzišta reprezentativniji od onih unutar puzišta, u smislu definiranja budućih lokacija puzanja.

Kartiranjem terena ukupno je detektirano 13 puzišta, od kojih se 12 nalazi u sklopu dvije litološke jedinice (slika 6-12): deluvij (Q_{dl}) i deluvij-proluvij (Q_{dpr2}). Jedno puzište, i to ono s ID brojem 13, se prema litološkoj karti porječja nalazi u sklopu deluvij-proluvija oznake Q_{dpr1}. S obzirom da jedinicu Q_{dpr1} izgrađuju isključivo šljunci i blokovi (slika 4-2) u kojima ne treba očekivati pojave puzanja, može se pretpostaviti da mikrolokaciju puzišta s ID brojem 13, a prema litološkoj karti porječja, također izgrađuje jedinica Q_{dpr2} ili čak Q_{dl}, ako se flišni sedimenti nalaze jako blizu površine terena.



Slika 6-12. Puzišta prikazana na isječku litološke karte porječja Dubračine. Na slici je vidljivo da se sva puzišta, osim jednog, nalaze u sklopu litoloških jedinica: deluvij (Q_{dl}) i deluvij-proluvij (Q_{dpr2}).

Da bi se analizirali nagibi u sklopu dvije navedene litološke jedinice gdje se nalazi 12 od 13 puzišta, oba poligona su spojena u jedan, nakon čega je karta nagiba u sklopu tako pripremljenog poligona reklasificirana na iste klase kao što je prikazano slikom 6-11. Rezultati su prikazani slikom 6-13.



Slika 6-13. Površinski udio pojedinih klasa nagiba u sklopu poligona koji je nastao spajanjem litoloških jedinica deluvija (Q_{dl}) i deluvij-proluvija (Q_{dpr2}) u sklopu kojih se nalazi 12 od ukupno 13 kartiranih puzišta.

Analizom histograma prikazanog slikom 6-13, može se zaključiti sljedeće:

1) daleko najveći površinski udio u sklopu poligona gdje se nalazi 12 od 13 kartiranih puzišta, ima klasa nagiba do 8° i iznosi 37,56 %,

2) raspon nagiba padina od 8° do 13° u sklopu koje nastaju puzišta u porječju Dubračine, čini 28,54 % površine odabranog poligona,

3) klasa nagiba padina od 8° do 10° gdje se nalazi 85,27 % površine od ukupne zahvaćene puzanjem (slika 6-10), čini svega 13,20 % površine litoloških jedinica u sklopu kojih se nalazi 12 od 13 puzišta,

4) sve navedeno govori da se puzanja događaju na specifičnim nagibima, koji nisu karakteristični za litološke jedinice u sklopu kojih do puzanja dolazi, odnosno, da je nagib terena utjecajni faktor puzanja u porječju Dubračine.

Na slici 6-14 su prikazane manifestacije puzanja na terenu kao što su zamočvarenja u tijelu puzišta, denivelacije i "pijana" stabla u čeonom dijelu te u tijelu puzišta.

Slika 6-14. Primjeri manifestacija puzanja na terenu (A – ID 3; B – ID 11; C – ID 6; D – ID 7; E – ID 8; F – ID 11). Na slikama A i B su prikazana zamočvarenja u tijelima puzišta, a na slikama C, D, E i F denivelacije terena, nabori terena i "pijana" stabla u tijelima puzišta.

6.1.3. Inventar ogolina

U sklopu porječja Dubračine ukupno je kartirana 21 ogolina. Prema Mileusnić i dr. (2004) ogoljavanje je povezano s flišnim sedimentima, a uzrokovano je povećanom koncentracijom iona natrija u pornoj vodi tala koja su nastala trošenjem fliša, što dovodi do efekta disperzivnosti materijala. O mogućem porijeklu povećane koncentracije natrija pisali su Aljinović i dr. (2010) što je opisano u poglavlju 4.1.

Ukupna ogoljela površina u porječju iznosi 174 482 m^2 što je 0,4 % od ukupne površine porječja. Minimalna površina poligona ogoline je 45 m^2, maksimalna 123 522 m^2, srednja vrijednost 8 309 m^2 uz standardnu devijaciju od 26 082 m^2.

U tablici 6-5 su navedene koordinate geometrijskih središta ogolina i pripadajuće površine, a prostorna distribucija ogolina u porječju je prikazana u prilogu 13.

Tablica 6-5. Koordinate geometrijskih središta ogolina i pripadajuće površine.

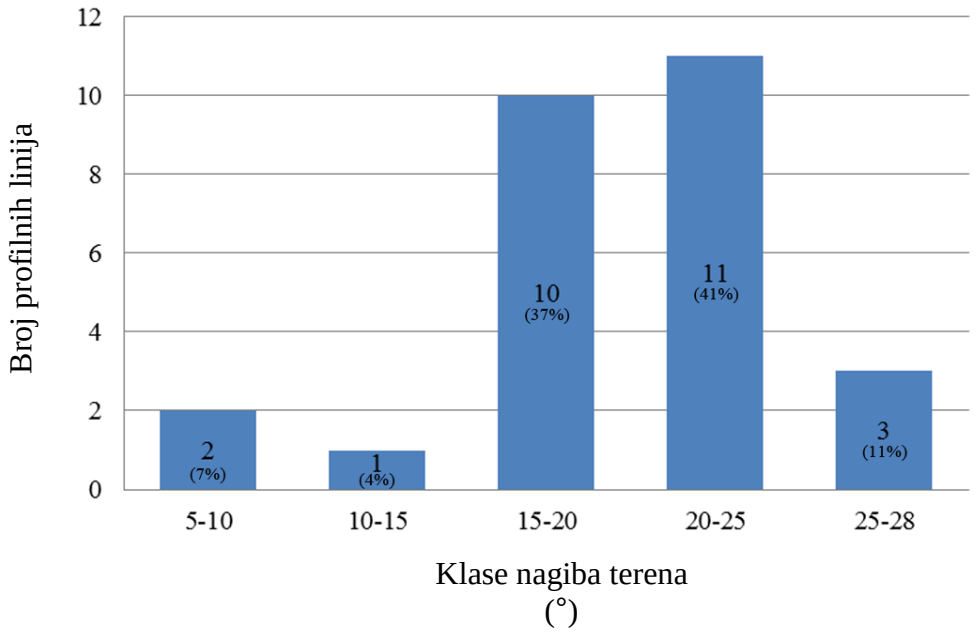
ID broj ogoline	Koordinata "E" (geodetski Y) (m)	Koordinata "N" (geodetski X) (m)	Površina (m^2)
1	354958	5012197	2224
2	357739	5010196	185
3	357860	5010203	218
4	357966	5010192	240
5	359287	5009007	123522
6	359026	5008736	2818
7	358931	5008751	3463
8	358777	5008693	930
9	359589	5008952	108
10	359548	5008847	1021
11	359477	5008841	328
12	359615	5008669	10575
13	359518	5008671	220
14	359639	5008520	16188
15	359486	5008502	2141
16	359476	5008412	95
17	359487	5008394	45
18	359502	5008356	435
19	359853	5007757	564
20	359817	5007716	706
21	359914	5007696	8457

Generalni nagibi padina na kojima su nastale ogoline u porječju Dubračine su definirani pomoću 27 profilnih linija na kojima je određen nagib kako je opisano u poglavlju 5.3.1, a prostorna distribucija linija je prikazana u prilogu 13. U tablici 6-6 su prikazani rezultati mjerenja nagiba na profilnim linijama.

Tablica 6-6. Rezultati mjerenja generalnog nagiba terena na profilnim linijama prikazanim u prilogu 13 na karti ogolina.

ID broj profila	ID broj ogoline	Visinska razlika početka i kraja profila (m)	Tlocrtna duljina profila (m)	Stvarna duljina profila niz padinu (m)	Nagib padine (°)
1	1	7	79	79,3	5
2	2	7	18	19	21
3	3	10	31	33	18
4	4	12	43	45	16
5	5	23	72	76	18
6	5	26	48	55	28
7	5	38	110	116	19
8	5	54,5	130	141	23
9	5	34,5	84	91	23
10	6	15,5	39	42	22
11	7	13	41	43	18
12	8	11	30	32	20
13	9	9	22	24	22
14	10	13	32	35	22
15	11	12	31	33	21
16	13	7	20	21	19
17	12	25	71	75	19
18	12	17	58	60	16
19	15	20	57	60	19
20	14	17	46	49	20
21	14	24	66	70	20
22	16	6	13	14	25
23	17	6	12	13	27
24	18	7	18	19	21
25	21	17	64	66	15
26	19	6	36	36	9
27	20	15	63	65	13

Dobiveni generalni nagibi su u rasponu od 5° do 28°. Srednja vrijednost iznosi 19° uz standardnu devijaciju od 5°. Distribucija broja profilnih linija s obzirom na klase nagiba prikazana je slikom 6-15. Iz slike je vidljivo da se dvije linije nalaze na nagibima od 5° do 10°, jedna linija na nagibu od 10° do 15°, 10 linija na nagibima od 15° do 20°, 11 linija na nagibima od 20° do 25° te tri linije na nagibima od 25° do 28°.

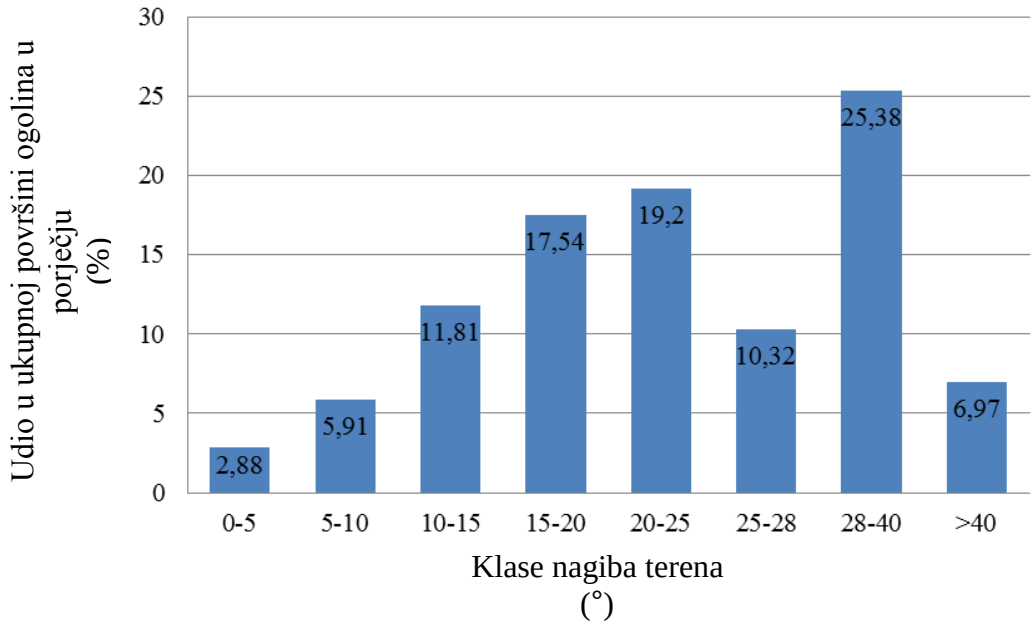


Slika 6-15. Raspodjela broja profilnih linija od ukupno 27 pomoću kojih su određeni generalni nagibi terena na lokacijama ogolina po klasama nagiba.

Ako se analiziraju nagibi u sklopu ogolina pomoću ćelija DTM-a, što je prikazano slikom 6-16, može se primjetiti kako kumulativno, nagibi od 15° do 25° ima najveći udio. To je u skladu sa slikom 6-15 na kojoj se vidi kako se najveći broj profilnih linija nalazi na generalnim nagibima koji su također u rasponu od 15° do 25°. U sklopu poligona ogolina se pojavljuje klasa nagiba od 28° do 40° (slika 6-16) koja nije registrirana kao klasa generalnog nagiba na kojoj se ogoline u porječju nalaze, a čiji udio iznosi čak 25,38 %. Navedeno se može objasniti na sljedeći način:

1) pod utjecajem gravitacije disperzivni pokrivač počinje puzati i teći niz padinu formirajući brojna morfloška ispupčenja i udubljenja (hupseri, naročito naglašeno u sklopu ogoline s ID brojem 5),

2) u sklopu ogolina, a naročito u sklopu ogoline s ID brojem 5, mogu se registrirati brojni ožiljci i denivelacije u terenu kao posljedica prekomjerne erozije koje karakteriziraju nagibi veći od onih koji se nalaze na dijelovima padine koja nije zahvaćena ogoljavanjem i prekomjernom erozijom.



Slika 6-16. Raspodjela površine ogolina u porječju po klasama nagiba terena.

Na slici 6-17 je kao primjer prikazan jedan mali segment ogoljele površina u sklopu ogoline s ID brojem 5 na kojoj je vidljiva kristalizacija minerala tenardita na površini. Mineral tenardit je po svom kemijskom sastavu natrijev sulfat (Na_2SO_4), što ukazuje na prisustvo i iona natrija i sulfatnog iona u pornoj vodi. Isparavanje vode iz tla ima za posljedicu povećanje koncentracije spomenutih iona i kristalizaciju soli na površini terena.

Slika 6-17. Ogoljela površina u sklopu ogoline s ID brojem 5 na kojoj se vidi kristalizacija bijelog minerala tenardita, što ukazuje na prisustvu natrijevih i sulfatnih iona u pornoj vodi tla.

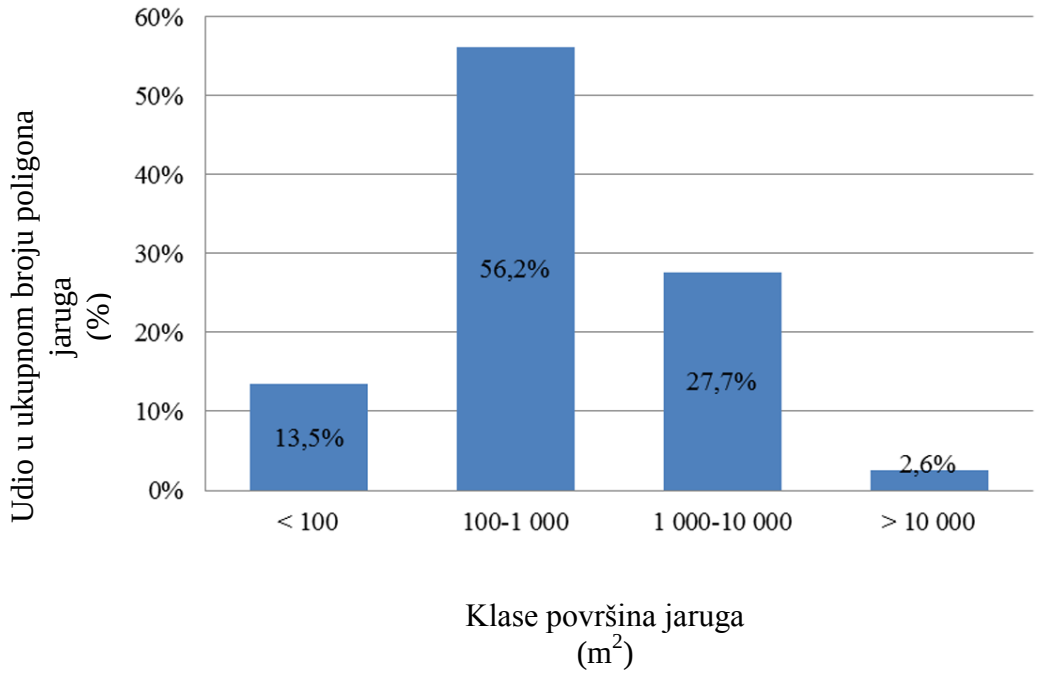
6.1.4. Inventar jaruga

U sklopu porječja Dubračine ukupno je kartirano 347 poligona jaruga. U slučaju dva ili više povezanih kanala, kartiran je jedan poligon jaruge, a korito rijeke Dubračine u ovom istraživanju nije smatrano jarugom.

Ukupna površina zahvaćena jaružanjem u porječju iznosi 591 079 m^2 što je 1,36 % od ukupne površine porječja. Minimalna površina poligona jaruge je 13 m^2, maksimalna 83 965 m^2, srednja vrijednost 1 703 m^2 uz standardnu devijaciju od 5 142 m^2.

U prilogu 14 su navedene koordinate geometrijskih središta kartiranih jaruga i pripadajuće površine, a prostorna distribucija jaruga i pripadajućih "seed cell" poligona u porječju prikazana je u prilogu 15.

Na slici 6-18 prikazana je distribucija broja jaruga po klasama površine iz koje je vidljivo da 56,2 %, odnosno 195 od ukupno 347 jaruga, ima površinu u rasponu od 100 do 1 000 m^2.



Slika 6-18. Distribucija broja poligona jaruga, od ukupno 347 kartiranih, po klasama površina.

Na slici 6-19 prikazan je jedan vrlo kratki segment drenažnog kanala jaruge s ID brojem 166, kroz koji teče voda potoka Kučina.

Slika 6-19. Kratki segment drenažnog kanala jaruge s ID brojem 166, kroz koji teče voda potoka Kučina.

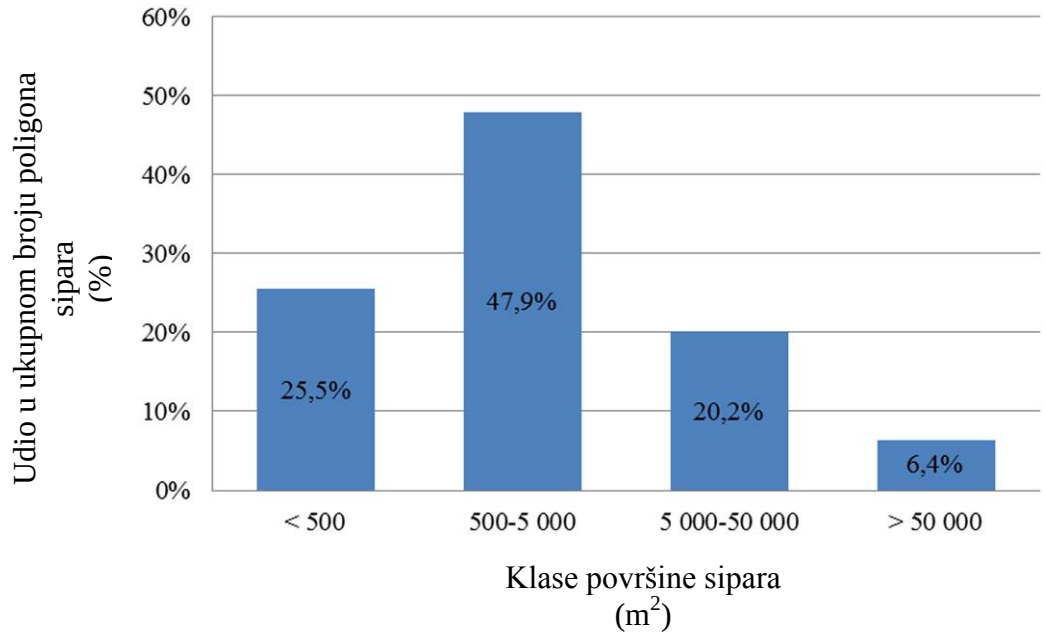
Nagibi padina na kojima su nastale jaruge nisu posebno analizirani jer se radi o širokom spektru vrijednosti. Od subhorizonatlnih nagiba aluvijalne ravnice do vrlo strmih nagiba kakvi se nalaze na karbonatnim liticama koje omeđuju dolinu.

Kao i kod klizišta i puzišta, u analizi podložnosti jaružanju će se koristiti "seed cell" poligoni jaruga koji su u slučaju jaruga od poligona same jaruge udaljeni 10 m što je procijenjeno kao primjerena udaljenost. Nagibi u sklopu poligona jaruge mogu se smatrati manje relevantnim za analizu podložnosti, odnosno detekciju nagiba na kojima bi jaruge mogle nastati jer su bokovi redovito karakterizirani bitno većim nagibima nego što je okolni teren same jaruge koji nije zahvaćen procesom jaružanja i koji odražava intaktno stanje padine prije formiranja jaruge.

6.1.5. Inventar sipara

U sklopu porječja Dubračine ukupno su kartirana 94 poligona sipara. Ukupna površina pod siparima u porječju iznosi 1 425 143 m^2 što je 3,27 % od ukupne površine porječja. Minimalna površina poligona sipara je 153 m^2, maksimalna 419 029 m^2, a srednja vrijednost iznosi 15 161 m^2 uz standardnu devijaciju od 51 501 m^2.

Na slici 6-20 prikazana je distribucija broja poligona sipara po klasama površina iz koje je vidljivo da najveći broj poligona (47,9 %) ima površinu koja je u rasponu od 500 do 5 000 m^2.



Slika 6-20. Distribucija broja poligona sipara, od ukupno 94 kartirana, po klasama površina.

U tablici 6-7 su navedene koordinate geometrijskih središta poligona sipara i pripadajuće površine, a prostorna distribucija sipara i pripadajućih "seed cell" poligona u porječju prikazana je u prilogu 16.

Tablica 6-7. Koordinate geometrijskih središta poligona sipara i pripadajuće površine.

ID broj sipara	Koordinata "E" (geodetski Y) (m)	Koordinata "N" (geodetski X) (m)	Površina (m^2)	ID broj sipara	Koordinata "E" (geodetski Y) (m)	Koordinata "N" (geodetski X) (m)	Površina (m^2)
1	352191	5015325	4116	**48**	360510	5007820	153
2	352272	5015207	513	**49**	361043	5007094	419029
3	352373	5015081	3937	**50**	361848	5006280	32076
4	352731	5014766	547	**51**	360965	5005621	427
5	352850	5014891	393	**52**	360908	5005647	190
6	352975	5014909	1532	**53**	360859	5005665	225
7	353483	5014298	8589	**54**	360710	5005711	8168
8	353544	5014246	6300	**55**	358506	5006567	45559
9	353958	5013707	165	**56**	358096	5006356	20791
10	354013	5013670	163	**57**	358511	5007321	8269
11	354050	5013650	757	**58**	358253	5007766	357
12	354102	5013624	514	**59**	358252	5007814	277
13	354140	5013613	206	**60**	358094	5008028	3658
14	354361	5013671	1746	**61**	357935	5008097	370
15	354469	5013626	1748	**62**	357894	5007956	295
16	354344	5013510	26045	**63**	357867	5007917	816
17	354649	5013345	33223	**64**	357828	5007953	1024
18	354965	5013112	66795	**65**	357762	5007947	1692
19	355359	5013331	1045	**66**	357689	5008026	914
20	356000	5013434	20812	**67**	357681	5008059	444
21	356137	5013287	6976	**68**	357697	5008138	1539
22	356156	5013129	897	**69**	357750	5008184	440
23	356310	5013148	518	**70**	357651	5008364	1194
24	356396	5013052	742	**71**	357560	5008340	512
25	355389	5012910	7077	**72**	357534	5008265	356
26	355548	5012819	25288	**73**	357513	5008380	6088
27	356139	5012681	685	**74**	357565	5008459	1244
28	355796	5012575	2980	**75**	357425	5008402	210
29	356405	5012708	1998	**76**	357543	5008522	833
30	356310	5012623	1011	**77**	357169	5008782	297
31	356268	5012592	600	**78**	356728	5009666	31543
32	356042	5012247	60711	**79**	356505	5009642	2533
33	356177	5012078	501	**80**	356388	5009789	29103
34	357884	5012057	984	**81**	355905	5009877	2507
35	358084	5011966	1930	**82**	355779	5010158	1944
36	358141	5011946	994	**83**	355698	5010175	2336
37	358137	5011873	824	**84**	354557	5011606	1760
38	358310	5011862	1070	**85**	354385	5011699	1239
39	358354	5011714	12531	**86**	354291	5011769	460
40	358716	5011176	115358	**87**	354206	5011789	338
41	358795	5011456	174	**88**	354257	5012066	18785
42	358799	5011434	325	**89**	354157	5012278	621
43	359115	5010809	3912	**90**	354114	5012385	1073
44	359558	5009798	234387	**91**	354075	5012428	1460
45	360314	5008293	97810	**92**	354032	5012403	250
46	360445	5008196	10464	**93**	354013	5012369	263
47	360613	5007858	1342	**94**	353999	5012487	244

Kutovi nagiba odlaganja materijala sipara ovise o parametrima kao što su duljina transporta nanosa, nagib površine terena na kojemu se sipar taloži, veličina i uglatost blokova. U porječju Dubračine su definirani pomoću 24 profilne linije na kojima je nagib određen kako je opisano u poglavlju 5.3.1. Prostorna distribucija profilnih linija prikazana je u prilogu 16.

Od ukupno 24 linije, njih 19 se nalazi na karbonatnom grebenu koji izgrađuje sjeveroistočni rub porječja gdje udio površine sipara u ukupnoj površini sipara iznosi 85,8 %, dok se pet linija nalazi na karbonatnom grebenu koji izgrađuje jugozapadni rub porječja gdje udio u ukupnoj površini sipara iznosi 20,8 %. Lokacije profilnih linija određene su slučajnim odabirom.

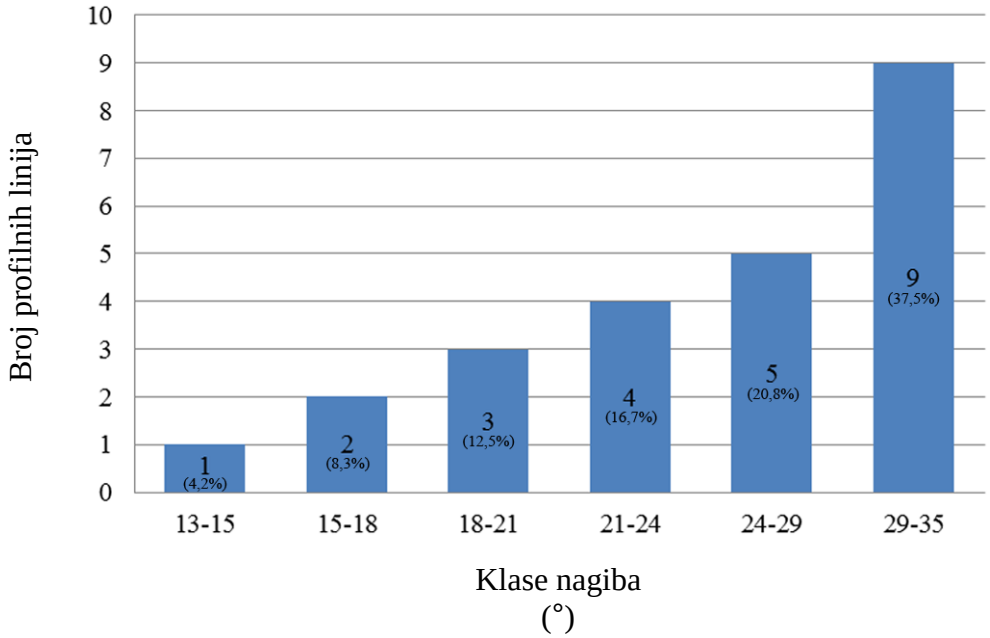
U tablici 6-8 prikazani su rezultati mjerenja kuta generalnog nagiba odlaganja na profilnim linijama.

Tablica 6-8. Rezultati mjerenja kutova generalnog nagiba odlaganja materijala na profilnim linijama prikazanima u prilogu 19 na karti sipara.

ID broj profila	ID broj sipara	Visinska razlika početka i kraja profila (m)	Tlocrtna duljina profila (m)	Stvarna duljina profila niz padinu (m)	Kut odlaganja (°)
1	16	23	53	58	23
2		56	160	170	19
3	17	58	153	164	21
4	18	70	304	312	13
5	26	61	198	207	17
6	20	156	257	301	31
7	32	111	321	340	19
8	40	50	100	112	27
9		133	193	234	35
10		73	123	143	31
11	44	112	356	373	17
12		68	120	138	30
13	45	84	141	164	31
14		82	144	166	30
15		78	112	136	35
16	49	98	148	178	34
17		179	442	477	22
18		104	157	188	34
19	50	67	128	144	28
20	56	73	149	166	26
21	55	50	117	127	23
22	78	62	125	140	26
23	80	83	174	193	26
24	88	33	91	97	20

Dobiveni nagibi su u rasponu od 13° do 35°. Srednja vrijednost iznosi 26° uz standardnu devijaciju od 6°. Distribucija broja profilnih linija s obzirom na klase generalnog

nagiba prikazana je slikom 6-21. Iz slike je vidljivo da se 14 linija (58,3 %) nalazi na kutovima odlaganja u rasponu od 24° do 35°.



Slika 6-21. Raspodjela broja profilnih linija od ukupno 24, po klasama kutova generalnog nagiba odlaganja materijala sipara.

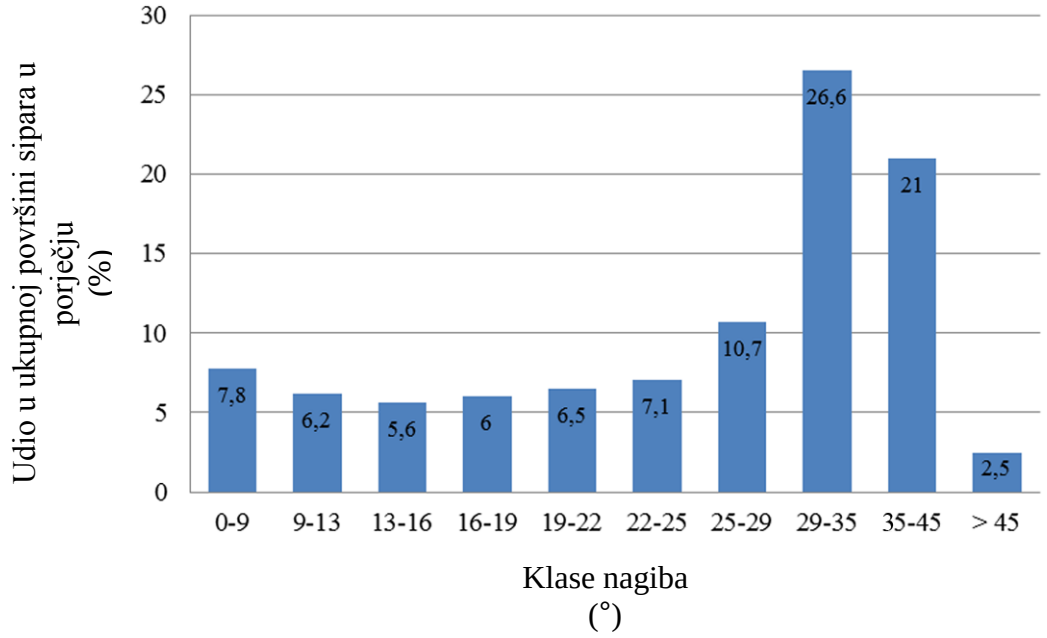
Ako se analiziraju nagibi u sklopu poligona sipara pomoću digitalnog modela terena, što je prikazano slikom 6-22, može se primijetiti da najveći udio ima klasa nagiba od 29° do 35°, odnosno ista klasa koja ima najveći udio i na slici 6-21, koja se odnosi na kutove generalnog nagiba odlaganja materijala, što znači da unutar siparnog tijela dominiraju nagibi koji se pojavljuju i kao dominantni generalni nagibi odlaganja.

Ovdje treba istaknuti nagibe manje od 13° i veće od 35° koji se ne pojavljuju kao kutovi odlaganja materijala, a njihov udio u tijelu sipara je znatan i iznosi 37,5 %. Navedeno se može objasniti sljedećim:

1) tijela sipara mjestimično su presječena asfaltiranim prometnicama što ide u prilog povećanju udjela malih nagiba,

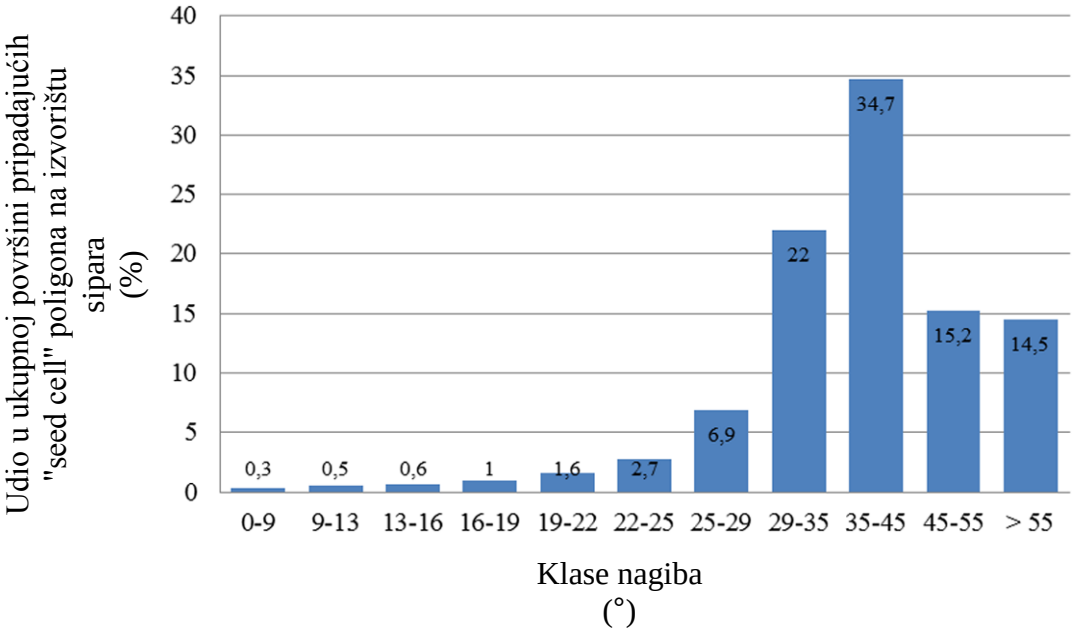
2) zasijecanja padine u svrhu izgradnje prometnice dovode do povećanja udjela nagiba koji su veći od 35° što se odnosi na površine kosina zasjeka i površine kosina nasipa,

3) sipar kao sedimentno tijelo, s granulometrijskog aspekta, izgrađeno je od šljunka, kršja i blokova koji mjestimično mogu imati i više metarske dimenzije. Zbog visoke rezolucije modela terena u samom tijelu sipara, logično je očekivati određeni udio velikih i malih nagiba, što je posljedica blokovske građe površine terena koja nije zaglađena kao što je to u većini slučajeva s površinama koje izgrađuju tla frakcije šljunka i manje.



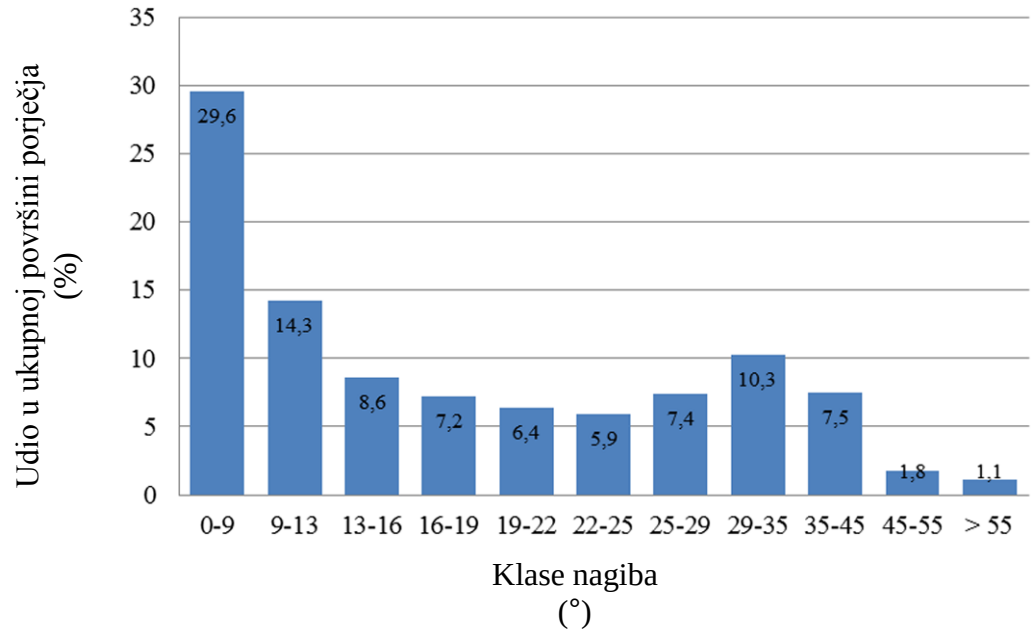
Slika 6-22. Raspodjela površine sipara u porječju po klasama nagiba.

Na slici 6-23 su prikazani udjeli klasa nagiba u sklopu "seed cell" poligona sipara širine 25 m koji se nalaze na izvorištu materijala, koje će nakon trošenja, transporta fragmenata i njihova taloženja, tvoriti tijelo sipara. Iz slike je vidljivo da u "seed cell" poligonima sipara dominiraju nagibi koji su jednaki ili veći od 35°, čiji udio iznosi 64,4 %. Navedeno je u skladu s očekivanjima i odražava ono što se može primijetiti i terenskim radom, a to je da se materijal sipara koji se nalazi u podnožjima litica, dominantno derivira s većih nagiba od onih na kojima se odlaže (slika 6-21) i koji se nalaze u sklopu poligona sipara (slika 6-22).



Slika 6-23. Raspodjela površine "seed cell" poligona na izvorištu sipara širine 25 m po klasama nagiba.

Da bi se relativno procijenio utjecaj nagiba terena u kontekstu podložnosti odronjavanju, površina cijelog porječja reklasificirana je na iste klase nagiba sa slike 6-23, a rezultati su prikazani slikom 6-24.



Slika 6-24. Raspodjela površine porječja Dubračine po klasama nagiba terena.

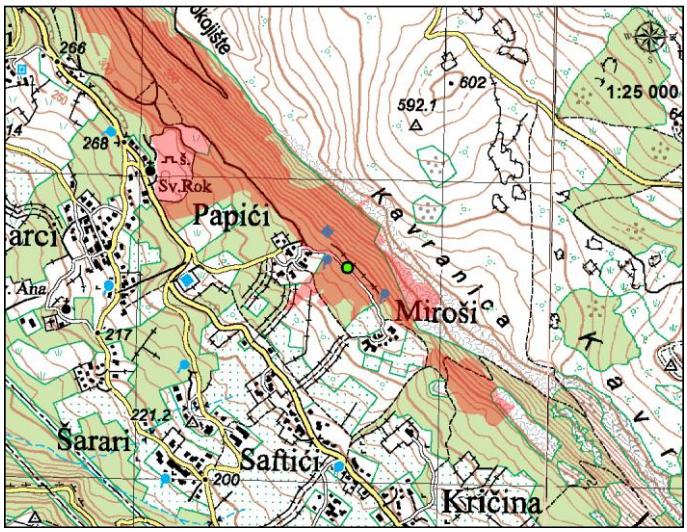
Uspoređujući histograme prikazane slikama 6-23 i 6-24, može se zaključiti sljedeće:

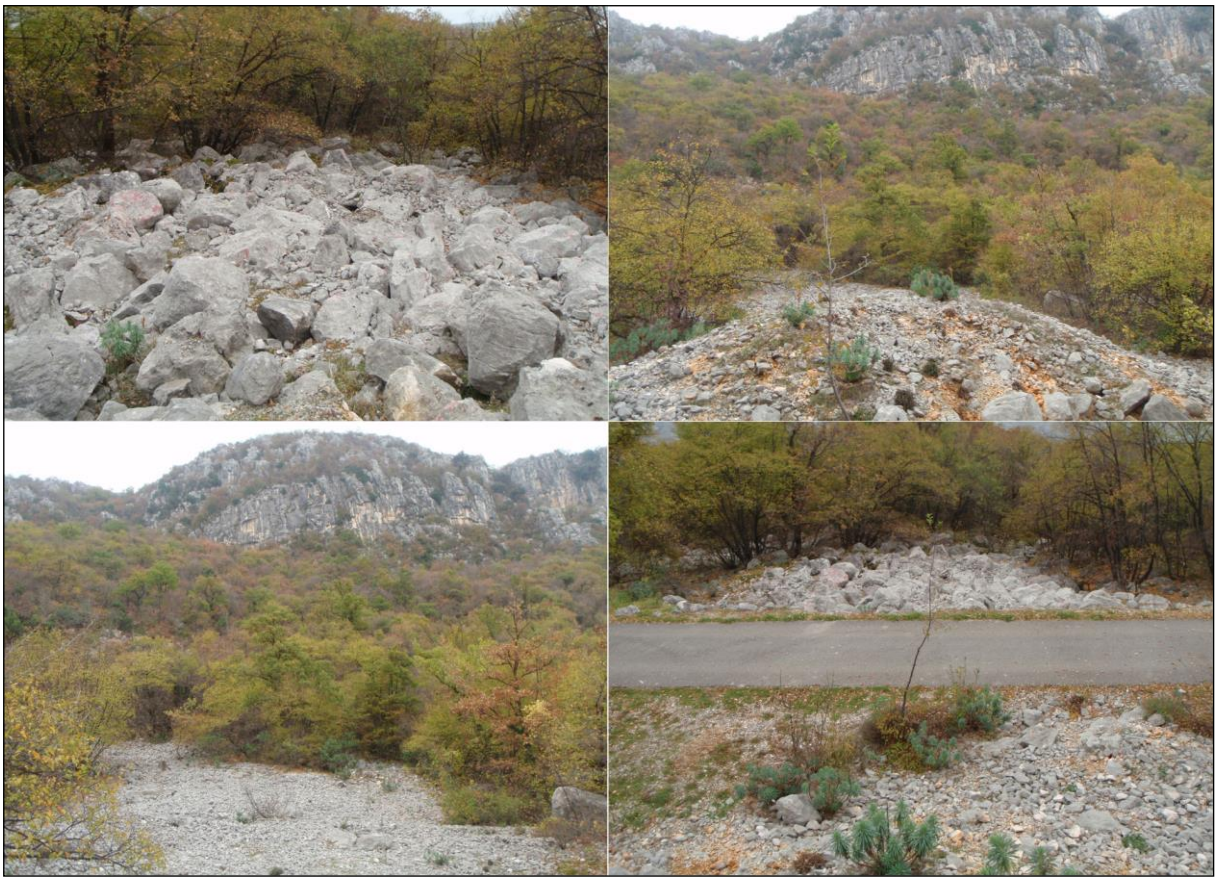
1) udio površine s nagibima padine do 22°, u sklopu "seed cell" poligona sipara iznosi svega 4 %, dok za cijelo porječje, udio površine s nagibima do 22° iznosi 66,1 %,

2) udio površine s nagibima padine od 35° ili većim, u sklopu "seed cell" poligona sipara iznosi 64,4 %, dok za cijelo porječje, udio površine s istim rasponom nagiba iznosi 10,4 %,

3) navedeno ukazuje da se odronjavanja događaju s nagiba terena koji uopće nisu karakteristični za porječje Dubračine, već se to događa sa specifičnih nagiba terena koji se nalaze na izvorištima sipara, što ide u prilog nagibu kao utjecajnom faktoru odronjavanja na području istraživanja.

Na slici 6-25 prikazan je dio sipara snimljen s asfaltirane ceste u zaseoku Miroši.





Slika 6-25. Sipar snimljen sa asfaltirane ceste u zaseoku Miroši. Položaj snimanja je prikazan na TK 25 zelenom točkom. Na istoj karti crvenom bojom je označena granica siparnog tijela kartirana u mjerilu 1 : 5 000.

6.2. Rezultati laboratorijskih istraživanja

U ovom poglavlju su prezentirani rezultati laboratorijskih istraživanja uzoraka koji su prikupljeni u porječju Dubračine tijekom terenskog rada. Analize su obavljene u sljedećim laboratorijima:

1) Laboratorij za mehaniku tla i stijene Fakulteta građevinarstva, arhitekture i geodezije Sveučilišta u Splitu,

2) Laboratorij za mehaniku tla i stijene tvrtke Institut IGH d.d.,

3) Laboratorij za mehaniku tla tvrtke Geokon-Zagreb d.d.,

4) Laboratorij za mehaniku tla i stijene tvrtke Geotehnički studio d.o.o.,

5) Laboratorij Zavoda za mineralogiju, petrologiju i mineralne sirovine Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu,

6) Analitički laboratorij Zavoda za opću proizvodnju bilja Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

U svrhu istraživanja, u gore spomenutim laboratorijima obavljene su sljedeće analize:

1) određivanje granulometrijskog sastava tla (laboratorij Zavoda za mineralogiju, petrologiju i mineralne sirovine Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu),

2) određivanje koncentracije iona natrija, kalija, kalcija i magnezija u ekstraktu tla (analitički laboratorij Zavoda za opću proizvodnju bilja Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu),

3) određivanje Atterbergovih granica tla (laboratorij za mehaniku tla i stijene Fakulteta građevinarstva, arhitekture i geodezije Sveučilišta u Splitu; laboratorij za mehaniku tla i stijene tvrtke Geotehnički studio d.o.o.),

4) određivanje Mohr-Coulomb-ovih parametara čvrstoće tla (kohezija i kut unutarnjeg trenja, laboratorij za mehaniku tla tvrtke Geokon-Zagreb d.d; laboratorij za mehaniku tla i stijene tvrtke Institut IGH d.d.),

5) određivanje modela trošenja uzorka nakon procesa "sušenje-vlaženje" (laboratorij za mehaniku tla i stijene Fakulteta građevinarstva, arhitekture i geodezije Sveučilišta u Splitu; laboratorij za mehaniku tla tvrtke Geokon-Zagreb d.d.),

6) određivanje mineralnog sastava frakcije praha i gline (laboratorij Zavoda za mineralogiju, petrologiju i mineralne sirovine Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu),

7) određivanje aktivnosti gline (izvedena veličina, kao ulazni podaci se koriste Atterbergove granice i udio frakcije gline).

6.2.1. Granulometrijski sastav pokrivača

Određivanje granulometrijskog sastava pokrivača na način kako je opisano u poglavlju 5.2, imalo je za cilj prikupiti podatke koji će omogućiti izradu faktorskih karata udjela pojedinih frakcija u pokrivaču. Prostorno preklapanje tih karata s kartama inženjerskogeoloških procesa koji se istražuju, omogućava diskusiju o eventualnoj prostornoj povezanosti registriranog procesa i granulometrijskog sastava tla u kojem je proces nastao.

Položaj, koordinate uzorkovanja te dubina uzorkovanja za 121 uzorak, prikazani su u prilogu 2. U izradi karata korišteno je i 10 pomoćnih lokacija (uzoraka) čiji granulometrijski sastav je pretpostavljen na temelju prostorne blizine i terenski određene granulometrijske sličnosti s uzorcima poznatog sastava, a u svrhu prikupljanja što kvalitetnijih ulaznih podataka za potrebe prostornih analiza. Za klasifikaciju materijala korišten je ISO standard 14688-2:2004(E) (vidi poglavlje 5.3.2), a rezultati su prikazani u prilogu 17.

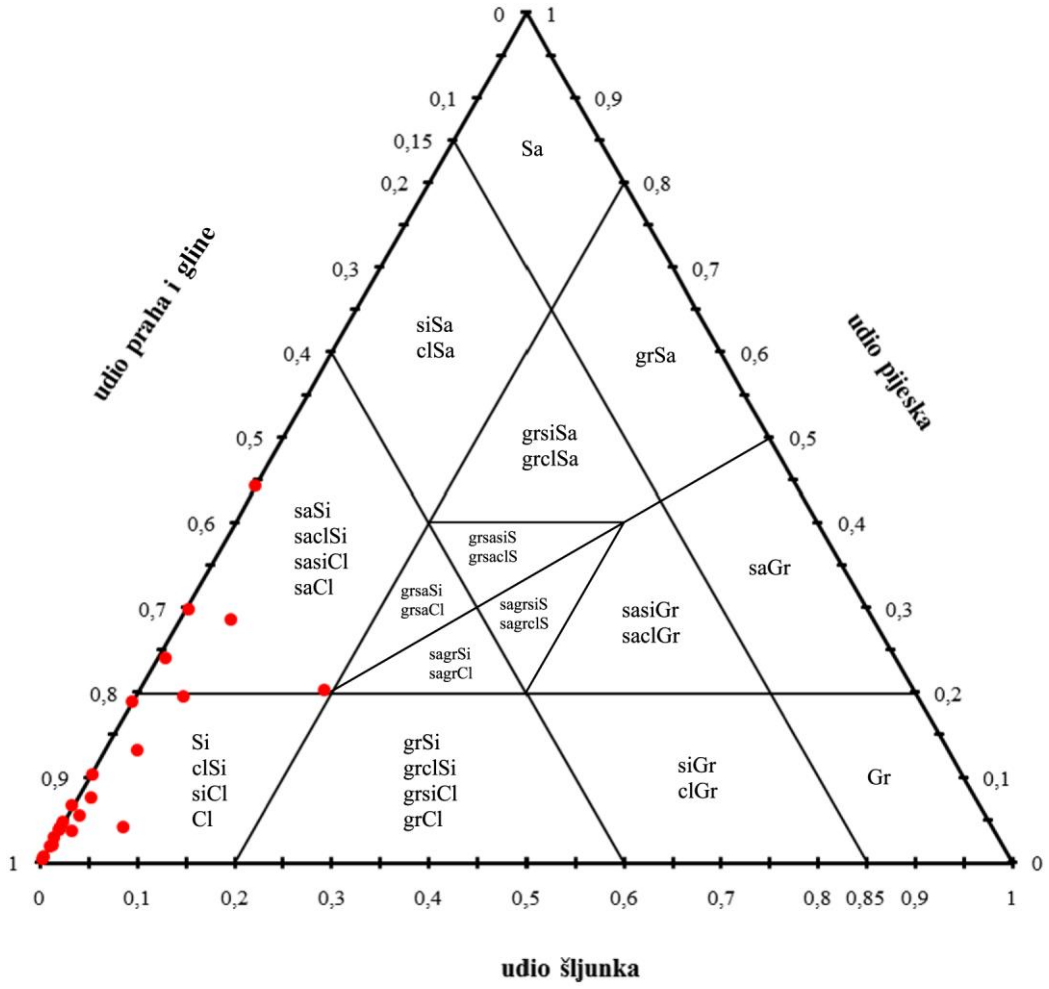
U tablici 6-9 prikazan je popis 10 pomoćnih uzoraka i pripadajućih 10 analiziranih uzoraka, na koje se pomoćni svojim granulometrijskim sastavom referiraju.

Tablica 6-9. Popis pomoćnih i pripadajućih analiziranih uzoraka na temelju kojih je definiran granulometrijski sastav pomoćnih.

Oznaka pomoćnog uzorka	Oznaka analiziranog uzorka
P1	T34
P2	T106, T107
P3	
P4	T34
P5	T86
P6	T118
P7	T101
P8	T78
P9	
P10	

Sistematizacijom podataka iz priloga 17 te uz nužnu pomoć terenskih zapažanja, može se zaključivati o prosječnom granulometrijskom sastavu pokrivača kao i o vjerojatnoj izvorišnoj stijeni.

Na slici 6-26 prikazan je klasifikacijski trokomponentni dijagram za uzorke koji se nalaze u sklopu litološke jedinice s ID brojem 5 (fliš, vidi tablicu 4-1), gdje su obrađena 23 uzorka.

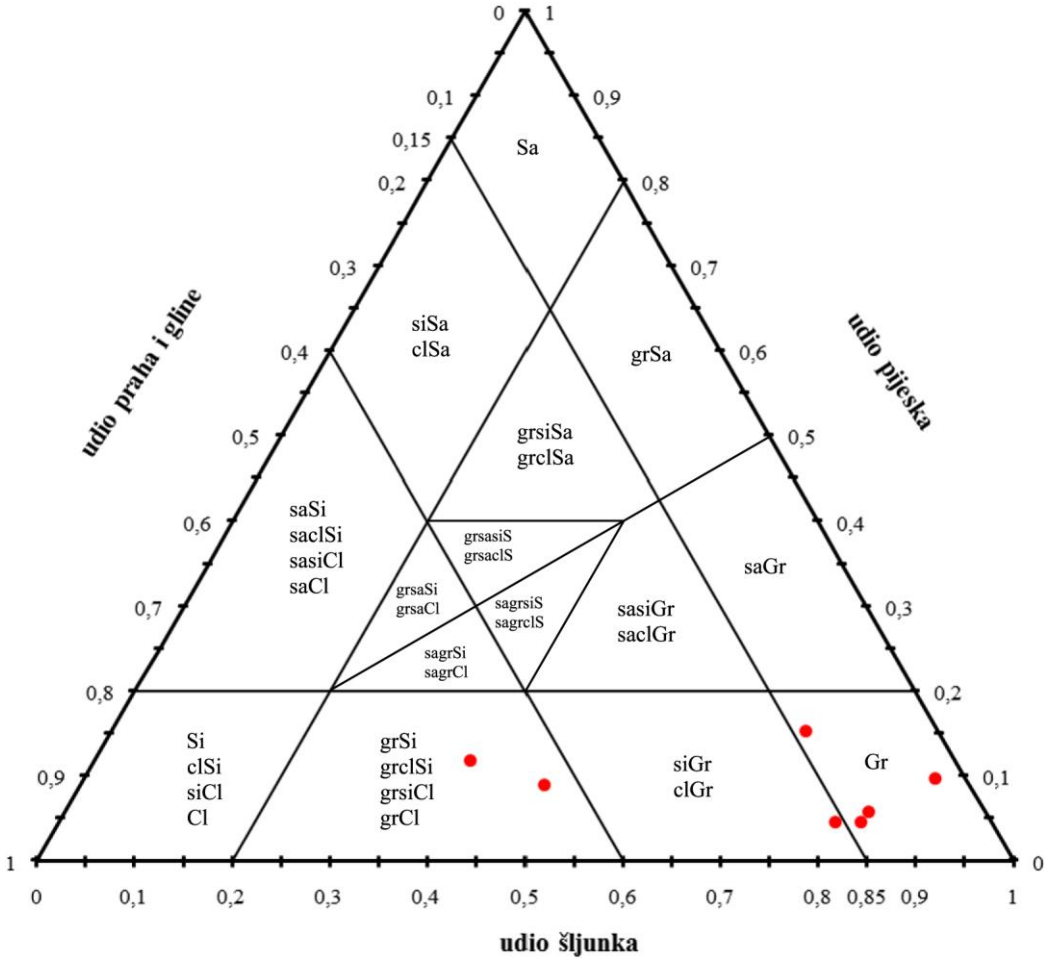


Slika 6-26. Klasifikacijski trokomponentni dijagram uzoraka iz pokrivača (N=23) uzetih u sklopu litološke jedinice s ID brojem 5 (fliš).

Prosječni granulometrijski sastav pokrivača koji je uzorkovan u sklopu litološke jedinice fliš, a koji proizlazi iz provedenih analiza je sljedeći: šljunak 1,96 %; pijesak 11,42 %; prah 54,64 % i glina 31,99 %. Prema korištenom ISO standardu, takvo tlo se klasificira kao prahovita glina (siCl). Iz dijagrama prikazanog slikom 6-26 je vidljivo da su sva uzorkovana tla sitnozrnata, u kojima maksimalni udio pijeska i šljunka prema analizama iznosi 44,35 %. Maksimalni udio šljunka je 19,04 % i uglavnom ga čine fragmenti pješčenjaka i biokalkrudita iz fliša, a vrlo rijetko i fragmenti vapnenca s čela navlake ili prisutnih olistolita vapnenca. Boja ovog tipa pokrivača varira u nijansama sive i svijetlo

smeđe. Sve navedeno implicira flišne sedimente kao dominantni izvor materijala koji izgrađuju pokrivač uzorkovan u sklopu litološke jedinice s ID brojem 5 (fliš).

Na slici 6-27 prikazan je klasifikacijski trokomponentni dijagram za uzorke pokrivača koji se nalaze u sklopu litološke jedinice s ID brojem 8 (vidi tablicu 4-1) stratigrafske oznake Q_{dpr1}, gdje je obrađeno sedam uzoraka.



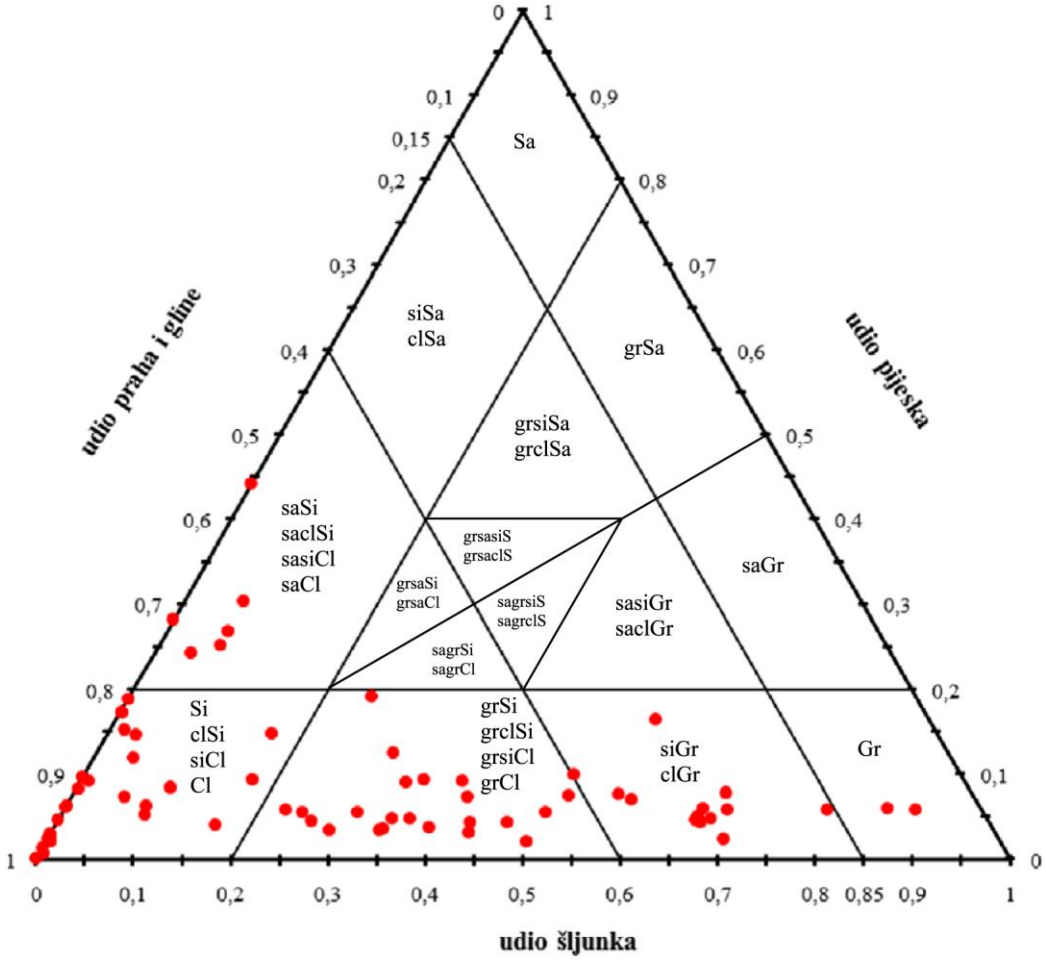
Slika 6-27. Klasifikacijski trokomponentni dijagram uzoraka iz pokrivača (N=7) uzetih u sklopu litološke jedinice s ID brojem 8 stratigrafske oznake Q_{dpr1}.

Sa slike 6-27 vidljivo je da pet uzoraka pripada krupnozrnatim, a dva uzorka sitnozrnatim tlima. Prosječni granulometrijski sastav krupnozrnatih uzoraka je sljedeći: šljunak 80,44 %; pijesak 8,02 %; prah 7,58 % i glina 3,95 %. Prema korištenom ISO standardu, takvo tlo se klasificira kao šljunak (Gr) uz napomenu da su terenskim kartiranjem mjestimično unutar ovakvog tipa tla, registrirani i blokovi dimenzija nekoliko decimetara. Prosječni granulometrijski sastav dva sitnozrnata uzorka je sljedeći: šljunak 43,05 %; pijesak

10,37 %; prah 25,63 % i glina 20,97 %, što tlo klasificira kao šljunkovito glinoviti prah (grclSi).

Ovakav tip pokrivača deriviran je trošenjem karbonatne stijenske mase i u većini slučajeva se radi o šljunku. Fragmenti šljunka odgovaraju vapnencima čela navlake, a sitnozrnata komponenta je slična *terra rossa*-i, koja vrlo rijetko može i dominirati nad krupnozrnatom frakcijom.

Na slici 6-28 prikazan je klasifikacijski trokomponentni dijagram za uzorke pokrivača koji se nalaze u sklopu litološke jedinice s ID brojem 9 (vidi tablicu 4-1) stratigrafske oznake Q_{dpr2}, gdje je obrađeno 70 uzoraka.



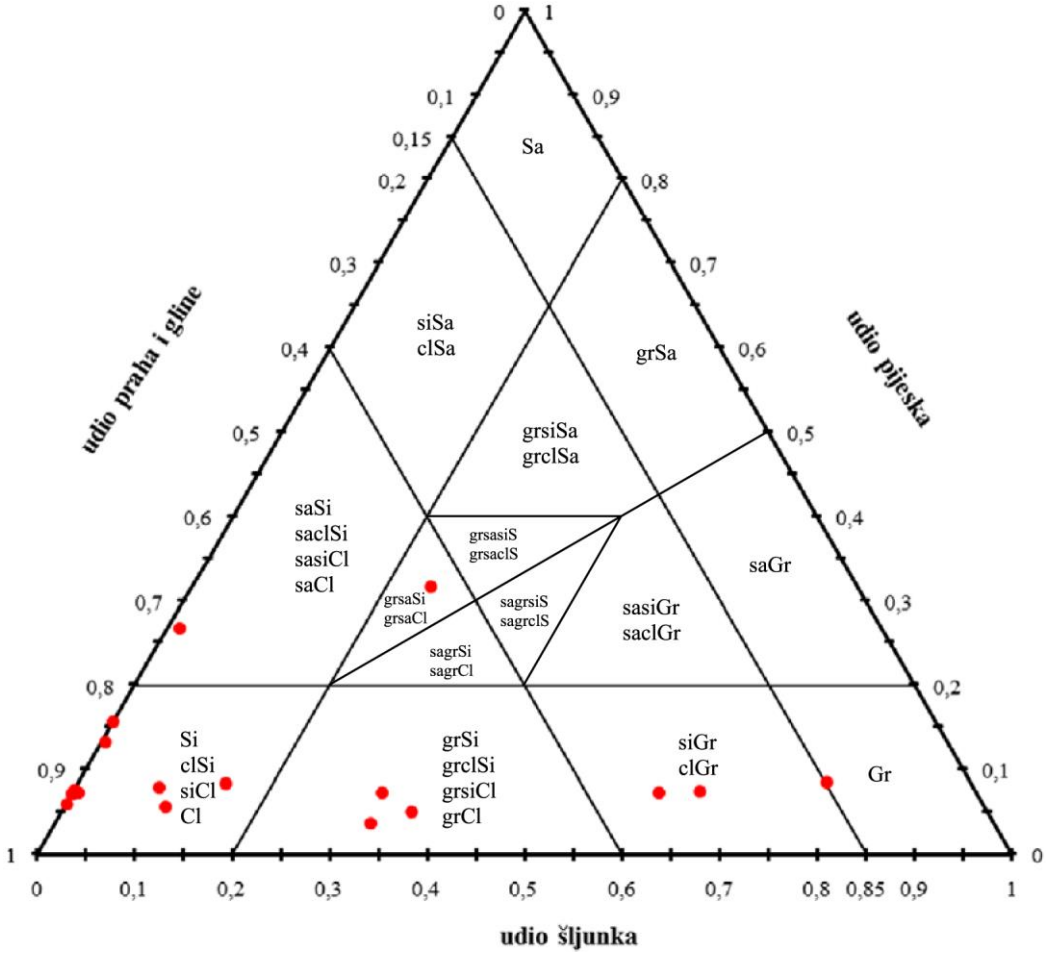
Slika 6-28. Klasifikacijski trokomponentni dijagram uzoraka iz pokrivača (N=70) uzetih u sklopu litološke jedinice s ID brojem 9, stratigrafske oznake Q_{dpr2}.

Sa slike 6-28 vidljivo je da 15 uzoraka pripada krupnozrnatim, a 55 uzoraka sitnozrnatim tlima. Prosječni granulometrijski sastav krupnozrnatih uzoraka je sljedeći: šljunak 66,84 %, pijesak 6,75 %, prah 13,71 % i glina 12,70 % što tlo klasificira kao

prahoviti šljunak (siGr). Prosječni granulometrijski sastav sitnozrnatih uzoraka je sljedeći: šljunak 16,54 %, pijesak 9,68 %, prah 44,24 % i glina 29,54 %, što tlo klasificira kao prahovitu glinu (siCl).

Šljunci utvrđeni analizama unutar ove litološke jedinice nastali su trošenjem karbonatne stijenske mase. Fragmenti šljunka izgrađeni su od vapnenaca s čela navlake, a sitnozrnata komponenta je slična *terra rossa*-i. Prahovi i gline u sklopu ove jedinice miješanog su porijekla, mjestimično su dominantno nastali trošenjem fliša, a mjesitimično dominantno trošenjem karbonata, što se odnosi i na sitnozrnatu i na krupnozrnatu komponentu tla.

Na slici 6-29 prikazan je klasifikacijski trokomponentni dijagram za uzorke pokrivača koji se nalaze u sklopu litološke jedinice s ID brojem 10 (vidi tablicu 4-1) stratigrafske oznake Q_{dl}, gdje je obrađeno 18 uzoraka.

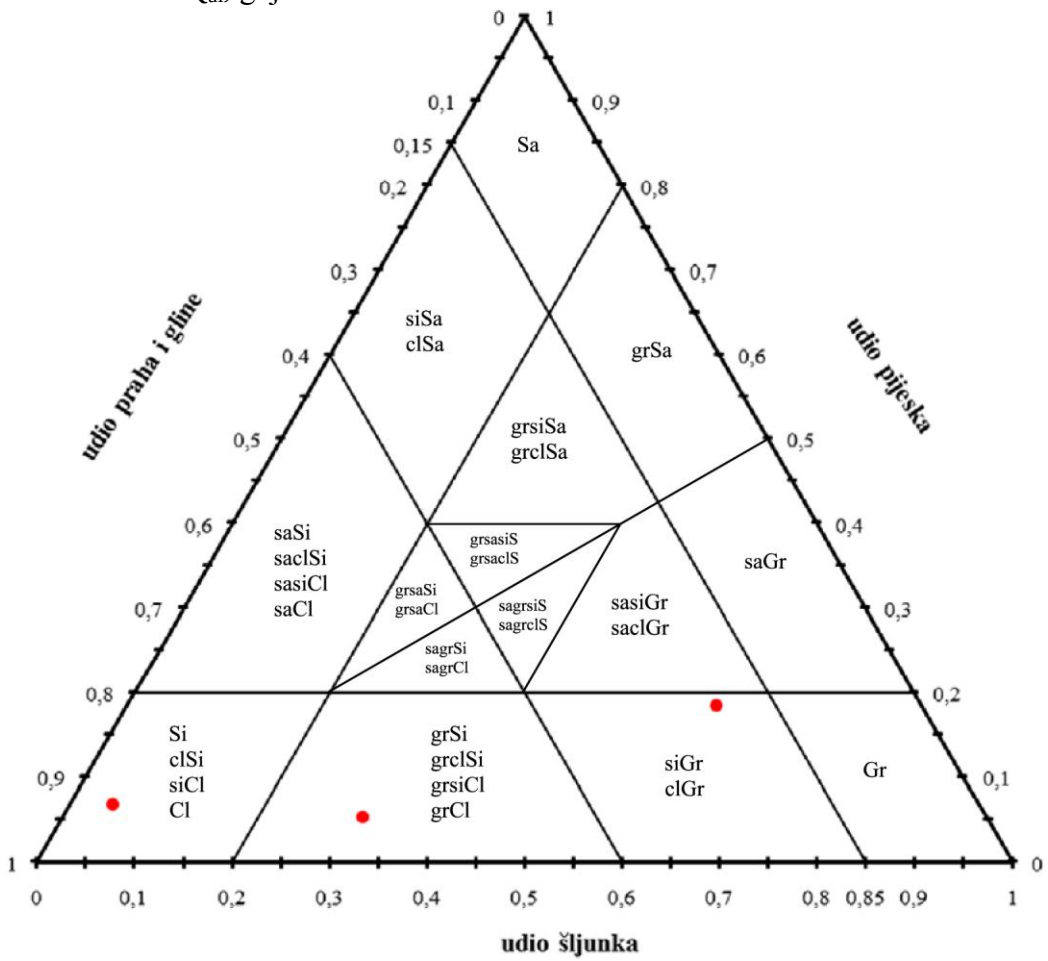


Slika 6-29. Klasifikacijski trokomponentni dijagram uzoraka iz pokrivača (N=18) uzetih u sklopu litološke jedinice s ID brojem 10, stratigrafske oznake Q_{dl}.

Sa slike 6-29 vidljivo je da tri uzorka pripadaju krupnozrnatim, a 15 uzoraka sitnozrnatim tlima. Prosječni granulometrijski sastav krupnozrnatih uzoraka je sljedeći: šljunak 67,11 %, pijesak 7,75 %, prah 11,58 % i glina 13,56 % što tlo klasificira kao glinoviti šljunak (clGr). Prosječni granulometrijski sastav sitnozrnatih uzoraka je sljedeći: šljunak 10,77 %, pijesak 10,66 %, prah 46,11 % i glina 32,45 %, što tlo klasificira kao prahovitu glinu (siCl).

Šljunci utvrđeni analizama unutar ove litološke jedinice dominantno su nastali trošenjem karbonatne stijenske mase. Fragmenti šljunka izgrađeni su od vapnenaca s čela navlake, a sitnozrnata komponenta je slična *terra rossa*-i. U sklopu ove jedinice, gline su dominantno su nastale trošenjem fliša i može se reći da dominiraju unutar jedinice s ID brojem 10, dok su tla nastala trošenjem karbonata generalno bitno manje zastupljena.

Na slici 6-30 prikazan je klasifikacijski trokomponentni dijagram za uzorke pokrivača koji se nalaze u sklopu litološke jedinice s ID brojem 11 (vidi tablicu 4-1) stratigrafske oznake Q_{al}, gdje su obrađena 3 uzorka.



Slika 6-30. Klasifikacijski trokomponentni dijagram uzoraka iz pokrivača (N=3) uzetih u sklopu litološke jedinice s ID brojem 11, stratigrafske oznake Q_{al}.

Uvidom u prilog 17 i sliku 6-30 može se primjetiti da je jedan uzorak klasificiran kao prahoviti šljunak (siGr), a prosječni granulometrijski sastav preostala dva sitnozrnata uzorka je sljedeći: šljunak 17,62 %, pijesak 6,10 %, prah 50,01 % i glina 26,28 % što tlo klasificira kao prahovitu glinu (siCl).

Sedimenti aluvijalne ravnice koji izgrađuju ovu jedinicu, razlikuju se po svom granulometrijskom sastavu, ovisno o lokaciji u sklopu porječja. Gornji dio toka karakteriziraju sitnozrnata, a donji dio krupnozrnata tla. Istovremeno se, na temelju terenskih zapažanja, može pretpostaviti da u gornjem dijelu toka, unutar aluvijalnih sedimenata, prevladavaju materijali koji su nastali trošenjem fliša, a u donjem dijelu toka, trošenjem karbonata.

6.2.2. Koncentracije iona natrija, kalija, kalcija i magnezija u ekstraktu tla pokrivača

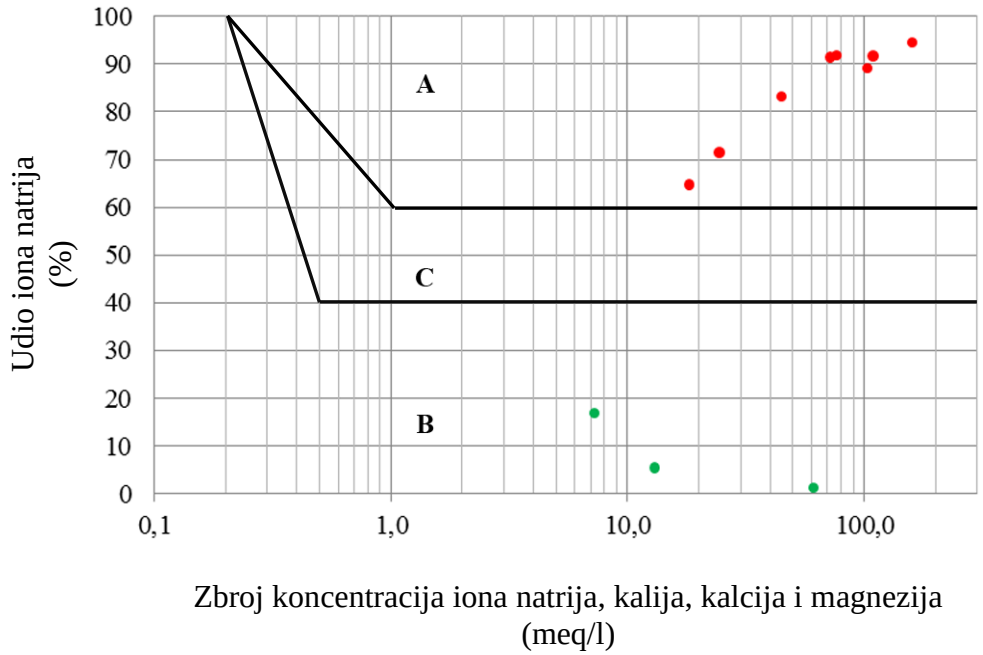
Određivanje koncentracije iona natrija, kalija, kalcija i magnezija u ekstraktu tla pokrivača na način kako je opisano u poglavlju 5.2, imalo je za cilj definirati dijelove porječja Dubračine koje karakteriziraju disperzivni materijali na površini. Kao i u prethodnom slučaju, prostorno preklapanje disperzivnih područja s kartama inženjerskogeoloških procesa koji se istražuju omogućava diskusiju o eventualnoj prostornoj povezanosti procesa i disperzivnosti. Osim navedenog, definiranje svojstva disperzivnosti tla kod granulometrijski vrlo sličnih materijala, omogućilo je usporedbu inženjerskih karakteristika tala koja se razlikuju po tome jesu li disperzivna.

Je li uzorak disperzivan, u laboratorijima se može odrediti na četiri načina koja su navedena u poglavlju 2.4. U ovom radu je korišten dijagram iz Sherard i dr. (1976) u koji su projicirane koncentracije iona iz ekstrakta tla prema normiranoj metodi, a ne iz porne vode tla, kako je opisano u Sherard i dr. (1976). Koncentracije iona su određene na način kako je opisano u poglavlju 5.2, a definiranje svojstva disperzivnosti određeno je prema slici 5-10. Kako disperzivnost ovisi o udjelu koncentracije natrija u zbroju koncentracija natrija, kalija, kalcija i magnezija, bilo je potrebno definirati na manjem broju uzoraka koja je to koncentracija natrija u porječju Dubračine nakon koje se tlo ponaša disperzivno, da bi se na temelju tako dobivene koncentracije natrija zaključivalo o disperzivnosti materijala koji nemaju definirane koncentracije preostala tri iona, već samo natrija.

U svrhu određivanja koncentracije sva četiri iona u ekstraktu tla pokrivača, prikupljeno je 11 uzoraka s isto toliko lokacija. Položaj, koordinate uzorkovanja te dubine uzorkovanja za tih 11 uzoraka prikazani su u prilogu 3, a rezultati u tablici 6-10 i slikom 6-31.

Tablica 6-10. Rezultati određivanja koncentracija iona natrija, kalija, kalcija i magnezija u ekstraktu tla pokrivača. Zelenom bojom su označeni nedisperzivni, a crvenom bojom disperzivni uzorci.

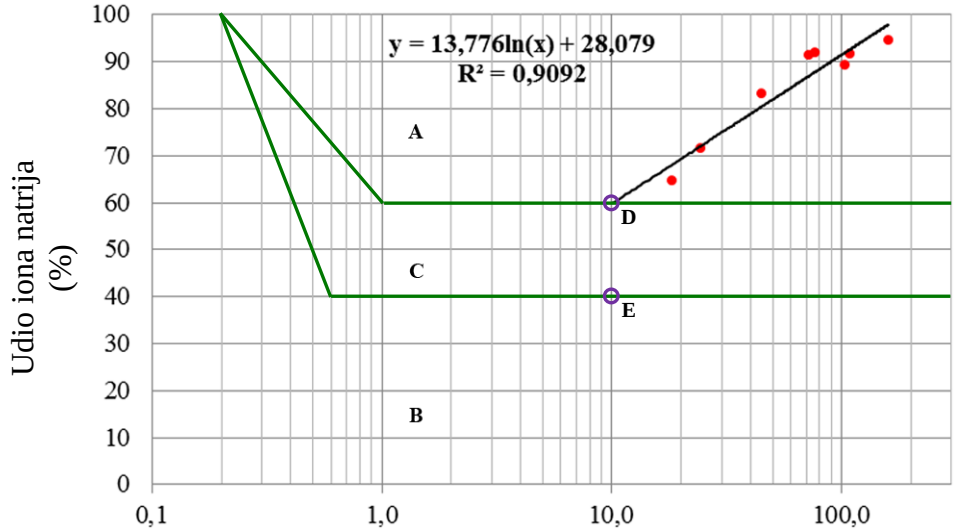
Oznaka uzorka	Na+		K+		Ca++		Mg++		Suma koncentracija	Udio Na+ u sumi (%)
	ppm	meq/l	ppm	meq/l	ppm	meq/l	ppm	meq/l	meq/l	
T1	28	1,22	5	0,13	79	3,94	24	1,97	7,26	16,77
T2	1613	70,16	39	1,00	48	2,40	35	2,88	76,43	91,79
T3	16	0,70	51	1,30	127	6,34	57	4,69	13,03	5,34
T4	3474	151,11	61	1,56	113	5,64	19	1,56	159,87	94,52
T5	1511	65,72	43	1,10	53	2,64	29	2,39	71,86	91,47
T6	17	0,74	69	1,76	1033	51,55	84	6,91	60,97	1,21
T7	272	11,83	33	0,84	76	3,79	22	1,81	18,28	64,73
T8	2298	99,96	58	1,48	92	4,59	36	2,96	108,99	91,71
T9	2111	91,82	63	1,61	103	5,14	54	4,44	103,02	89,13
T10	401	17,44	35	0,90	52	2,59	42	3,46	24,39	71,52
T11	855	37,19	47	1,20	61	3,04	40	3,29	44,73	83,15



Slika 6-31. Dijagram prema Sherard i dr. (1976) pomoću kojega je određeno je li uzorak disperzivan. Uzorci u zoni A su disperzivni, u zoni B nedisperzivni, a u zoni C moguće disperzivni. U dijagram su prikazani rezultati iz tablice 6-12 gdje su zelenom točkom označeni nedisperzivni, a crvenom disperzivni uzorci.

Disperzivni uzorci iz tablice 6-10, odnosno slike 6-31, poslužili su za formiranje pravca trenda, odnosno jednadžbe koja najbolje opisuje korelacijski odnos udjela koncentracije iona natrija u zbroju koncentracija iona natrija, kalija, kalcija i magnezija (slika

6-32). Istim trendom je taj pravac produljen do linije koja dijeli zonu A i C. Ta točka je imenovana točkom D. Projekcijom točke D na liniju koja dijeli zonu C i B, dobije se točka E. Točke D i E, kako se predlaže, definiraju granične koncentracije iona natrija u odnosu na pripadajući zbroj, pomoću kojih je u porječju Dubračine određena koncentracija iona natrija koja dijeli nedisperzivne i moguće disperzivne materijale (točka E) kao i koncentracija koja dijeli moguće disperzivne i disperzivne materijale (točka D). Opisana konstrukcija prikazana je slikom 6-32 iz koje je očitana granična koncentracija iona natrija za točku D od 6 meq/l (138 ppm) i 4 meq/l (92 ppm) za točku E.



Slika 6-32. Konstrukcija točaka D i E za očitanje granične koncentracije iona natrija u pripadajućem zbroju koncentracija iona natrija, kalija, kalcija i magnezija, a na temelju pravca trenda koji proizlazi iz točaka disperzivnih uzoraka u dijagramu.

U cilju definiranja svojstva disperzivnosti tala u porječju Dubračine, osim 11 uzoraka iz tablice 6-10, prikupljeno je i analizirano još 109 uzoraka na kojima je određena koncentracija iona natrija u ekstraktu tla, a rezultati analiza svih 120 uzoraka su prikazani u tablici 6-11. Crvenom bojom su označeni disperzivni, a zelenom nedisperzivni uzorci. Moguće disperzivni uzorci nisu registrirani. Sukladno konstrukciji prikazanoj na slici 6-32, svi uzorci čija je koncentracija iona natrija veća od 138 ppm, smatrani su disperzivnima, a uzorci s koncentracijom iona natrija manjom od 92 ppm, smatrani su nedisperzivnima. Osim lokacija koje su uzorkovane i analizirane, za potrebe istraživanja korištena su i četiri pomoćna uzorka. Koncentracija iona natrija u njima je pretpostavljena na temelju laboratorijske analize

najbližeg uzorka, vizualne sličnosti mikrolokacije uzorka poznatog sastava i vizualnog dokaza disperzivnosti koja se manifestira kristalizacijom tenardita na površini, a u svrhu prikupljanja što kvalitetnijih ulaznih podataka za potrebe prostornih analiza.

Tablica 6-11. Rezultati određivanja koncentracije iona natrija u ekstraktu tla pokrivača. Analizirani uzorci imaju oznaku koja počinje slovom "T", a pomoćni uzorci oznaku koja počinje sa slovom "P". U zagradi oznake pomoćnog uzorka je oznaka analiziranog uzorka na koji se pomoćni uzorak referira. Crvenom bojom su označeni disperzivni, a zelenom nedisperzivni uzorci. Ljubičastom bojom su označeni uzorci iz tablice 6-10.

Oznaka uzorka	Koncentracija iona natrija (ppm)	Oznaka uzorka	Koncentracija iona natrija (ppm)	Oznaka uzorka	Koncentracija iona natrija (ppm)
T1	9,05	**T41**	12,8	**T81**	8,91
T2	20,1	**T42**	5,97	**T82**	7,28
T3	12,3	**T43**	9,06	**T83**	11,3
T4	12,5	**T44**	8,45	**T84**	12,7
T5	24,1	**T45**	11,1	**T85**	12,7
T6	13,3	**T46**	9,99	**T86**	10,1
T7	9,01	**T47**	11,6	**T87**	11,2
T8	12,1	**T48**	15,5	**T88**	13,5
T9	12,4	**T49**	12,1	**T89**	11,8
T10	11	**T50**	14,3	**T90**	7,77
T11	13,9	**T51**	2,55	**T91**	8,28
T12	12,9	**T52**	9,21	**T92**	12,1
T13	7,2	**T53**	15,7	**T93**	13,3
T14	19,2	**T54**	8,08	**T94**	13,3
T15	7,11	**T55**	13,1	**T95**	12,9
T16	11,4	**T56**	15,5	**T96**	22,8
T17	18,5	**T57**	11,3	**T97**	33,4
T18	28	**T58**	9,5	**T98**	778
T19	15,4	**T59**	8,72	**T99**	19,9
T20	13,6	**T60**	25,4	**T100**	8,59
T21	11,3	**T61**	2396	**T101**	11
T22	12,2	**T62**	1413	**T102**	8
T23	22,5	**T63**	1521	**T103**	15
T24	1613	**T64**	855	**T104**	9
T25	16	**T65**	1345	**T105**	8
T26	14,8	**T66**	18,1	**T106**	6
T27	15,3	**T67**	12,5	**T107**	4
T28	9,04	**T68**	9,98	**T108**	9
T29	8,1	**T69**	14,1	**T109**	18
T30	8,39	**T70**	11,2	**T110**	34
T31	11,4	**T71**	15,8	**T111**	14
T32	11	**T72**	11,7	**T112**	272
T33	10,8	**T73**	23,8	**T113**	2298
T34	20,6	**T74**	15,5	**T114**	2111
T35	9,58	**T75**	11,5	**T115**	401
T36	10,5	**T76**	17,2	**T116**	17
T37	14,5	**T77**	22,5	**T117**	855
T38	20,6	**T78**	9,15	**T118**	1511
T39	7,35	**T79**	9,18	**T119**	3474
T40	13	**T80**	14,8	**T120**	16
P1 (T87)	11,2	**P2 (T111)**	14	**P3 (T112)**	272
P4 (T115)	401				

Osnovna statistička obrada rezultata (pomoćni uzorci nisu uključeni) iz tablice 6-11 prikazana je u tablici 6-12.

Tablica 6-12. Osnovna statistička obrada rezultata mjerenja koncentracija iona natrija u ekstraktu tla pokrivača prikazanih u tablici 6-11.

Klasa	Minimalna vrijednost (ppm)	Maksimalna vrijednost (ppm)	Prosječna vrijednost (ppm)	Medijan (ppm)	Standardna devijacija (ppm)
Disperzivni uzorci	272	3474	1488,79	1462	869,21
Nedisperzivni uzorci	2,55	34	13,19	12,15	5,44

Na kartama u prilogu 18 prikazan je prostorni preklop lokacija disperzivnih uzoraka iz tablice 6-11 (pomoćni uzorci P3 i P4 su uključeni), poligona fliša i poligona ogolina u mjerilu 1 : 5 000. Iz karte je vidljivo sljedeće:

1) 10 od 16 disperzivnih uzoraka se nalazi u sklopu poligona fliša.
2) 13 od 16 disperzivnih uzoraka se nalazi u sklopu poligona ogolina.

Na temelju terenskog rada i karata u prilogu 18 može se zaključiti i pretpostaviti sljedeće:

1) disperzivnost u porječju Dubračine povezana je s flišom, odnosno tlima koja nastaju trošenjem flišnih sedimenata,
2) tla koja su nastala trošenjem fliša u porječju Dubračine, bez obzira na kojoj dubini se nalaze, u određenom broju slučajeva bi bila disperzivna tla,
3) disperzivni materijali koji se nalaze na površini ili plitko pod površinom, izravno utječu na pojavu prekomjerne erozije i s njom povezanog ogoljavanja.

Istraživačko bušenje nije bila jedna od metoda koje su primijenjene u ovom istraživanju tako da se ne može pouzdano odrediti kakva je distribucija koncentracije iona natrija po dubini, bez obzira pokazuje li ili ne pokazuje površina terena tragove disperzivnosti. U tom kontekstu dvije mikrolokacije su vrlo značajne na temelju kojih se može zaključivati o mogućoj pojavi disperzivnih materijala na većim dubinama i na lokacijama koje vizualno ne pokazuju tragove disperzivnosti kao što su prekomjerna erozija (ogoljavanje) te kristalizacija tenardita na površini. Radi se o čeonim pukotinama klizišta s ID brojevima 34 i 28.

Klizište s ID brojem 34 aktivirano je u razdoblju između kraja ožujka 2012. godine i kraja rujna 2014. godine što proizlazi iz činjenice da klizište ne postoji na visokorezolucijskom modelu terena, a uočeno je terenskim radom krajem rujna 2014. godine Mikrolokaciju čeone pukotine (slika 6-33) karakterizira glinoviti materijal nastao trošenjem fliša na površini, visoka i gusta vegetacija, (uglavnom bjelogorica i gusto grmlje), a tragova disperzivnosti prije nastanka klizišta nije bilo. Međutim, nakon aktivacije, stvorena je čeona pukotina s denivelacijom u terenu u rasponu od oko 1,5 do 2,5 m. Iz koluvija u dnu pukotine uzet je uzorak na dubini od 15 do 25 cm na kojemu su određene koncentracije iona natrija, kalija, kalcija i magnezija (uzorak T10 iz tablice 6-10, odnosno T115 iz tablice 6-11), a rezultati su pokazali da se radi o disperzivnom uzorku. Iako primarnu dubinu materijala koji je uzorkovan za analizu nije moguće definirati, ostaje činjenica da je mikrolokacija na razini mjerila 1 : 5 000 nakon pomaka mase na padini dokazano disperzivna, na što ništa nije upućivalo prije klizanja. To je jedini takav slučaj u sklopu provedenih istraživanja jer se na svim lokacijama gdje je kemijskom analizom utvrđena disperzivnost uzorka, i na površini terena mogu registrirati manifestacije disperzivnosti u vidu prekomjerne erozije (ogoljavanja) i/ili kristalizacije tenardita na površini.

Na osnovi jedne lokacije, generalizacija naravno nije moguća, ali navedeno upućuje na mogućnost pojave disperzivnih materijala na većim dubinama, a na lokacijama koje na površini ne pokazuju tragove disperzivnosti, što ima posljedice na pojavu klizanja i puzanja. Budući da je trošenje svježih flišnih sedimenata u podlozi izvor povećane koncentracije iona natrija u pornoj vodi, može se pretpostaviti da se disperzivni materijali mogu očekivati na bilo kojoj dubini pod uvjetom da je riječ o materijalima koji su nastali trošenjem fliša.

Slika 6-33. Čeona pukotina klizišta s ID brojem 34. U nožici pukotine je iz koluvija uzet uzorak koji je na temelju kemijske analize određen kao disperzivan.

U amfiteatru klizišta s ID brojem 28 (slika 6-34) su na čeonoj pukotini registrirani tragovi kristalizacije tenardita koji moguće ukazuju na prisutnost disperzivnih materijala, a mikrolokaciju također izgrađuju glinoviti materijali nastali trošenjem fliša kao i kod klizišta s ID brojem 34. Denivelacija u čelu uzrokovana klizanjem je u rasponu od oko 1,5 do 2,5 m, a bijeli mineral tenardit se nalazi na dubini od oko 1 m do 2,5 m. Za razliku od slučaja koji je prethodno opisan, na ovoj mikrolokaciji tenardit je kristalizirao na kliznoj plohi koja predstavlja intaktni dio padine, na temelju čega je pretpostavljeno postojanje disperzivnih materijala i na većim dubinama od onih koje su uzorkovane. U odnosu na prethodnu lokaciju, na ovoj lokaciji osim pojave tenardita na kliznoj plohi u čelu, postoje i ostali znakovi disperzivnosti u vidu ogolina koje su kartirane u blizini. Nažalost, ne može se pouzdano znati jesu li ogoline postojale i prije aktivacije klizanja za koju se ne zna kad se dogodila. Ako su ogoline postojale prije, to upućuje na to da su na površini terena postojali disperzivni materijali i prije klizanja, a ako ogoline nisu postojale prije aktivacije, to bi upućivalo na sljedeće: deformacije terena uzrokovane pomacima masa rezultirale su pojavom disperzivnih materijala na površini (kao i kod spomenute čeone pukotine) koji sada onemogućavaju razvoj vegetacije kakav bi bio da disperzivnih materijala nema. Naravno, moguća je i kombinacija navedenog što bi značilo da su i prije klizanja postojale naznake disperzivnosti na površini koje su pomacima dodatno potencirane.

Slika 6-34. Čeona pukotina klizišta s ID brojem 28. Na pukotini su registrirani tragovi kristalizacije tenardita na dubini od oko 1 m do 2,5 m koji nedvojbeno potvrđuju postojanje disperzivnih materijala i na većim dubinama od onih koje su uzorkovane.

Slika 6-34. nastavak

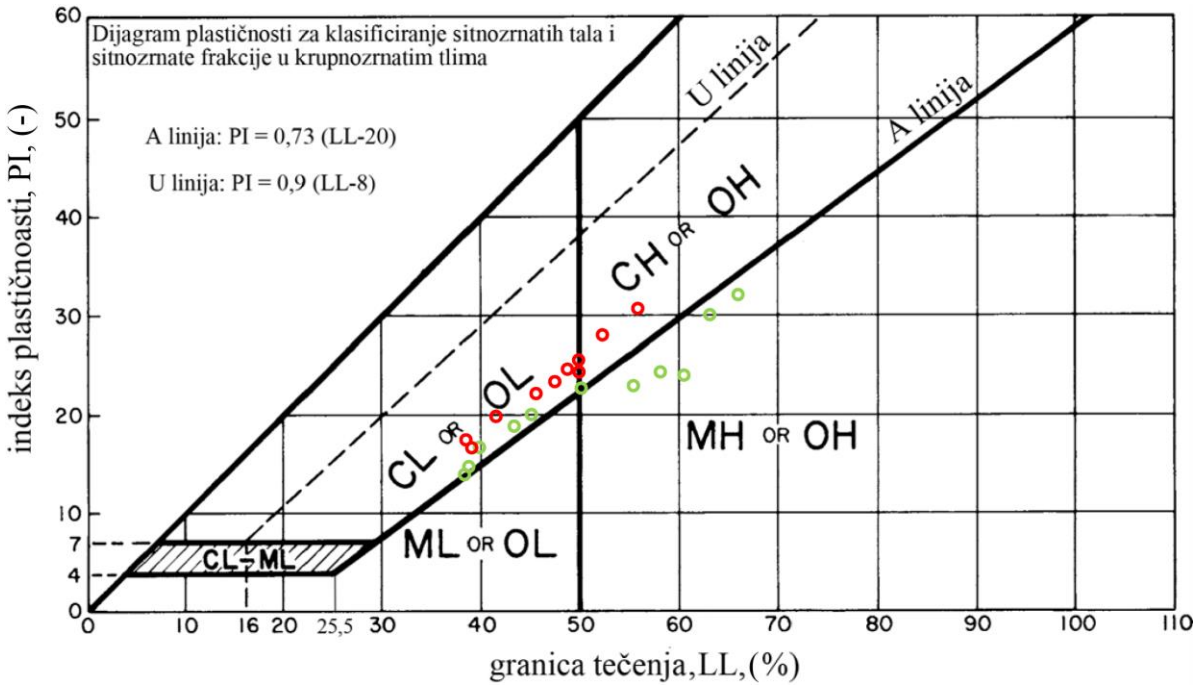
6.2.3. Atterbergove granice

Određivanje granica plastičnosti i tečenja (Atterbergove granice) imalo je za cilj definirati razlikuju li se disperzivni i nedisperzivni uzorci (koji su granulometrijski vrlo slični) prema tim granicama, odnosno, imaju li disperzivni materijali neku određenu klasu plastičnosti.

Ukupno je analiziran 21 uzorak sa isto toliko lokacija, 10 disperzivnih i 11 nedisperzivnih, a rezultati su prikazani u tablici 6-13 i na slici 6-35.

Tablica 6-13. Rezultati određivanja Atterbergovih granica disperzivnih i nedisperzivnih uzoraka koji su granulometrijski vrlo slični. Crvenom bojom su označeni disperzivni, a zelenom nedisperzivni uzorci.

Oznaka uzorka	Udio šljunka (%)	Udio pijeska (%)	Udio praha (%)	Udio gline (%)	ISO klasa	Na+ (ppm)	Granica plastičnosti (%)	Granica tečenja (%)	Indeks plastičnosti	ASTM klasa
T1	0,52	0,83	71,57	27,08	prahovita glina	33,4	22,96	39,58	16,62	CL
T2	6,43	4,19	57,27	32,11	prahovita glina	9,5	25,16	45,44	20,28	CL
T3	0	4,78	58,51	36,71	prahovita glina	855	22,44	39,2	16,76	CL
T4	0	2,01	50,05	47,94	glina	1521	24,11	52,28	28,17	CH
T5	0	3,88	55,32	40,8	glina	778	23,99	47,43	23,44	CL
T6	0,07	0,41	67,94	31,58	prahovita glina	13	24,06	38,8	14,75	CL
T7	0	0,72	64,46	34,82	prahovita glina	11	24,43	38,38	13,95	CL
T8	8,6	7,94	56,96	26,5	prahovita glina	14,8	33,63	58,08	24,45	MH
T9	0	3,89	62,83	33,28	prahovita glina	2139	24,03	48,75	24,71	CL
T10	8,18	6,34	52,9	32,58	prahovita glina	15,7	24,48	43,41	18,93	CL
T11	0	15,68	51,39	32,93	prahovita glina	12,4	36,36	60,49	24,13	MH
T12	0	3,04	60,14	36,82	prahovita glina	2396	23,41	45,64	22,23	CL
T13	0	2,49	63,72	33,79	prahovita glina	1511	20,98	38,52	17,55	CL
T14	0,18	8,36	60,28	31,18	prahovita glina	2298	25	55,85	30,85	CH
T15	0	1,46	61,74	36,8	prahovita glina	1345	21,65	41,58	19,93	CL
T16	0,15	5,99	56,52	37,34	prahovita glina	17,2	33,74	65,98	32,24	MH
T17	0,28	2,05	57,33	40,34	glina	855	24,24	49,87	25,63	CL
T18	0,45	2,15	55,64	41,76	glina	11,1	32,37	55,43	23,06	MH
T19	10,35	5,65	41,4	42,61	glina	9,06	32,91	63,11	30,2	MH
T20	0	3,11	59,72	37,17	prahovita glina	18,1	27,39	50,18	22,79	CH
T21	0	0,24	58,29	41,47	glina	2111	25,29	50,04	24,45	CH



Slika 6-35. Dijagram plastičnosti analiziranih uzoraka (vidi tablicu 6-14). Crvenom bojom su označeni disperzivni, a zelenom nedisperzivni uzorci.

Iz tablice 6-13 i slike 6-35 je vidljivo da se disperzivni materijali ne projiciraju u područje prahova, već isključivo u područje nisko i visokoplastičnih glina. Rasponi vrijednosti granica plastičnosti disperzivnih materijala koji su dobiveni u sklopu istraživanja na predmetnom području su od 20,98 % do 25,29 %, rasponi vrijednosti granica tečenja su od 39,2 % do 55,85 %, a rasponi indeksa plastičnosti su od 16,76 do 30,85.

Ako se preklope lokacije disperzivnih uzoraka s lokacijama bliskih uzoraka definiranog granulometrijskog sastava, može se primijetiti da su i granulometrijski, prema korištenom ISO standardu, svi uzorci određeni kao gline, osim jednog koji je klasificiran kao pjeskovito-glinoviti prah (prilog 19). Navedeno upućuje na zaključak da u sklopu područja istraživanja disperzivni materijali, niti granulometrijski niti prema plastičnosti, ne spadaju u prahove. Navedeno može biti povezano s različitim mineralnim sastavom frakcije praha u odnosu na frakciju gline, gdje se može pretpostaviti bitno manji udio minerala u frakciji praha koji bi bili izvor međuslojnog natrija, odnosno natrija u pornoj vodi tla o kojemu ovisi hoće li uzorak biti disperzivan.

6.2.4. Kohezija i kut unutarnjeg trenja tla

Kohezija i kut unutarnjeg trenja temeljni su parametri koje je nužno poznavati u sklopu geotehničkog projektiranja. Određivanje njihovih vrijednosti imalo je za cilj definirati razlikuju li se disperzivni i nedisperzivni uzorci, koji su granulometrijski vrlo slični, prema vrijednostima kohezije i kuta unutarnjeg trenja, odnosno je li moguće prema tim vrijednostima prepoznati disperzivne materijale u odnosu na nedisperzivne ili dolazi do njihovog podudaranja. U tu svrhu analizirano je devet uzoraka sa sedam lokacija, pet disperzivnih i četiri nedisperzivna. Rezultati su prikazani u tablici 6-14.

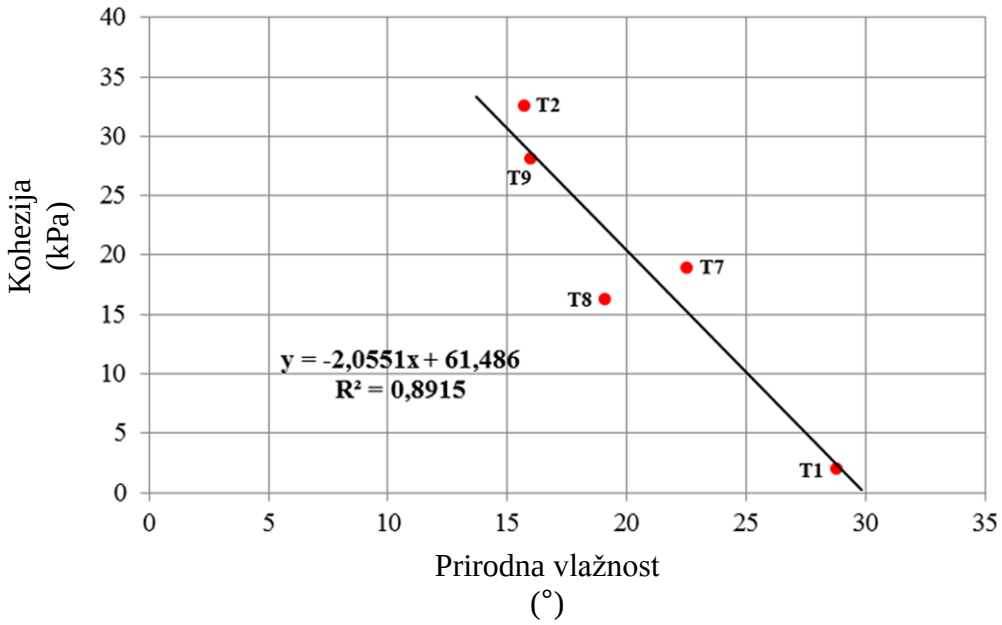
Tablica 6-14. Rezultati određivanja kohezije i kuta unutarnjeg trenja disperzivnih i nedisperzivnih uzoraka. Crvenom bojom su označeni disperzivni, a zelenom bojom nedisperzivni uzorci.

Oznaka uzorka	Udio šljunka (%)	Udio pijeska (%)	Udio praha (%)	Udio gline (%)	ISO klasa	Na+ (ppm)	Prirodna vlažnost (%)	Kohezija (kPa)	Kut unutarnjeg trenja (°)	Brzina smicanja (mm/min)
T1	0	3,89	62,83	33,28	prahovita glina	1613	28,79	2	24,2	0,01
T2	0	3,89	62,83	33,28	prahovita glina	1613	15,69	32,5	23,1	0,01
T3	0	3,11	59,72	37,17	prahovita glina	18,1	23,05	2	27,8	0,01
T4	0	7,19	55,59	37,22	prahovita glina	28	29,7	29,7	22,1	0,02
T5	0,45	2,15	55,64	41,76	glina	11,1	30,8	9,1	29,8	0,02
T6	0,66	7,28	51,81	40,25	glina	12,7	23,6	28	20,3	0,02
T7	0	4,78	58,51	36,71	prahovita glina	855	22,5	18,9	20,7	0,02
T8	0	3,04	60,14	36,82	prahovita glina	2396	19,1	16,2	24,2	0,02
T9	0	3,89	62,83	33,28	prahovita glina	1613	15,97	28,1	17,2	0,02

	Kohezija		Kut unutarnjeg trenja		Prirodna vlažnost	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Disperzivni uzorci (N=5)	2	32,5	17,2	24,2	15,69	28,79
Nedisperzivni uzorci (N=4)	2	29,7	20,3	29,8	23,05	30,8

Uvidom u rezultate prikazane u tablici 6-14 vidljivo je da se vrijednosti kohezije i kuta unutarnjeg trenja kod disperzivnih i nedisperzivnih materijala podudaraju. Oni značajno ovise o granulometrijskom sastavu tla zbog čega je na analizu trebalo dati što je moguće sličnije uzorke da bi rezultati bili usporedivi.

Generalno se može reći da povećanje prirodne vlažnosti kod prahova i glina, bez obzira na disperzivnost, uzrokuje redukciju parametara čvrstoće. Međutim, disperzivni uzorci iz tablice 6-14 pokazuju još jedan trend koji je u skladu s terenskim zapažanjima, a to je nagli i veliki gubitak kohezije s povećanjem vlažnosti (slika 6-36). Disperzivni uzorak oznake T2 ima vlažnost 15,69 % i koheziju 32,5 kPa, a disperzivni uzorak oznake T1 vlažnost 28,79 % i koheziju 2,0 kPa. Navedeno može objasniti vezu disperzivnosti kao jednog od faktora koji potenciraju slom tla na padini i nastanka klizišta jer uzrokuje redukciju parametra čvrstoće. Ogoline u porječju, koje su nastale kao posljedica prekomjerne erozije uzrokovane disperzivnošću materijala na površini, karakteriziraju brojni hupseri što je naročito karakteristično za ogolinu s ID brojem 5 u porječju Slanog potoka. Hupseri imaju amplitude od nekoliko desetaka centimetara, a pojavom kiše dolazi do njihove erozije i puzanja, ali i formiranja novih hupsera što je izravno povezano s gubitkom kohezije tla uzrokovanog povećanjem vlažnosti. Takvi procesi na terenima koje na površini izgrađuju nedisperzivne gline, nisu primijećeni.



Slika 6-36. Korelacija prirodne vlažnosti i kohezije disperzivnih materijala iz tablice 6-15.

6.2.5. Model trošenja uzorka nakon procesa sušenja-vlaženja

Materijali koji se u prirodi nalaze na površini ili plitko pod površinom su pod stalnim utjecajem sušenja i vlaženja što doprinosi njihovoj degradaciji. Ovisno o vrsti materijala koji je izložen tom procesu, proces trošenja moguće je pratiti u inženjerskom vremenu po čemu su u Hrvatskoj najpoznatiji lapori fliša eocenske starosti. U ovom radu su procesu sušenja-vlaženja u laboratoriju podvrgnute disperzivne i nedisperzivne gline u cilju definiranja otpornosti na spomenuti proces. Prikupljena su ukupno 44 uzorka s 10 lokacija, pola uzoraka su bili disperzivni, a druga polovica nedisperzivni materijali, odnosno na pet lokacija uzorkovanja su registrirani disperzivni, a na preostalih pet nedisperzivni materijali.

Ispitivanja su rađena u parovima na način da su istovremeno ispitivana po dva uzorka, jedan disperzivan i jedan nedisperzivan, što je omogućilo kvalitetno praćenje razlika u ponašanju materijala podvrgnutih ispitivanju. Prostorni položaj deset lokacija koje su uzorkovane je prikazan u prilogu 6. U tablici 6-15 su dani rezultati određivanja koncentracije iona natrija u ekstraktu tla s tih lokacija, pomoću koje je definirano radi li se o disperzivnim uzorcima. Osim navedenog, u istoj tablici su dane oznake uzoraka koje su korištene tijekom laboratorijskih ispitivanja kako bi se razlikovali disperzivni od nedisperzivnih materijala kao i granulometrijski sastav uzoraka. U cilju što kvalitetnije usporedbe, za laboratorijska ispitivanja su odabrani granulometrijski vrlo slični uzorci, kako bi se izbjegao utjecaj granulometrijskog sastava na rezultate ispitivanja. Disperzivni uzorci su označeni crvenom, a nedisperzivni zelenom bojom.

Rezultati ispitivanja u svrhu određivanja modela trošenja nakon procesa sušenje-vlaženje prikazani su u tablici 6-16, a razlike u ponašanju između disperzivnih i nedisperzivnih materijala, jasno su definirane već nakon samo jednog ciklusa, zbog čega nije bilo potrebe za daljnjim izvođenjem pokusa. Značenje rezultata s vrijednostima od 1 do 7 iz tablice 6-16 objašnjeno je u poglavlju 5.3.2. (slika 5-12). Karakteristične fotografije uzoraka disperzivnih i nedisperzivnih glina tijekom ispitivanja otpornosti na proces sušenja-vlaženja prikazane su u prilogu 20.

Tablica 6-15. Popis lokacija, uzoraka, rezultata mjerenja koncentracije iona natrija u ekstraktu tla pokrivača te granulometrijskog sastava uzoraka u svrhu određivanja modela trošenja nakon procesa sušenje-vlaženje. Disperzivne lokacije i uzorci su označeni crvenom, a nedisperzivni zelenom bojom.

Oznaka lokacije	Oznaka uzoraka	Udio šljunka (%)	Udio pijeska (%)	Udio praha (%)	Udio gline (%)	ISO klasa	Na+ (ppm)
T1	T1Na-T8Na	0,00	3,89	62,83	33,28	prahovita glina	1613
T2	T1-T8	0,00	3,11	59,72	37,17	prahovita glina	18,1
T3	T9Na-T16Na	0,00	2,02	50,05	47,94	glina	1521
T4	T9-T16	0,45	2,15	55,64	41,76	glina	11,1
T5	T21, T22	0,66	7,28	51,81	40,25	glina	12,7
T6	T19, T20	1,27	5,63	56,54	36,56	prahovita glina	25,4
T7	T17, T18	0,09	2,84	71,91	25,16	prahovita glina	12,5
T8	T21Na, T22Na	0,00	0,24	58,29	41,47	glina	2111
T9	T19Na, T20Na	0,00	3,04	60,14	36,82	prahovita glina	2396
T10	T17Na, T18Na	0,00	4,78	58,51	36,71	prahovita glina	855

Tablica 6-16. Rezultati određivanja modela trošenja disperzivnih i nedisperzivnih glina nakon procesa sušenja-vlaženja koji su klasificirani prema Santi (1998, djelomično nadopunjeno). Dobiveni brojevi predstavljaju oznaku klase modela trošenja (vidi sliku 5-12).

Oznaka uzorka	Klasifikacija ponašanja nakon sušenja 3h na 60°, hlađenja i potapljanja u vodi 0,5h	Klasifikacija ponašanja nakon sušenja 3h na 60°, hlađenja i potapljanja u vodi 24h
T1Na	1	1
T2Na	2	1
T3Na	1	1
T4Na	1	1
T5Na	2	1
T6Na	2	1
T7Na	1	1
T8Na	1	1
T9Na	2	1
T10Na	1	1
T11Na	2	1
T12Na	2	1
T13Na	1	1

Tablica 6-16. nastavak

Oznaka uzorka	Klasifikacija ponašanja nakon sušenja 3h na 60°, hlađenja i potapljanja u vodi 0,5h	Klasifikacija ponašanja nakon sušenja 3h na 60°, hlađenja i potapljanja u vodi 24h
T14Na	2	1
T15Na	2	1
T16Na	1	1
T17Na	2	1
T18Na	1	1
T19Na	2	1
T20Na	1	1
T21Na	2	1
T22Na	2	1
T1	6	6
T2	6	6
T3	6	6
T4	7	7
T5	6	6
T6	6	6
T7	6	6
T8	5	5
T9	6	6
T10	7	7
T11	6	6
T12	6	6
T13	6	6
T14	6	6
T15	6	6
T16	6	6
T17	3	3
T18	3	3
T19	4	4
T20	3	3
T21	6	6
T22	6	6

Iz rezultata prikazanih u tablici 6-16 može se zaključiti sljedeće:

1) jedan ciklus sušenja-vlaženja dovoljan je za jasno uočavanje razlike u ponašanju između disperzivnih i nedisperzivnih glina,

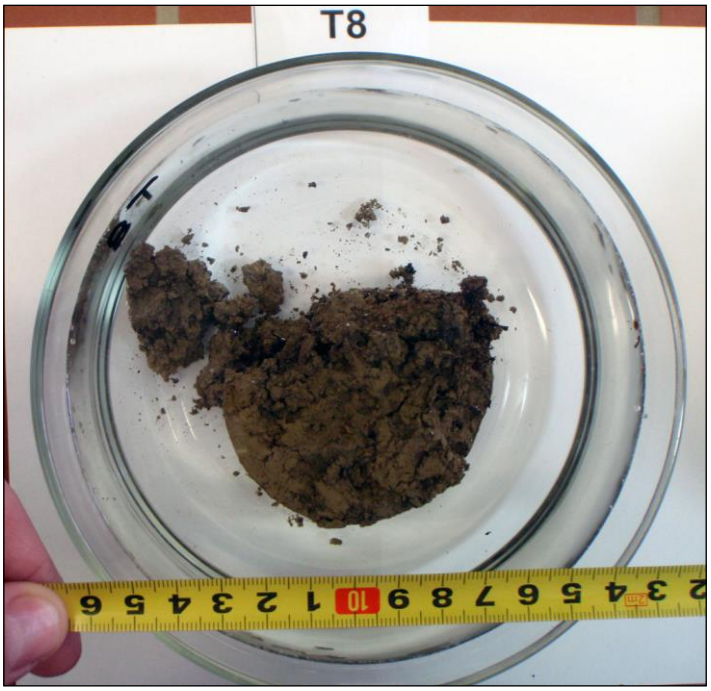
2) disperzivne gline se već nakon sušenja i potapljanja u vodi u trajanju od pola sata, u 45 % slučajeva u potpunosti degradiraju u mulj (vidi sliku uzorka T1Na u prilogu 20), a nakon 24 sata u vodi, svi uzorci su bez iznimke bili degradirani u mulj (vidi slike uzoraka T1Na, T15Na i T21Na u prilogu 20),

3) nedisperzivne gline u 9 % slučajeva nakon sušenja i potapljanja u vodi u trajanju od pola sata ne pokazuju nikave promjene, dok se u 68 % slučajeva na uzorcima nakon sušenja pojavio jedan set desikacijskih pukotina bez narušavanja forme uzorka što je prikazano slikama uzoraka T1, T15 i T21 u prilogu 20,

4) nedisperzivne gline u 23 % slučajeva nakon sušenja i potapljanja u vodi u trajanju od pola sata pokazuju znakove degradacije na način da je uzorak prožet pukotinama različitih orijentacija ili je uzorak raspucan i s njegovih bočnih stranica otpadaju odlomci ili je u potpunosti dezintegriran u male odlomke,

5) uzorci nedisperzivnih glina nakon sušenja i potapljanja u vodi u trajanju od 24 sata ne pokazuju nikakve tragove daljnje degradacije osim onih koji su registrirani nakon sušenja i potapljanja u trajanju od pola sata, a to su: u 9 % slučajeva na uzorku nije bilo nikakvih vidljivih promjena, u 68 % slučajeva na uzorku se pojavio jedan set pukotina (klasa 6, slike uzoraka T1, T15 i T21 prilogu 20), u 5 % slučajeva cijeli volumen uzorka je prožet pukotinama različitih orijentacija (klasa 5, slika 6-37), u 5 % slučajeva uzorak je raspucan, odlomci otpadaju s bočnih stranica uzorka, a izvorni oblik uzorka je teško prepoznatljiv (klasa 4, slika 6-38), u 14 % slučajeva uzorak je u potpunosti dezintegriran u male odlomke i izvorni oblik uzorka nije prepoznatljiv (klasa 3, slika 6-39),

6) gubitak kohezije uzrokovan procesom sušenja-vlaženja, moguće je glavni uzrok podložnosti prekomjernoj eroziji disperzivnih materijala.



Slika 6-37. Degradacija nedisperzivnog uzorka oznake T8 nakon sušenja i potapljanja u vodi u trajanju od pola sata. Uzorak je prožet pukotinama, započelo je otpadanje odlomaka s bočnih stranica, a primarni oblik uzorka je prepoznatljiv, što je prema slici 5-12 klasificirano kao klasa 5.

Slika 6-38. Degradacija nedisperzivnog uzorka oznake T19 nakon sušenja i potapljanja u vodi u trajanju od pola sata. Uzorak je raspucan, odlomci otpadaju s bočnih stranica, a primarni oblik uzorka je teško prepoznatljiv, što je prema slici 5-12 klasificirano kao klasa 4.

Slika 6-39. Degradacija nedisperzivnog uzorka oznake T17 nakon sušenja i potapljanja u vodi u trajanju od pola sata. Uzorak je u potpunosti dezintegriran u male odlomke, a izvorni oblik uzorka nije prepoznatljiv, što je prema slici 5-12 klasificirano kao klasa 3.

6.2.6. Mineralni sastav frakcije praha i gline

Određivanje mineralnog sastava praha i gline RTG metodom imalo je za cilj utvrditi razlikuju li se po tom kriteriju disperzivni od nedisperzivnih materijala. Osim što su utvrđene mineralne faze u uzorku, za neke od prisutnih faza su i procijenjeni orijentacijski maseni udjeli. U tu svrhu analizirana su dva uzorka s dvije lokacije, jedan uzorak je na temelju koncentracije iona natrija u ekstraktu tla određen kao disperzivan, a drugi kao nedisperzivan. Rezultati analize prikazani su u tablici 6-17 gdje je disperzivan uzorak označen crvenom bojom, a nedisperzivan zelenom bojom.

Tablica 6-17. Rezultati ispitivanja mineralnog sastava praha i gline RTG metodom. Crvenom bojom je označen disperzivan, a zelenom nedisperzivan uzorak. Za neke mineralne faze su dani i orijentacijski maseni udjeli u uzorku. Oznaka"+" znači da je udio minerala u uzorku mali, oznaka "++" znači da je udio minerala u uzorku znatan, oznaka "?" znači da prisutnost minerala u uzorku nije sa sigurnošću utvrđena (zbog njegovog malog udjela i/ili zbog preklapanja njegove difrakcijske slike s difrakcijskim slikama drugih minerala), oznaka "NIM" predstavlja nepravilno interstratificirane minerale.

Oznaka uzorka	Kalcit (%)	Kvarc (%)	Plagioklas (%)	Kalijev feldspat	Tinjčasti minerali	Klorit	Smektit	NIM	Kaolinski minerali	Amorfna tvar	Na (ppm)
T1	9	19	≥ 25	?	++	++	+	-	+	+	1613
T2	11	13	14	?	++	++	++	?	+	+	18,1

Naziv u tablici "tinjčasti minerali" upotrijebljen je za označavanje smjese koja vjerojatno sadrži ilitični materijal (ilit i/ili interstratificirani ilit-smektit s malim udjelom smektitnih slojeva) i/ili muskovit.

U samoj frakciji gline uzorka T1 dominiraju ≈14Å filosilikati i to najvjerojatnije smektit, a u znatnim udjelima prisutan je i mineral iz grupe klorita. U frakciji gline, uz smektit, dominira i illitični materijal, a prisutan je i kaolinski mineral (najvjerojatnije kaolinit). Frakcija sadrži i oko 5 % kvarca te amorfnu tvar.

Mineralni sastav frakcije gline uzorka T2 sličan je frakciji gline uzorka T1, ali se razlikuju po udjelima pojedinih minerala glina. I ovdje dominiraju ≈14Å filosilikati, najvjerojatnije smektit, ali udio klorita manji je od onog u glini uzorka T1. Uz smektit dominira ilitični materijal, a prisutan je i kaolinski mineral (najvjerojatnije kaolinit), Njihovi udjeli su, kao i udio kvarca (4 %), približno jednaki onima u frakciji gline uzorka T1. Uz spomenute filosilikate, frakcija gline uzorka T2 možda sadrži i nepravilno interstratificirane filosilikate, ali to nije moguće sigurno utvrditi. Prisutna je i amorfna tvar.

Utvrđeni mineralni sastav ispitanih uzoraka generalno je vrlo sličan i jasno ukazuje da su oba tla dominantno nastala trošenjem fliša, a ne karbonata koji izgrađuju litice koje omeđuju dolinu.

Jedina značajna razlika je što disperzivni uzorak ima značajno veći udio plagioklasa u odnosu na nedisperzivni što je vrlo zanimljivo imajući u vidu pretpostavljeno izvorište klastita. Naime, prema Vragović i Golub (1969), spomenuti andezitski kompleks karakterizira prisutnost čistog albita (natrijski plagioklas) tako da isti sadrži povećani udio natrija nego što je uobičajeno za tu vrstu stijene. Osim navedenog, a prema istim autorima, andezitski

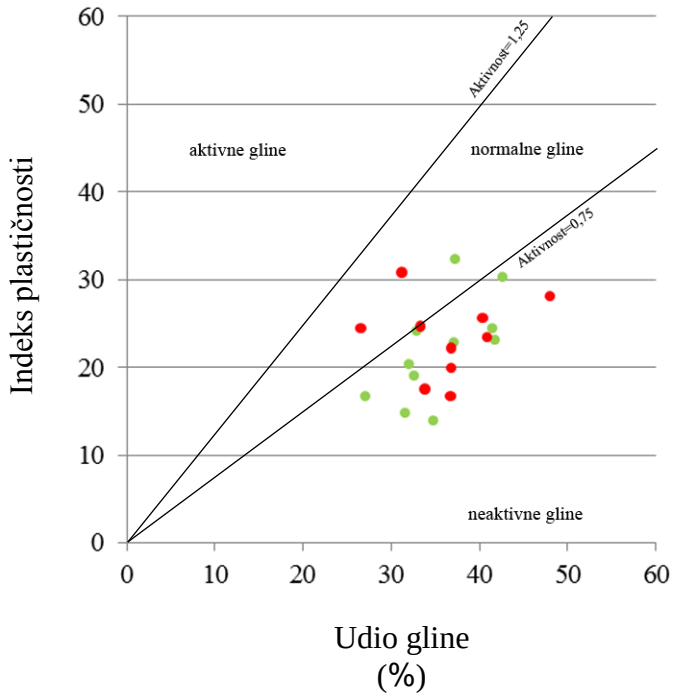
kompleks kraj Fužinskog Benkovca je bio izložen niskotemperaturnoj hidrotermalnoj alteraciji koja se manifestirala procesom propilitizacije. Proces propilitizacije podrazumijeva hidrotermalnu alteraciju biotita i amfibola u epidot, klorit i albit. To znači da su klastiti derivirani iz takvog ishodišta obogaćeni mineralima koji svojim trošenjem mogu stvoriti tlo vrlo bogato natrijem, odnosno disperzivno tlo. Iako ovim istraživanjem nije utvrđen tip plagioklasa, registrirani povećani udio plagioklasa u disperzivnom uzorku vjerojatno nije slučajan.

6.2.7. Aktivnost gline

Za potrebe određivanja aktivnosti gline, na 21 uzorku s isto toliko lokacija su određeni granulometrijski sastav i indeks plastičnosti što su ulazni parametri za izračun. Na svakom uzorku je određena koncentracija iona natrija u ekstraktu tla na temelju koje je definirano je li uzorak disperzivan ili nedisperzivan. Rezultati analiza su prikazani u tablici 6-18 i na slici 6-40.

Tablica 6-18. Rezultati ispitivanja aktivnosti uzoraka gline. Crvenom bojom su označeni disperzivni, a zelenom nedisperzivni uzorci.

Oznaka uzorka	ISO klasa	Indeks plastičnosti	Udio gline (%)	Aktivnost	Klasa aktivnosti	Na (ppm)
T1	prahovita glina	24,13	32,93	0,73	neaktivna	12,40
T2	prahovita glina	24,45	26,50	0,92	normalna	14,80
T3	prahovita glina	24,71	33,28	0,74	neaktivna	1613,00
T4	prahovita glina	13,95	34,82	0,40	neaktivna	11,00
T5	glina	23,06	41,76	0,55	neaktivna	11,10
T6	glina	30,20	42,61	0,71	neaktivna	9,06
T7	prahovita glina	14,75	31,58	0,47	neaktivna	13,00
T8	prahovita glina	18,93	32,58	0,58	neaktivna	15,70
T9	glina	25,63	40,34	0,64	neaktivna	855,00
T10	prahovita glina	20,28	32,11	0,63	neaktivna	9,50
T11	prahovita glina	17,55	33,79	0,52	neaktivna	1511,00
T12	prahovita glina	22,23	36,82	0,60	neaktivna	2396,00
T13	glina	28,17	47,94	0,59	neaktivna	1521,00
T14	prahovita glina	16,76	36,71	0,46	neaktivna	855,00
T15	prahovita glina	22,79	37,17	0,61	neaktivna	18,10
T16	prahovita glina	19,93	36,80	0,54	neaktivna	1345,00
T17	prahovita glina	30,85	31,18	0,99	normalna	2298,00
T18	glina	24,45	41,47	0,59	neaktivna	2111,00
T19	prahovita glina	32,24	37,34	0,86	normalna	17,20
T20	prahovita glina	16,62	27,08	0,61	neaktivna	33,40
T21	glina	23,44	40,80	0,57	neaktivna	778,00



Slika 6-40. Rezultati ispitivanja aktivnosti uzoraka gline. Crvenom bojom su označeni disperzivni, a zelenom nedisperzivni uzorci.

Iz rezultata prikazanih u tablici 6-19 i na slici 6-40 može se zaključiti sljedeće:

1) tri analizirana uzoraka gline prema aktivnosti spadaju u normalne, a preostalih 18 u neaktivne gline.

2) od 18 uzoraka koji su klasificirani kao neaktivne gline, broj disperzivnih i nedisperzivnih je podjednak,

3) od tri uzorka koji su klasificirani kao normalne gline, dva uzorka su nedisperzivna, a jedan je disperzivan.

4) disperzivne gline se prema aktivnosti ne razlikuju od nedisperzivnih, odnosno samo svojstvo disperzivnosti nema utjecaj na aktivnost.

6.3. Karte podložnosti

6.3.1. Karte udjela granulometrijskih frakcija

Za potrebe zonacije terena, izrađene su faktorske karte udjela gline, praha, pijeska i šljunka na način koji je opisan u poglavlju 5.3.3., a ovdje će biti prezentirani rezultati izrade spomenutih karata.

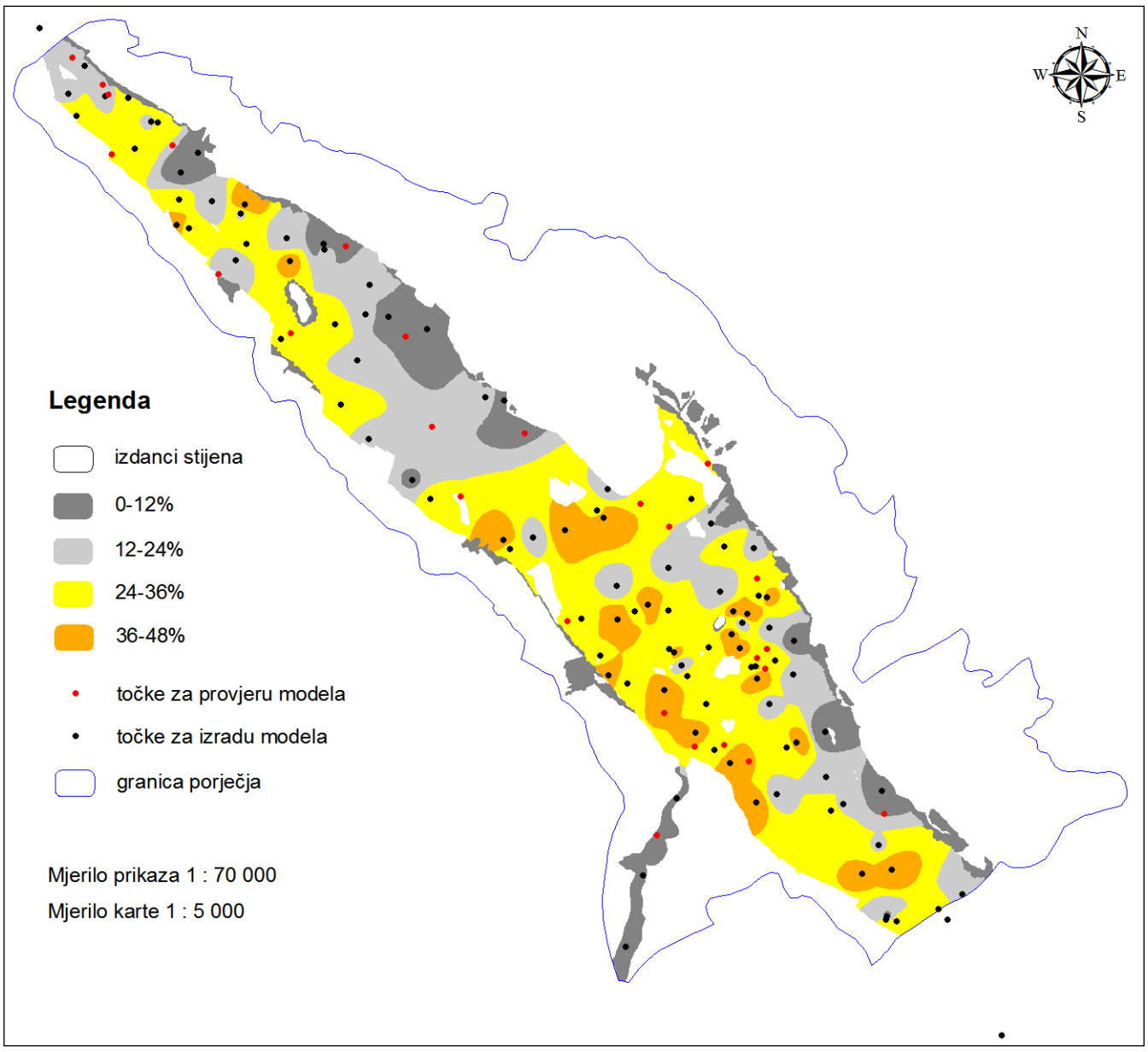
Karta udjela gline

Za izradu karte korišteno je 105 točaka, a za provjeru dobivenog modela 26 točaka sljedećih oznaka: P2, P4, P6, P8, T11, T16, T20, T25, T35, T41, T42, T46, T53, T57, T60, T62, T69, T74, T76, T83, T103, T104, T107, T113, T116 i T120. Način na koji su definirane točke korištene za izradu, odnosno provjeru modela, opisan je u poglavlju 5.3.3.

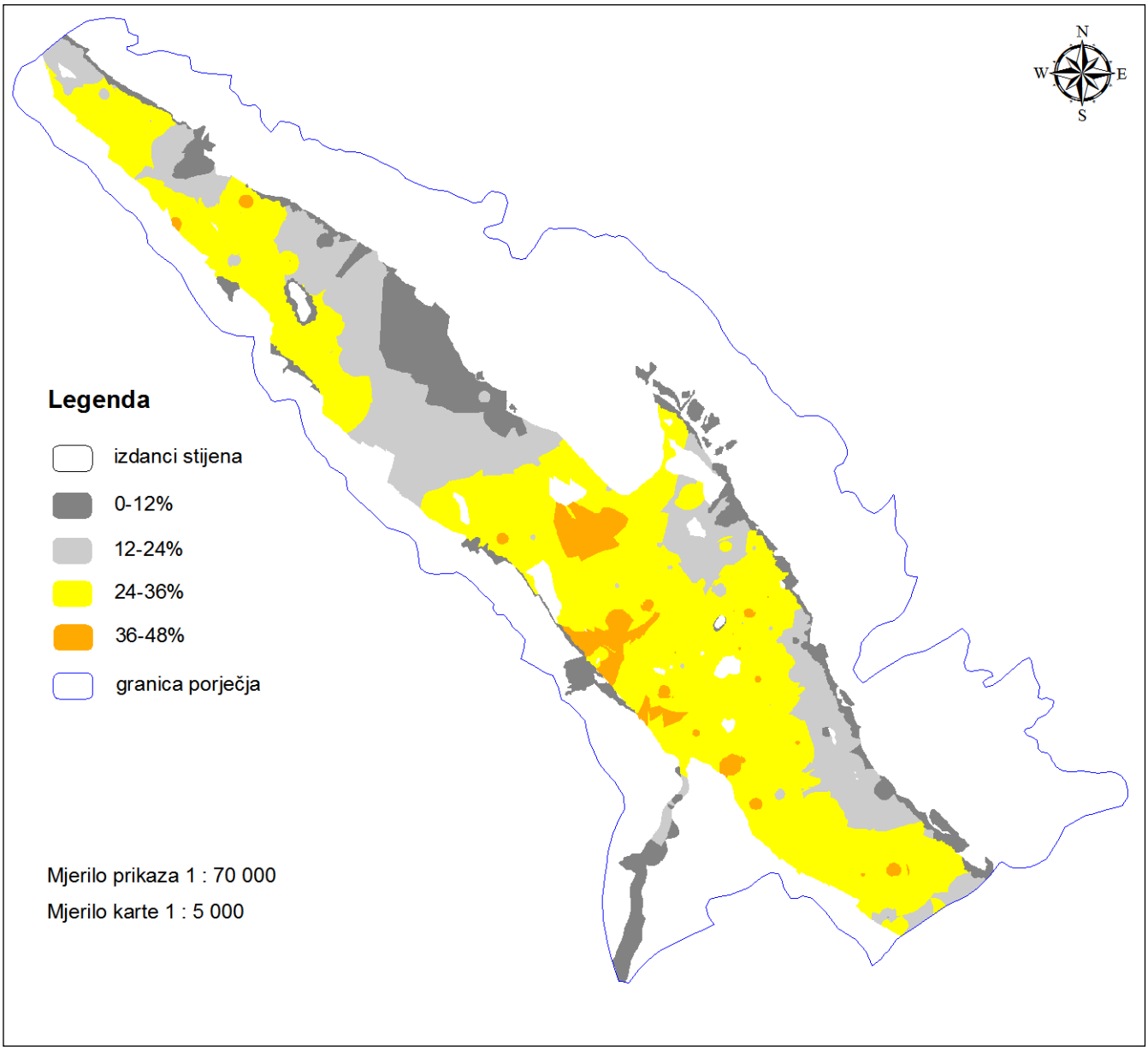
Interpolacijski parametri IDW metode koji su istraživanjima određeni kao optimalni su sljedeći: eksponent udaljenosti 4,25; radijus kruga oko točke kojoj je interpolacijom određena "z" vrijednost unutar kojeg se nalaze točke s poznatom "z" vrijednošću je 1 000 m i broj točaka s poznatim "z" vrijednostima unutar kruga koje se koriste u interpolaciji je 10-14.

Na slici 6-41 je prikazana karta udjela gline u pokrivaču porječja Dubračine s prostornom distribucijom točaka za izradu i provjeru modela dobivena primjenom navedenih parametara.

Na slici 6-42 prikazan je model udjela frakcije gline gdje su kao interpolacijski parametri korištene sljedeće vrijednosti: eksponent udaljenosti 1; radijus 500 m i broj točaka 4-8. Ovaj model prikazan je za usporedbu s modelom na slici 6-41 i primjer je kako parametri utječu na konačni izgled karte, koja mora što je moguće realnije odražavati uvjete na terenu koji su generalno utvrđeni postojećom geološkom kartom, terenskim radom za potrebe izrade disertacije i rezultatima laboratorijskih ispitivanja. Model prikazan slikom 6-42 je nekvalitetan, granice među klasama su neprimjerene i nerealne, vrlo su hrapave, stepeničaste i špicaste, zbog čega ni odabrane točke za provjeru modela ovakvom modelu ne odgovaraju. Konačni odabir interpolacijskih parametara rezultat je pokušaja i pogrešaka, a njihove optimalne vrijednosti nije moguće unaprijed odrediti, već su rezultat istraživanja.



Slika 6-41. Karta udjela frakcije gline u pokrivaču porječja Dubračine s prostornom distribucijom točaka za izradu i provjeru modela.



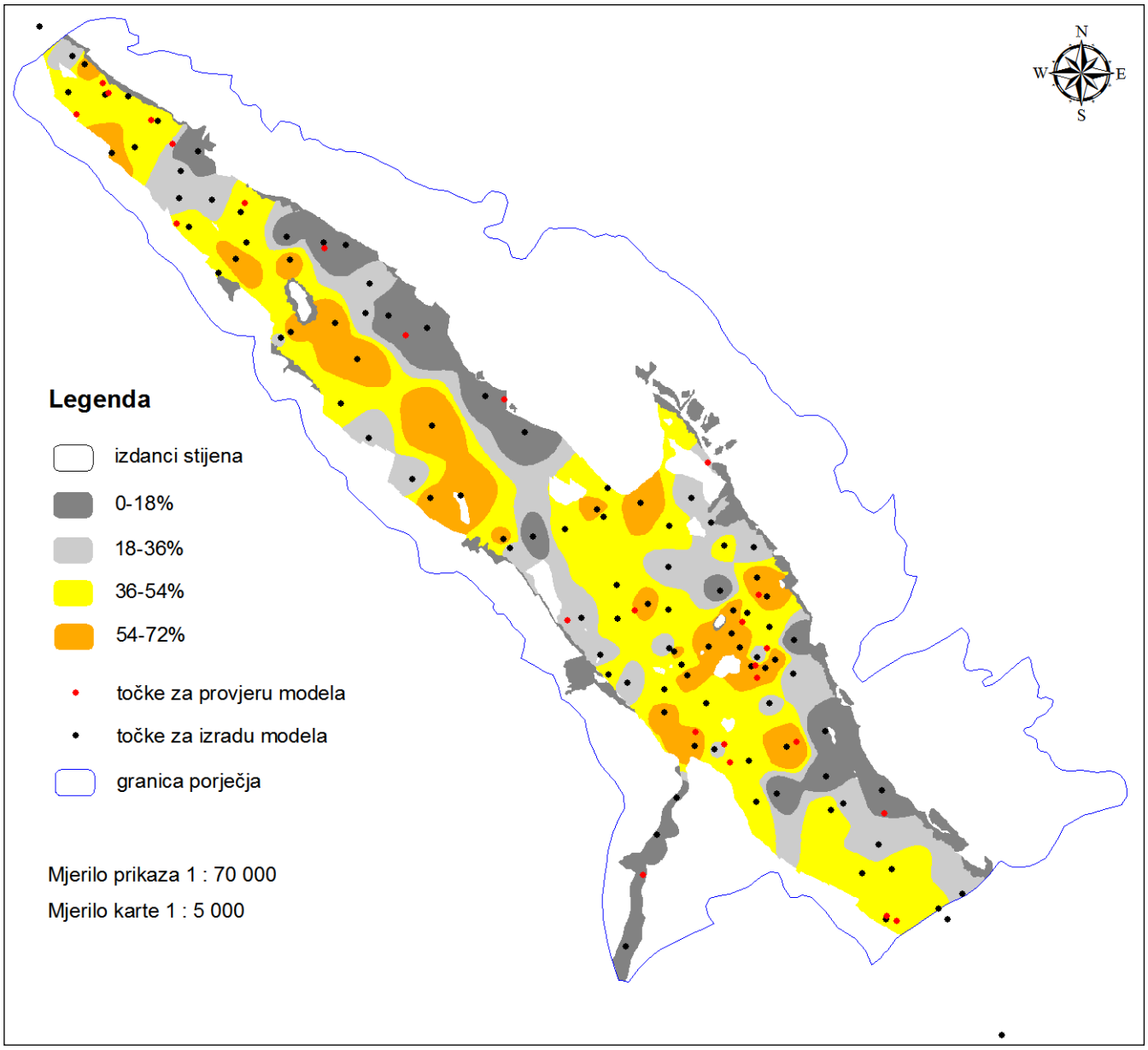
Slika 6-42. Primjer karte udjela frakcije gline nastale primjenom interpolacijskih parametara koji nisu optimalni, što rezultira nekvalitetnim modelom.

Karta udjela praha

Kao i u slučaju udjela gline, za izradu karte udjela praha korišteno je 105 točaka dok je 26 točaka korišteno za provjeru dobivene karte. Točke koje su korištene za provjeru su sljedeće: P2, P3, P9, T15, T16, T17, T24, T30, T53, T55, T60, T66, T74, T77, T89, T95, T96, T103, T104, T105, T113, T114, T115, T118, T119 i T120.

Interpolacijski parametri IDW metode koji su istraživanjima određeni kao optimalni su sljedeći: eksponent udaljenosti 4,75; radijus 1 000 m i broj točaka 7-11.

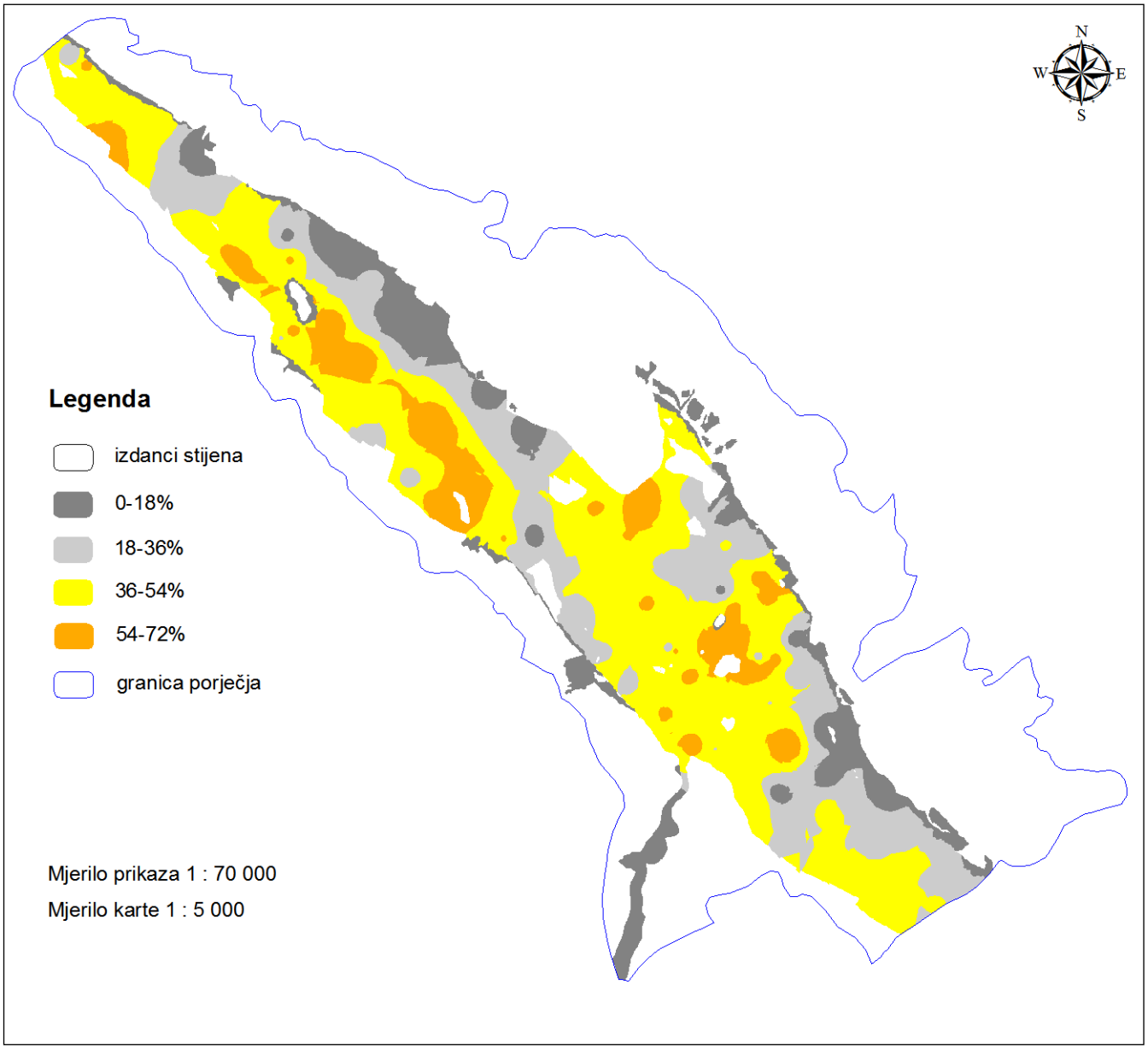
Na slici 6-43 je prikazana karta udjela praha u pokrivaču porječja Dubračine s prostornom distribucijom točaka za izradu i provjeru modela dobivena primjenom navedenih parametara.



Slika 6-43. Karta udjela frakcije praha u pokrivaču porječja Dubračine s prostornom distribucijom točaka za izradu i provjeru modela.

Kao i u prethodnom slučaju, za usporedbu je prikazan i jedan loš model udjela praha u pokrivaču (slika 6-44) koji je dobiven primjenom sljedećih interpolacijskih parametara: eksponent udaljenosti 2, radijus 500 i broj točaka 4-8. Model ima iste nedostatke kao i loš model udjela gline prikazan slikom 6-42, a to su neprirodan izgled granica klasa koje su

hrapave, stepeničaste i špicaste, a ni model točaka za izradu i provjeru karte koji je prikazan slikom 6-43, ne odgovara modelu na slici 6-44.



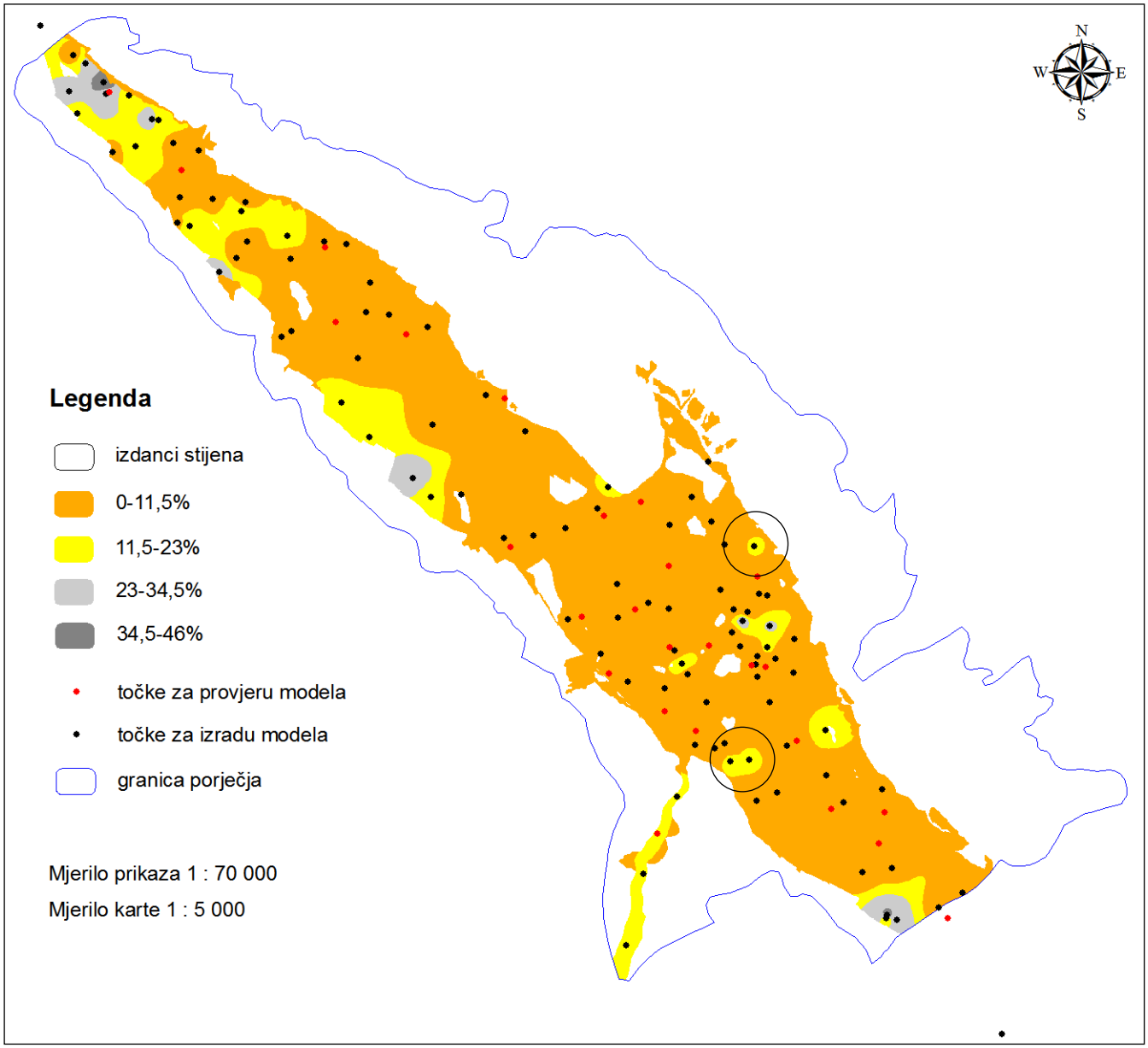
Slika 6-44. Primjer karte udjela frakcije praha nastale primjenom interpolacijskih parametara koji nisu optimalni, što rezultira nekvalitetnim modelom.

Karta udjela pijeska

Za izradu karte udjela pijeska korišteno je 105 točaka, a za provjeru karte 26 točaka sljedećih oznaka: P2, P3, P8, T1, T4, T5, T16, T30, T33, T46, T50, T52, T55, T56, T62, T77, T81, T83, T86, T89, T90, T98, T101, T111, T116 i T120.

Interpolacijski parametri IDW metode koji su istraživanjima određeni kao optimalni su sljedeći: eksponent udaljenosti 3, radijus 1 000 m i broj točaka 10-14.

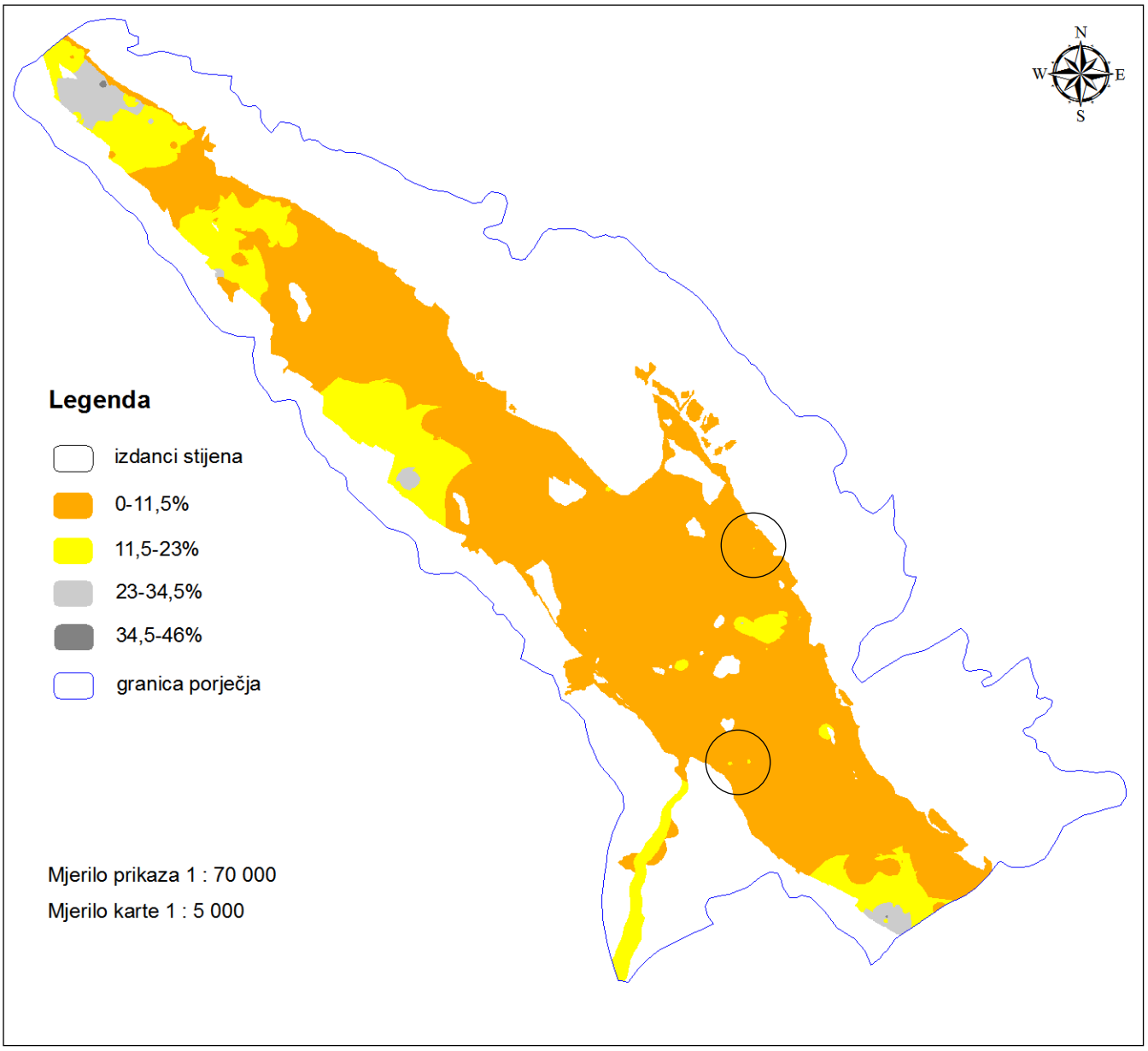
Na slici 6-45 je prikazana karta udjela pijeska u pokrivaču porječja Dubračine s prostornom distribucijom točaka za izradu i provjeru modela dobivena primjenom navedenih parametara.



Slika 6-45. Karta udjela frakcije pijeska u pokrivaču porječja Dubračine s prostornom distribucijom točaka za izradu i provjeru modela.

Na slici 6-46 je u svrhu usporedbe prikazan model udjela pijeska s korištenim interpolacijskim parametrima: eksponent udaljenosti 1, radijus 500 m i broj točaka 4-8 koji predstavlja primjer lošeg modela, što je posljedica primjene neadekvatnih parametara

interpolacije. Osim nedostataka koji su isti kao i kod prethodno prezentiranih loših karata udjela gline i praha, na ovom modelu je vrlo izražen još jedan nedostatak koji je vidljiv i na glini i prahu, ali u nešto manjoj mjeri. To je manifestacija eksponenta udaljenosti kada rezultat ukazuje na njegovu premalu vrijednost, odnosno na izrazitu malu snagu kojom točka svojom "z" vrijednošću djeluje na okolni prostor. Kao primjer se mogu usporediti dijelovi karte označeni crnim krugovima s istim tim dijelovima karte prikazane slikom 6-46. Vidljivo je da su na slici 6-46 u sklopu krugova poligoni koji predstavljaju udio pijeska od 11,5-23 %, prikazani jedva primjetnim točkama, dok su na slici 6-45, zbog korištenog većeg eksponenta udaljenosti, ti isti poligoni prikazani znatno većim površinama, a u slučaju južnog kruga, došlo je i do spajanja dva poligona u jedan. Ovdje treba naglasiti kako na izgled karte moguće utječu i granice klasa udjela granulometrijske frakcije u tlu, što ovdje nije razmatrano, jer su unaprijed zadane.



Slika 6-46. Primjer karte udjela frakcije pijeska nastale primjenom interpolacijskih parametara koji nisu optimalni, što rezultira nekvalitetnim modelom.

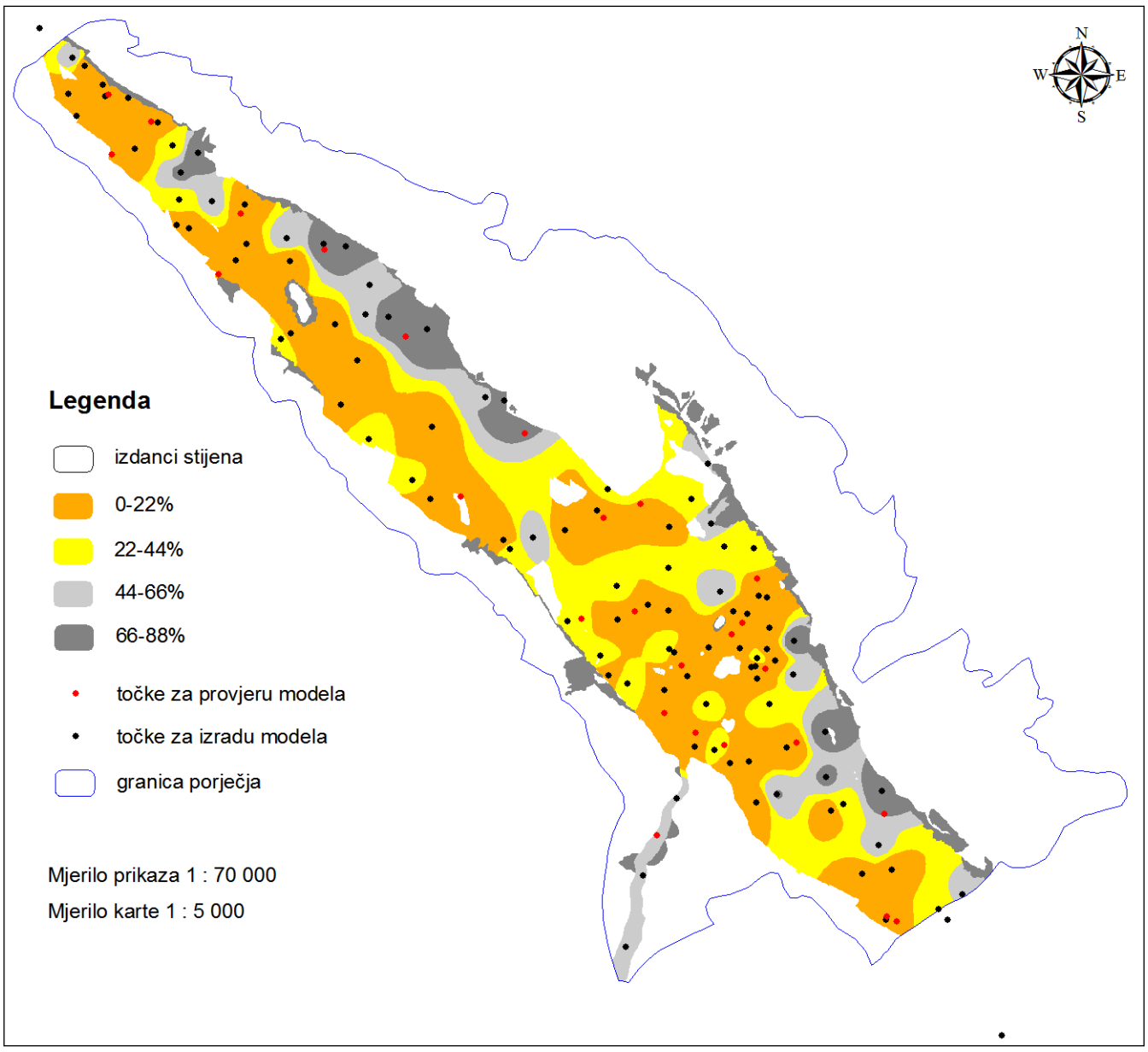
Karta udjela šljunka

Karta udjela šljunka u pokrivaču porječja Dubračine izrađena je korištenjem 105 točaka, a provjerena je pomoću preostalih 26 točaka sljedećih oznaka: P2, P8, T4, T16, T17, T20, T25, T27, T30, T41, T42, T46, T52, T55, T62, T66, T67, T74, T77, T83, T85, T89, T95, T96, T116 i T120.

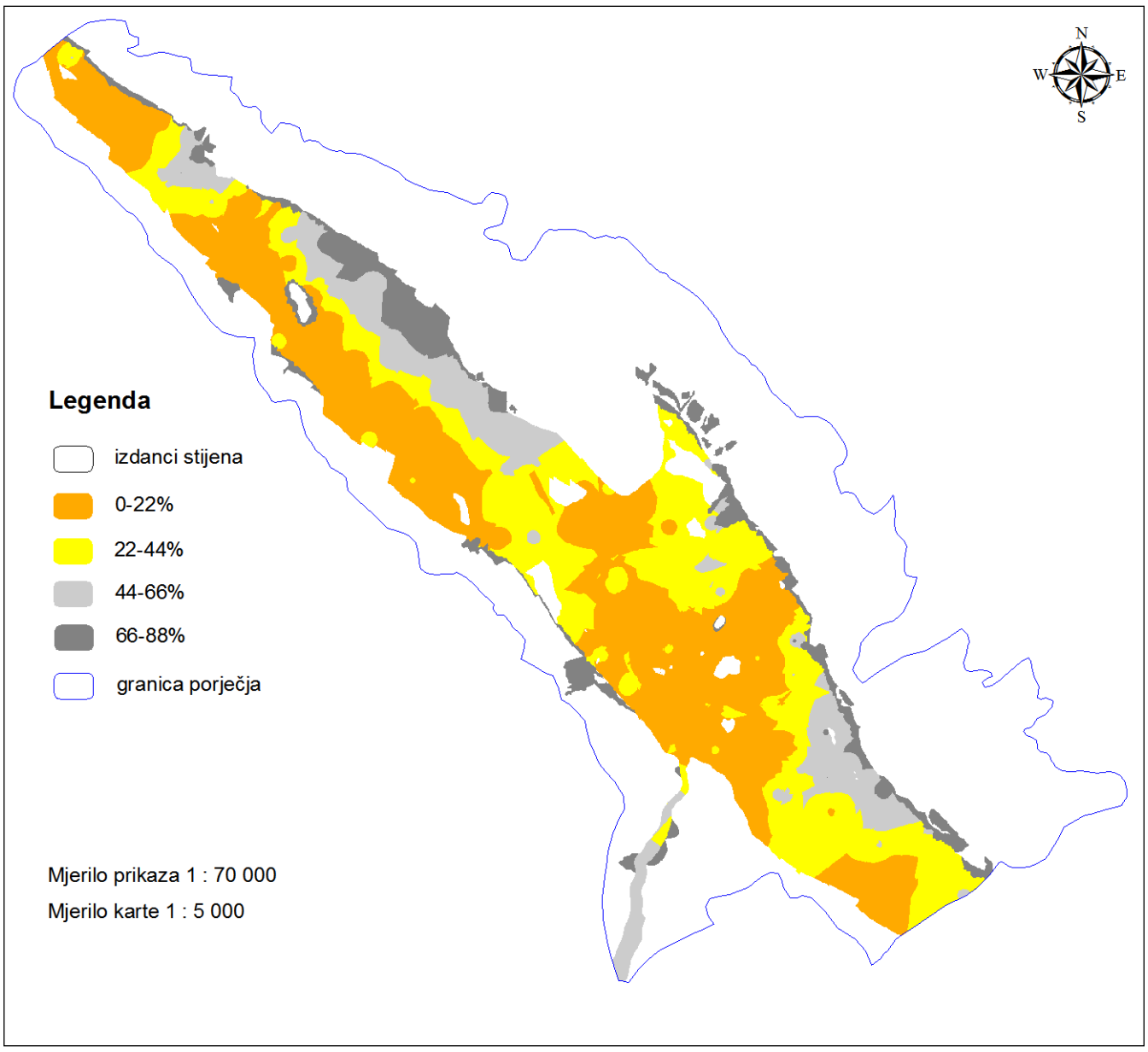
Interpolacijski parametri IDW metode koji su istraživanjima određeni kao optimalni su sljedeći: eksponent udaljenosti 4, radijus 1 000 m i broj točaka 10-14.

Na slici 6-47 prikazana je karta udjela šljunka u pokrivaču porječja Dubračine s prostornom distribucijom točaka za izradu i provjeru modela dobivena primjenom navedenih parametara.

Za usporedbu s modelom prikazanim slikom 6-47, na slici 6-48 je prikazan model udjela šljunka u pokrivaču dobiven primjenom sljedećih interpolacijskih parametara: eksponent udaljenosti 1, radijus 500 m i broj točaka 4-8. Vidljivo je da model na slici 6-48 nije dobar iz istih razloga koji su navedeni i u prethodnim slučajevima što još jednom potvrđuje kako interpolacijske parametre nije moguće odrediti "ad hoc" već se moraju definirati istraživanjima tijekom kojih će se primjenom različitih vrijednosti parametara odrediti one vrijednosti koje daju kartu zadovoljavajuće kvalitete.



Slika 6-47. Karta udjela frakcije šljunka u pokrivaču porječja Dubračine s prostornom distribucijom točaka za izradu i provjeru modela.



Slika 6-48. Primjer karte udjela frakcije šljunka nastale primjenom interpolacijskih parametara koji nisu optimalni, što rezultira nekvalitetnim modelom.

6.3.2. Odabir statistički značajnih utjecajnih faktora

Za potrebe zonacije podložnosti terena određenom površinskom procesu, nužno je odabrati one faktore čiji se utjecaj na proces može statistički kvantificirati. U ovom radu, u sklopu bivarijatne zonacije, kvantifikacija utjecaja određena je primjenom Hi-kvadrat testa na način koji je opisan u poglavlju 5.3.5.

U ovom poglavlju prezentirani su rezultati primjene Hi-kvadrat testa na dostupne faktorske karte i inventare površinskih procesa. Pomoću testa su za svaki proces definirani faktori koji utječu na prostornu distribuciju procesa i kao takvi su odabrani za daljnju analizu podložnosti.

Klizanje

U prilogu 21 su prikazani rezultati primjene Hi-kvadrat testa na proces klizanja. Test je proveden na ukupno 16 faktorskih karata koje su preklopljene s geometrijskim središtima klizišta, što je sukladno metodologiji opisanoj u poglavlju 5.3.5., omogućilo provedbu Hi-kvadrat statistike.

Analiza je pokazala da svi faktori, osim zakrivljenosti površine terena, utječu na prostornu distribuciju klizišta, zbog čega su odabrani za daljnju analizu podložnosti klizanju, a to su: pokrov zemljišta, disperzivnost površine terena, litologija, nagib terena, srednja godišnja količina oborine, smjer nagiba terena, udaljenost od disperzivnog uzorka, udaljenost od izvora, udaljenost od prometnice, udaljenost od rasjeda, udaljenost od vodotoka, udio gline, udio praha, udio pijeska i udio šljunka u pokrivaču.

Puzanje

Rezultati primjene Hi-kvadrat testa na proces puzanja prikazani su u prilogu 22. Iz priloga je vidljivo da od 16 testiranih, na prostornu distribuciju puzišta, utječe samo 8 faktora. Ništa bolji rezultat se nije dobio ni sa reklasifikacijom faktorskih klasa. Mogući razlog tomu je što se inventar puzišta sastoji od samo 13 puzišta, što je nedovoljno veliki statistički uzorak. Kada bi inventar brojio samo dva puzišta više, odnosno 15 puzišta, rezultati Hi-kvadrat testa bi za neke faktore bili drugačiji, pod uvjetom da se točno pretpostavi u kojoj klasi faktora bi se dva nova geometrijska središta poligona puzišta nalazila. Navedeno je ilustrirano tablicama 6-19 i 6-20.

U tablici 6-19 je prikazan Hi-kvadrat test za faktor nagiba, koji u odnosu na test iz priloga 22, ima još dva puzišta, jedno je dodano u klasu od 5-10°, a drugo u klasu od 10-15°. Rezultat testa sada pokazuje kako nagib utječe na proces puzanja, što je suprotno zaključku koji proizlazi iz stvarnog inventara s 13 puzišta prikazanog u prilogu 22.

U tablici 6-20 je prikazan Hi-kvadrat test za faktor pokrova zemljišta, koji u odnosu na test iz priloga 22, ima još jedno puzište u klasi pokrova 112 (nepovezana gradska područja) i jedno u klasi 243 (pretežno poljoprivredno zemljište sa značajnim udjelom prirodnog biljnog pokrova). Rezultat ovakvog testa sada pokazuje kako pokrov zemljišta utječe na prostornu distribuciju puzišta, što je suprotno zaključku koji proizlazi iz stvarnog inventara s 13 puzišta prikazanog u prilogu 22.

Ova dva primjera pokazuju kako bi s većim brojem kartiranih puzišta, vjerojatno bio i veći broj faktora za koje bi analiza pokazala da utječu na proces.

Kako je nagib padine, uz litologiju, vrlo važan faktor površinskih inženjerskogeoloških procesa, on je pridodan faktorima iz priloga 22 za koje je analiza pokazala da utječu na proces, što znači da su za daljnje analize podložnosti puzanju odabrani sljedeći faktori: litologija, nagib terena, udaljenost od izvora, udaljenost od prometnice, udaljenost od vodotoka, udio gline, udio praha, udio pijeska i udio šljunka u pokrivaču.

U prilog nagibu kao utjecajnom faktoru ide i analiza provedena u poglavlju 6.1.2.1. koja je pokazala da se puzišta javljaju na specifičnim nagibima koji su u podređenom udjelu u litološkim jedinicama u sklopu kojih se puzišta u porječju Dubračine javljaju.

Tablica 6-19. Izračun Hi-kvadrat statistike na primjeru procesa puzanja i faktora nagiba padine gdje su na postojeći inventar od 13, dodana 2 izmišljena puzišta, jedno u klasi od 5-10° i jedno u klasi od 10-15° što je rezultiralo odbacivanjem hipoteze.

Nulta hipoteza (H_0) = nagib padine nema utjecaj na pojavu puzišta

klasa nagiba padine (°)	površina klase nagiba padine (m^2)	A (udio površine klase nagiba padine u ukupnoj površini)	broj puzišta (opažena frekvencija) (f_{op})	očekivani broj puzišta (očekivana frekvencija) (A * ukupni broj puzišta) ($f_{oč}$)	$f_{op} - f_{oč}$	$(f_{op} - f_{oč})^2$	χ^2 $(f_{op} - f_{oč})^2 / f_{oč}$	utjecaj klase nagiba padine na pojavu procesa puzanja
0-5	6254838	0,1436	0	1,87	-1,87	3,48	1,87	-
5-10	8334777	0,1913	7	2,49	4,51	20,37	8,19	+
10-15	7118967	0,1634	4	2,12	1,88	3,52	1,66	+
15-20	5251221	0,1205	3	1,57	1,43	2,05	1,31	+
20-25	4389129	0,1007	1	1,31	-0,31	0,10	0,07	-
25-30	4028923	0,0925	0	1,20	-1,20	1,44	1,20	-
30-40	5960540	0,1368	0	1,78	-1,78	3,16	1,78	-
40-50	1491561	0,0342	0	0,45	-0,45	0,20	0,45	-
50-90	742179	0,0170	0	0,22	-0,22	0,05	0,22	-
						$\Sigma = \chi^2$	**16,75**	

Broj stupnjeva slobode u ovom slučaju je 8, granična vrijednost χ^2 za 5 % vjerojatnosti odbacivanja hipoteze kada je istinita je 15,507.
Dobiveni χ^2 je veći od graničnog pa hipotezu odbacujemo, što znači da nagib padine ima utjecaj na pojavu puzišta.

Tablica 6-20. Izračun Hi-kvadrat statistike na primjeru procesa puzanja i faktora pokrova zemljišta gdje su na postojeći inventar od 13, dodana 2 izmišljena puzišta, jedno u klasi 112 (nepovezana gradska područja) i jedno u klasi 243 (pretežno poljoprivredno zemljište sa značajnim udjelom prirodnog biljnog pokrova) što je rezultiralo odbacivanjem hipoteze.

Nulta hipoteza (H_0) = pokrov zemljišta nema utjecaj na pojavu puzišta

kod klase pokrova	površina klase pokrova (m^2)	A (udio površine klase pokrova u ukupnoj površini)	broj puzišta (opažena frekvencija) (f_{op})	očekivani broj puzišta (očekivana frekvencija) (A * ukupni broj puzišta) ($f_{oč}$)	$f_{op} - f_{oč}$	$(f_{op} - f_{oč})^2$	χ^2 $(f_{op} - f_{oč})^2 / f_{oč}$	utjecaj klase pokrova na pojavu procesa puzanja
112	2053664	0,0471	3	0,61	2,39	5,70	9,30	+
231	1300199	0,0298	0	0,39	-0,39	0,15	0,39	-
243	2037558	0,0468	2	0,61	1,39	1,94	3,19	+
311	21156973	0,4856	10	6,31	3,69	13,60	2,15	+
312	890399	0,0204	0	0,27	-0,27	0,07	0,27	-
313	813378	0,0187	0	0,24	-0,24	0,06	0,24	-
321	2705484	0,0621	0	0,81	-0,81	0,65	0,00	-
323	4925477	0,1130	0	1,47	-1,47	2,16	1,47	-
324	4902714	0,1125	0	1,46	-1,46	2,14	1,46	-
333	2369441	0,0544	0	0,71	-0,71	0,50	0,00	-
512	417748	0,0096	0	0,12	-0,12	0,02	0,12	-
						$\Sigma = \chi^2$	**18,60**	

Broj stupnjeva slobode u ovom slučaju je 10, granična vrijednost χ^2 za 5 % vjerojatnosti odbacivanja hipoteze kada je istinita je 18,307.
Dobiveni χ^2 je veći od graničnog pa hipotezu odbacujemo, što znači da pokrov zemljišta ima utjecaj na pojavu puzišta.

Prekomjerna erozija

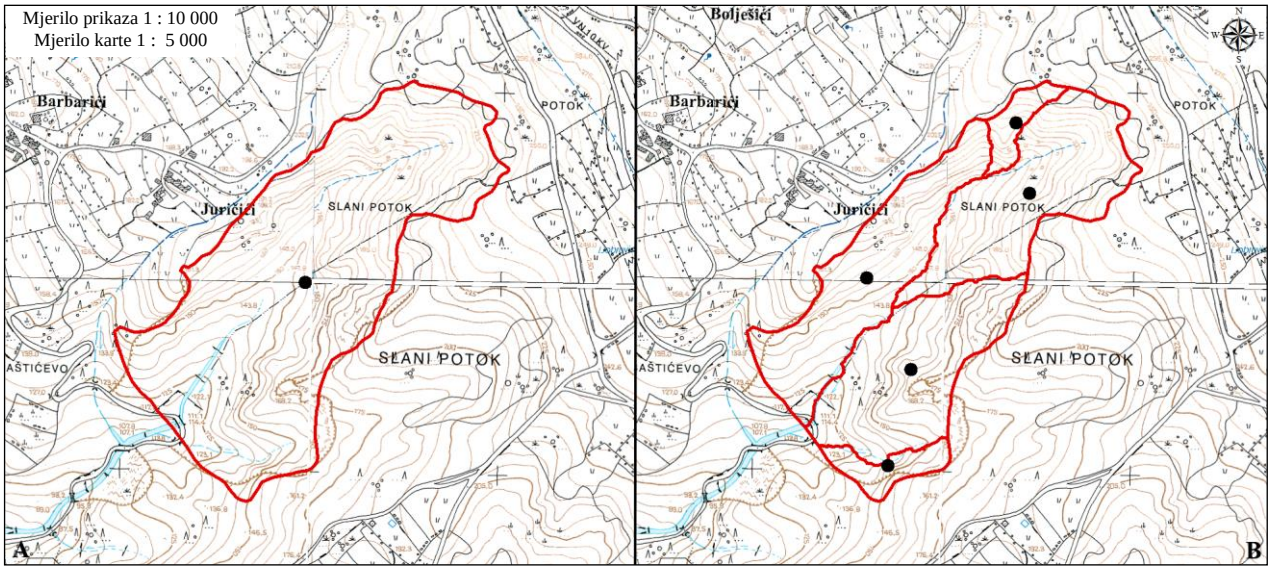
Za potrebe provedbe Hi-kvadrat testa, poligone koji čine inventar površinskog procesa, potrebno je pretvoriti u točke, odnosno, odrediti za svaki poligon njegovo geometrijsko središte u prostoru, što se određuje automatski u GIS aplikacijama. Za tako definiranu točku se pretpostavlja da svojim prostornim položajem i pripadajućim uvjetima u kojima se nalazi, s aspekta utjecajnih faktora, reprezentativno zamjenjuje poligon čije geometrijsko središte predstavlja.

Kada govorimo o prekomjernoj eroziji u porječju Dubračine, ukupno je kartiran 21 poligon ogolina čija ukupna površina iznosi 174 482 m^2. Na samo jedan poligon, i to ogoline s ID brojem 5 koja se nalazi u podporječju Slanog Potoka, otpada 71 % od ukupne površine ogolina. Osim navedenog, ogolina s ID brojem 5 obuhvaća dvije nasuprotne padine, zbog čega geometrijsko središte te ogoline ne predstavlja tu ogolinu u prostoru reprezentativno.

Budući da zbog svoje velike površine predstavlja najznačajniji dio inventara, za potrebe Hi-kvadrat testa je bilo nužno po nekom kriteriju ogolinu s ID brojem 5 predstaviti s nekoliko manjih ogolina čija geometrijska središta bi svojim položajima u prostoru neusporedivo kvalitetnije predstavljala ogolinu s ID brojem 5, nego što je to bio slučaj kada je predmetna ogolina bila predstavljena samo jednim poligonom i jednom točkom.

Zbog toga je određeno da svi poligoni ogolina budu podijeljeni na manje pomoću drenažnih kanala koji presijecaju poligon ogoline. Navedeno je, osim na ogolinu s ID brojem 5, utjecalo na samo još jedan poligon ogoline što je rezultiralo s 26 poligona i 26 točaka geometrijskih središta. Tako određene točke puno kvalitetnije predstavljaju inventar ogolina u prostoru što je bilo nužno postići prije primjene Hi-kvadrat testa.

Na slici 6-49 je prikazana granica ogoline s ID brojem 5 s pripadajućim geometrijskim središtem te ta ista ogolina podijeljena na više manjih čija geometrijska središta zajedno neusporedivo kvalitenije predstavljaju tu ogolinu u prostoru u usporedbi sa samo jednom točkom.



Slika 6-49. A – ogolina s ID brojem 5 i pripadajućim geometrijskim središtem. B – ogolina s ID brojem 5 podijeljena drenažnim kanalima na manje poligone od kojih svaki ima svoje geometrijsko središte koji zajedno kvalitetnije predstavljaju predmetnu ogolinu u prostoru u usporedbi sa samo jednom točkom.

U prilogu 23 su prikazani rezultati primjene Hi-kvadrat testa na proces prekomjerne erozije. Test je proveden na ukupno 16 faktorskih karata. Analiza je pokazala da svi faktori, osim zakrivljenosti površine terena, utječu na prostornu distribuciju ogolina. Ovdje treba naglasiti kako faktor disperzivnosti površine terena, bez obzira na provedeni test, nije korišten za analizu podložnosti, jer su ogoline u porječju Dubračine, na temelju laboratorijskih analiza, istovremeno definirane i kao disperzivne površine zbog čega taj faktor nema smisla koristiti u svrhu izrade karte podložnosti prekomjernoj eroziji čiji inventar čine upravo ogoline. Faktori koji su odabrani za daljnju analizu podložnosti prekomjernoj eroziji su: pokrov zemljišta, litologija, nagib terena, srednja godišnja količina oborine, smjer nagiba terena, udaljenost od disperzivnog uzorka, udaljenost od izvora, udaljenost od prometnice, udaljenost od rasjeda, udaljenost od vodotoka, udio gline, udio praha, udio pijeska i udio šljunka u pokrivaču.

Jaružanje

U prilogu 24 su prikazani rezultati primjene Hi-kvadrat testa na proces jaružanja. Test je proveden na ukupno 17 faktorskih karata koje su preklopljene s geometrijskim središtima jaruga.

Analiza je pokazala da svi korišteni faktori utječu na prostornu distribuciju jaruga, zbog čega su odabrani za daljnju analizu podložnosti jaružanju, a to su: pokrov zemljišta, disperzivnost površine terena, litologija, nagib terena, srednja godišnja količina oborine, smjer nagiba terena, udaljenost od disperzivnog uzorka, udaljenost od izvora, udaljenost od prometnice, udaljenost od rasjeda, udaljenost od vodotoka, udio gline, udio praha, udio pijeska i udio šljunka u pokrivaču, zakrivljenost površine terena i indeks jakosti toka.

Odronjavanje

U prilogu 25 su prikazani rezultati primjene Hi-kvadrat testa na proces odronjavanja. Za razliku od ostalih procesa, test je proveden na ukupno 10 faktorskih karata koje su preklopljene s geometrijskim središtima sipara. Razlog tomu je što je proces odronjavanja isključivo povezan sa izdancima stijena zbog čega se, na primjer, udio granulometrijskih frakcija u pokrivaču ne može smatrati faktorom odronjavanja.

Analiza je pokazala da na prostornu distribuciju sipara utječu svi testirani faktori, osim srednje godišnje količine oborine. Ovdje je nužno pretpostaviti da isti faktori utječu i na prostornu distribuciju izvorišta materijala i na sipare, jer je u ovom radu analizirana podložnost terena odronjavanju, a ne formiranju sedimentnih tijela sipara, koji nastaju u nešto drugačijim uvjetima od onih koji vladaju na izvorištu materijala. Sipari su ovom istraživanju poslužili da bi se pomoću njih definirali "seed cell" poligoni na izvorištu.

Hi-kvadrat analiza nije provedena s geometrijskim središtima "seed cell" poligona sipara koji se nalaze na izvorištu jer se samo 43 % geometrijskih središta "seed cell" poligona sipara nalazi unutar "seed cell" poligona, 48 % ih se nalazi unutar poligona sipara, a 9 % točaka je izvan i sipara i "seed cell" poligona sipara. Za razliku od navedenog, 95 % geometrijskih središta sipara se nalazi unutar poligona sipara. Zbog toga je analiza napravljena sa geometrijskim središtima sipara, uz pretpostavku da isti faktori utječu i na distribuciju sipara i na distribuciju "seed cell" poligona sipara.

Faktori koji su na temelju testova prikazanih u prilogu 25, određeni za potrebe analize podložnosti odronjavanju su: pokrov zemljišta, litologija, nagib terena, smjer nagiba terena, udaljenost od izvora, udaljenost od prometnice, udaljenost od rasjeda, udaljenost od vodotoka i udaljenost od granice tlo-stijena.

6.3.3. Težinski faktori klasa

Izračuni normaliziranih vrijednosti težinskih faktora preduvjet su izrade karte podložnosti jer definiraju relativni doprinos klasa pojedinog faktora (litologija, nagib itd.) nastanku procesa. U ovom radu su za izračun korištene dvije metode koje su opisane u poglavlju 5.3.6: "Information value method" (IVM) i "Frequency ratio method" (FRM).

Težinski faktori klizanja, puzanja, jaružanja i faktori koji definiraju izvorište sipara su dobiveni upotrebom "seed cell" poligona, dok su za podložnost prekomjernoj eroziji korišteni kartirani poligoni ogolina.

Za izračun težinskih faktora pomoću kojih su dobivene karte podložnosti (prikazane su u poglavlju 6.3.5.), korišten je samo dio poligona (set za izradu modela, *engl. training set*) dok je ostatak poligona svrstan u set za provjeru modela (*engl. validation set*).

Podjela seta podataka na dio za izradu i dio za provjeru modela napravljena je slučajnim odabirom, vodeći računa o generalno ravnomjernoj prostornoj distribuciji oba seta.

Utjecajni faktori, koji doprinose nastanku određenog procesa, odabrani su na temelju inženjerske procjene i iskustva, mogućnosti izrade (dostupnosti) faktorske karte i statističke kvantifikacije primjenom Hi-kvadrat testa o utjecaju faktora na proces. Izuzetak je faktor nagiba terena za koji je Hi-kvadrat test pokazao da nema utjecaj na proces puzanja, ali je svejedno odabran za daljnju analizu podložnosti.

Za provedbu geoprostornih analiza u GIS-u, teren je podijeljen na pravilan raster kvadrata čija duljina stranice iznosi 1 m te je tako nastao jedanmetarski grid kao osnova za zonaciju podložnosti.

Klizanje

Ukupna površina "seed cell" poligona klizišta iznosi 313 793 m^2 od čega je 75 % površine korišteno za izračun težinskih faktora, odnosno izradu karte podložnosti, a 25 % za provjeru dobivene karte podložnosti. Preklopi faktorskih karata sa "seed cell" poligonima klizišta, iz čega proizlaze težinski faktori, prikazani su u prilogu 26. U prilogu 27 su prikazani ulazni podaci za izračun težinskih faktora i težinski faktori za svaku klasu utjecajnih faktora, a koji su rezultat primjene IVM i FRM metode.

Puzanje

Kao i kod procesa klizanja, za izradu karte podložnosti puzanju korišteni su "seed cell" poligoni. Ukupna površina "seed cell" poligona puzišta iznosi 160 802 m^2 od čega je 71 % površine upotrijebljeno za izračun težinskih faktora i izradu karte podložnosti, a preostalih 29 % površine za provjeru dobivene karte podložnosti. Preklopi faktorskih karata sa "seed cell" poligonima puzišta, iz čega proizlaze težinski faktori, prikazani su u prilogu 28. U prilogu 29 su prikazani ulazni podaci za izračun težinskih faktora i težinski faktori za svaku klasu utjecajnih faktora, a koji su rezultat primjene IVM i FRM metode.

Prekomjerna erozija

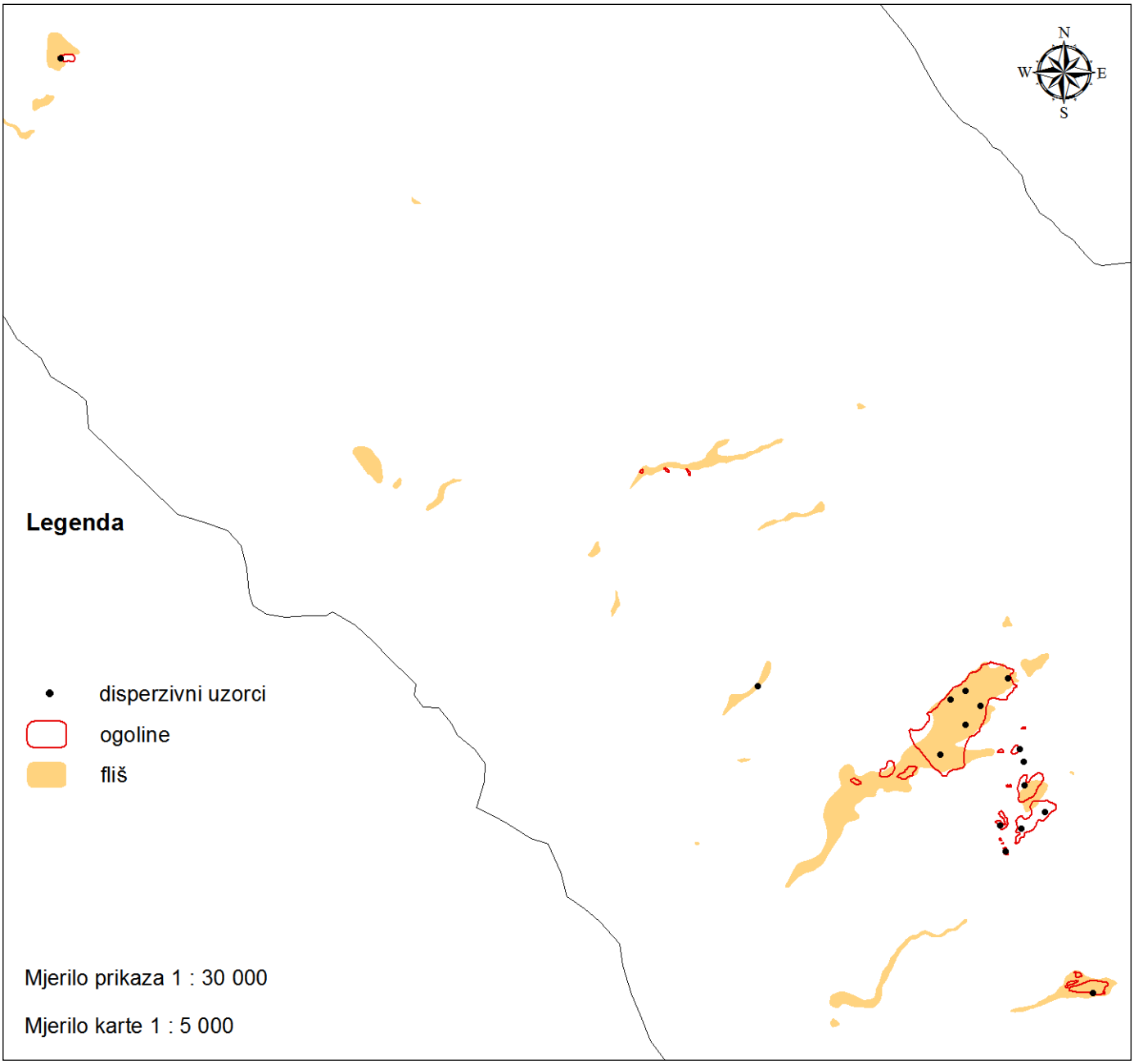
Za izračun težinskih faktora prekomjerne erozije korišteni su svi kartirani poligoni ogolina, a ne "seed cell" poligoni. Razlog tomu je mali i nekvalitetan statistički uzorak te vrlo specifični uvjeti u kojima ogoline nastaju.

Ukupno je kartirano 21, odnosno 26 poligona (vidi poglavlje 6.3.2), a 71% površine zahvaćene prekomjernom erozijom otpada na poligon ogoline s ID brojem 5 koja se nalazi u porječju Slanog potoka.

Osim navedenog, istraživanja su pokazala da je prekomjerna erozija prostorno isključivo povezana s izdancima fliša i dokazanom disperzivnošću materijala pokrivača (slika 6-50 i prilog 18) što su vrlo specifični uvjeti u kojima se javlja ovaj proces.

Ukupna površina ogolina u porječju iznosi 174 482 m^2 od čega je 61 % površine korišteno za izračun težinskih faktora i izradu karte podložnosti, a preostalih 39 % površine za provjeru dobivene karte podložnosti.

Preklopi faktorskih karata s poligonima ogolina, iz čega proizlaze težinski faktori, prikazani su u prilogu 30, a u prilogu 31 su prikazani ulazni podaci za izračun težinskih faktora i težinski faktori za svaku klasu utjecajnih faktora, koji su rezultat primjene IVM i FRM metode.



Slika 6-50. Prostorna međuzavisnost izdanaka fliša, lokacija disperzivnih uzoraka i ogolina. Crna crta predstavlja granicu porječja.

Jaružanje

Težinski faktori za proces jaružanja izračunati su pomoću "seed cell" poligona. Ukupna površina "seed cell" poligona jaruga iznosi 1 893 465 m^2 od čega je 65 % površine korišteno za izračun težinskih faktora i izradu karte podložnosti, a preostalih 35 % površine za provjeru kartu podložnosti. Preklopi faktorskih karata sa "seed cell" poligonima jaruga prikazani su u prilogu 32.

U prilogu 33 su prikazani ulazni podaci za izračun težinskih faktora i težinski faktori za svaku klasu utjecajnih faktora, a koji su rezultat primjene IVM i FRM metode na "seed cell" poligone jaruga.

Odronjavanje

Ukupna površina "seed cell" poligona sipara iznosi 724 726 m^2 od čega je 64 % površine korišteno za izračun težinskih faktora, odnosno izradu karte podložnosti odronjavanju, a 36 % za provjeru dobivene karte podložnosti. Preklopi faktorskih karata sa "seed cell" poligonima sipara, iz čega proizlaze težinski faktori, prikazani su u prilogu 34. U prilogu 35 su prikazani ulazni podaci za izračun težinskih faktora i težinski faktori za svaku klasu utjecajnih faktora, a koji su rezultat primjene IVM i FRM metode.

6.3.4. Težine faktorskih karata

Za svaku faktorsku kartu koja je odabrana za analizu podložnosti terena površinskom procesu, bilo je potrebno izračunati njezinu težinu kojom ona doprinosi konačnom modelu podložnosti, jer utjecaj, npr. litologije na proces klizanja, nije isti kao i utjecaj udaljenosti od izvora, iako su obje karte pomoću Hi-kvadrat testa definirane kao utjecajne, odnosno faktorske.

Izračun težina proveden je na način kako je opisano u poglavlju 5.3.6., a rezultati su prikazani u prilogu 36. U svrhu testiranja utjecaja granulometrijskog sastava pokrivača na kartu podložnosti, za procese klizanja, puzanja, prekomjerne erozije i jaružanja su, osim za obje korištene metode izračuna težinskih faktora klasa (IVM i FRM), dodatno izračunate i težine faktorskih karata za slučaj kada granulometrijske faktorske karte nisu uključene u izradu modela podložnosti. Navedeno nije učinjeno za proces odronjavanja jer je isključivo povezan sa izdancima stijena, zbog čega se svojstva tla pokrivača ne mogu smatrati utjecajnim faktorima odronjavanja.

6.3.5. Karte podložnosti površinskim procesima i njihova validacija

U ovom poglavlju su prezentirane karte podložnosti istraživanim površinskim procesima klizanja, puzanja, prekomjerne erozije, jaružanja i odronjavanja. Sve karte su za potrebe usporedbe napravljene primjenom FRM i IVM metode. Osim toga, u cilju definiranja utjecaja granulometrijskog sastava pokrivača na podložnost, dodatno su primjenom obje metode napravljene karte podložnosti sa i bez faktorskih karata udjela gline, praha, pijeska i šljunka. Navedeno nije napravljeno jedino za proces odronjavanja jer se ono događa na terenima bez pokrivača što znači da bilo koja svojstva pokrivača nisu utjecajni faktor odronjavanja stijenskog materijala.

Za svaku kartu prikazani su rezultati validacije na temelju kojih je utvrđeno koja metoda izračuna težinskih faktora klasa daje bolje rezultate kao i utječe li na preciznost predviđanja granulometrijske faktorske karte. Podaci o validaciji prikazani su postotkom koji izražava preciznost predviđanja i kao takvi predstavljaju egzaktne pokazatelje, a u poglavlju "Diskusija" je kvaliteta pojedinih modela podložnosti prodiskutirana i sa subjektivnog aspekta istraživača.

Klizanje

U prilogu 37 prikazane su dobivene karte podložnosti klizanju i njihov preklop s poligonima klizišta. Validacija karata je napravljena na način kako je opisano u poglavlju 5.3.6., a ulazni podaci za validaciju su reklasificirani model podložnosti i "seed cell" poligoni klizišta za validaciju.

Rezultati validacije za sve četiri karte podložnosti klizanju prikazani su tablicom 6-21.

Tablica 6-21. Rezultati validacije karata podložnosti klizanju.

A (površina istraživanja) (m^2)	VA (površina klizišta za validaciju) (m^2)	KA (kritična površina) (m^2)	KV (površina klizišta za validaciju u sklopu kritične površine) (m^2)	PP (preciznost predviđanja) (%)	Opisna ocjena karte
klizanje - IVM - s granulometrijom					dobra
43566110	78206	17851276	78206	83,94	
klizanje - IVM - bez granulometrije					dobra
43566110	78206	14837621	78178	87,06	
klizanje - FRM - s granulometrijom					povoljna
43566110	78206	1124255	49734	63,07	
klizanje - FRM - bez granulometrije					loša
43566110	78206	515550	29409	37,46	

Puzanje

U prilogu 38 prikazane su dobivene karte podložnosti puzanju i njihov preklop s poligonima puzišta, a validacija karata je napravljena na način kako je opisano u poglavlju 5.3.6. Ulazni podaci za validaciju su reklasificirani model podložnosti i "seed cell" poligoni puzišta za validaciju.

Rezultati validacije za sve četiri karte podložnosti puzanju prikazani su tablicom 6-22.

Tablica 6-22. Rezultati validacije karata podložnosti puzanju.

A (površina istraživanja) (m^2)	VA (površina puzišta za validaciju) (m^2)	KA (kritična površina) (m^2)	KV (površina puzišta za validaciju u sklopu kritične površine) (m^2)	PP (preciznost predviđanja) (%)	Opisna ocjena karte
puzanje - IVM - s granulometrijom					povoljna
43566110	46407	11822258	26637	51,66	
puzanje - IVM - bez granulometrije					povoljna
43566110	46407	17000035	38106	69,65	
puzanje - FRM - s granulometrijom					loša
43566110	46407	10582560	24229	47,59	
puzanje - FRM - bez granulometrije					vrlo loša
43566110	46407	9667140	6316	12,52	

Prekomjerna erozija

U prilogu 39 prikazane su dobivene karte podložnosti prekomjernoj eroziji i njihov preklop s poligonima ogolina koje su rezultat navedenog površinskog procesa. Validacija karata napravljena je na način kako je opisano u poglavlju 5.3.6., a ulazni podaci za validaciju su reklasificirani model podložnosti i poligoni ogolina za validaciju.

Rezultati validacije za sve četiri karte podložnosti prekomjernoj eroziji prikazani su tablicom 6-23.

Tablica 6-23. Rezultati validacije karata podložnosti prekomjernoj eroziji.

A (površina istraživanja) (m^2)	VA (površina prekomjerne erozije za validaciju) (m^2)	KA (kritična površina) (m^2)	KV (površina prekomjerne erozije za validaciju u sklopu kritične površine) (m^2)	PP (preciznost predviđanja) (%)	Opisna ocjena karte
prekomjerna erozija - IVM - s granulometrijom					dobra
43566110	67861	15333723	67861	86,58	
prekomjerna erozija - IVM - bez granulometrije					dobra
43566110	67861	15676227	67009	85,15	
prekomjerna erozija - FRM - s granulometrijom					vrlo dobra
43566110	67861	448435	63495	93,29	
prekomjerna erozija - FRM - bez granulometrije					vrlo dobra
43566110	67861	463570	64532	94,80	

Jaružanje

U prilogu 40 prikazane su dobivene karte podložnosti jaružanju i njihov preklop s poligonima jaruga. Validacija karata napravljena je na način kako je opisano u poglavlju 5.3.6., a ulazni podaci za validaciju su reklasificirani model podložnosti i "seed cell" poligoni jaruga za validaciju.

Rezultati validacije za sve četiri karte podložnosti nastanku jaruga prikazani su tablicom 6-24.

Tablica 6-24. Rezultati validacije karata podložnosti jaružanju.

A (površina istraživanja) (m^2)	VA (površina jaruga za validaciju) (m^2)	KA (kritična površina) (m^2)	KV (površina jaruga za validaciju u sklopu kritične površine) (m^2)	PP (preciznost predviđanja) (%)	Opisna ocjena karte
jaružanje - IVM - s granulometrijom					loša
43566110	656369	12008635	265518	36,36	
jaružanje - IVM - bez granulometrije					povoljna
43566110	656369	27161949	512375	56,49	
jaružanje - FRM - s granulometrijom					vrlo loša
43566110	656369	2164994	69986	10,49	
jaružanje - FRM - bez granulometrije					vrlo loša
43566110	656369	970718	26523	4,01	

Odronjavanje

Karte podložnosti odronjavanju i njihov preklop sa "seed cell" poligonima sipara koji se nalaze na izvorištima materijala prikazane su u prilogu 41. Validacija karata napravljena je na način kako je opisano u poglavlju 5.3.6., a ulazni podaci za validaciju su reklasificirani model podložnosti i "seed cell" poligoni sipara za validaciju. Za razliku od preostala četiri površinska procesa, u izradi ovih karata podložnosti nisu korištene karte udjela granulometrijskih frakcija u pokrivaču jer nisu utjecajni faktori, budući je proces odronjavanja isključivo povezan sa izdancima stijena.

Rezultati validacije za obje karte podložnosti terena odronjavanju prikazani su tablicom 6-25.

Tablica 6-25. Rezultati validacije karata podložnosti odronjavanju.

A (površina istraživanja) (m^2)	VA (površina izvorišta sipara za validaciju) (m^2)	KA (kritična površina) (m^2)	KV (površina izvorišta sipara za validaciju u sklopu kritične površine) (m^2)	PP (preciznost predviđanja) (%)	Opisna ocjena karte
odronjavanje - IVM					povoljna
43566110	261788	26118320	261355	73,74	
odronjavanje - FRM					povoljna
43566110	261788	5405397	187222	68,52	

6.3.6. Karta višestruke podložnosti

Karta višestruke podložnosti ili karta podložnosti multihazardu, izrađena je zbrajanjem karata podložnosti od kojih je za svaki proces odabrana ona najprihvatljivija i najlogičnija. Za procese klizanja, puzanja i jaružanja odabrane su karte podložnosti izrađene IVM metodom bez upotrebe granulometrijskih faktorskih karata, za proces prekomjerne erozije odabrana je podložnost dobivena FRM metodom bez upotrebe granulometrijskih karata i za proces odronjavanja odabrana je karta podložnosti dobivena FRM metodom.

Karta dobivena na opisani način, reklasificirana je istom metodom kao i karte podložnosti površinskim procesima, a prikazana je u prilogu 42.

Prema karti višestruke podložnosti, 19,23 % površine porječja ima vrlo malu podložnost, 32,20 % malu podložnost, 20,93 % umjerenu podložnost, 26,01 % veliku podložnost i 1,64 % vrlo veliku podložnost multihazardu.

7. DISKUSIJA

7.1. Primjena digitalnog modela terena (DTM-a) u porječju Dubračine

Za potrebe istraživanja površinskih procesa u porječju Dubračine, metodom laserskog skeniranja iz zraka, prikupljeni su podaci za izradu digitalnog model terena rezolucije 1 m. Model je korišten za daljinsko kartiranje klizišta, puzišta, jaruga i sipara, dok su ogoline kartirane pomoću DOF-a. Osim za potrebe kartiranja, model je korišten i za izradu topografskih atributa koji proizlaze iz modela terena, a neophodni su u prostornim analizama podložnosti u GIS-u, kao što su karta nagiba i smjera nagiba terena.

Vizualna analiza modela na razini mjerila 1 : 5 000, u kombinaciji s DOF-om, je pokazala svu svrsishodnost primjene takvog tipa podatka u istraživanju površine terena.

Klizišta, puzišta, jaruge i sipari su u velikoj većini slučajeva jasno prepoznatljivi procesi na modelu. Za potrebe vizualne usporedbe daljinskih istraživanja s terenskim, u slučaju klizišta i puzišta obavljena je i terenska verifikacija događaja na padini koja je potvrdila učinkovitost modela u svrhu kartiranja terena. Sva puzišta koja su daljinski kartirana i određena za verifikaciju su ujedno potvrđena i terenski. Kod klizišta je u samo četiri slučaja terenska verifikacija pokazala da nije riječ o prirodnom geomorfološkom procesu.

Ipak, primjena visokorezolucijskog modela terena u porječju Dubračine pokazala je i neka bitna ograničenja, kada govorimo o kartiranju površinskih procesa. Ona su povezana sa specifčnostima područja istraživanja.

Dijelovi terena koje karakterizira prekomjerna erozija, odnosno ogoljavanje uzrokovano disperzivnošću materijala, su dijelovi na kojima pouzdanost daljinskog kartiranja opada. S povećanjem vlažnosti disperzivni materijali rapidno gube koheziju što ih čini ekstremno erodibilnima. Navedeno za posljedicu ima pojavu brojnih ožiljaka i denivelacija u terenu koje na modelu terena mogu upućivati na morfologiju klizanja koja to zapravo nije, već je riječ o morfologiji koja je posljedica prekomjerne erozije. Takve površine zahtjevaju kartiranje klizišta primarno terenskim radom, u sklopu kojeg se trebaju generalno definirati granice klizišta (ako klizišta postoje) te ih doraditi uredski upotrebom modela terena. Na taj način se od velikog broja morfoloških pokazatelja navodnog klizanja u sklopu terena kojeg karakterizira prekomjerna erozija, mogu na temelju terenskog rada na modelu odabrati u prostoru oni pokazataelji za koje je pouzdano utvrđena povezanost s klizanjem, a ne erozijom.

To je bio način kartiranja klizišta u porječju Dubračine koja se nalaze u sklopu poligona prekomjerne erozije.

Ovdje treba naglasiti da je broj klizišta u sklopu ogolina moguće bio i veći, nego što je to utvrđeno kartiranjem, ali su zbog velike erodibilnosti materijala zone akumulacije erodirane, što onemogućava da se takva lokacija sa sigurnošću definira kao klizište. Na modelu terena se navedeno manifestira izostankom izohipsi koje međusobno divergiraju.

Visokorezolucijski model terena u ovom radu korišten je i za analize nagiba terena, s kojima se pokušalo ukazati na moguću opravdanost primjene "seed cell" koncepta, a analize su napravljene na procesima klizanja i puzanja.

Istraživanjima je utvrđeno da su klizišta u porječju Dubračine nastala na nagibima koji su u rasponu od 9° do 29° pri čemu se misli na generalni nagib padine definiran pomoću izohipse iznad i ispod klizišta, koje nisu poremećene klizanjem. Unutar navedenog raspona, 74 % površine od ukupne zahvaćene klizanjem nalazi se na nagibima od 12° do 21°.

Na razini cijelog porječja je pomoću ćelija DTM-a ustanovljeno da je udio nagiba od 0° do 12° veći u "seed cell" poligonima nego u klizištima, a udio nagiba od 12° do 40° veći je u klizištima nego u "seed cell" poligonima. Ako pretpostavimo za idealan slučaj da je udio pojedinih klasa nagiba bio isti i u "seed cell" poligonim i u dijelovima padina koja će tek postati klizišta, navedeno ukazuje na deformacije uzrokovane pomacima. Isti trendovi, ali još izraženiji su primijećeni na 15 slučajno odabranih klizišta (slika 6-5) gdje je udio površine s nagibima do 18° veći u "seed cell" poligonima, nego u klizištu, a udio nagiba koji su jednaki ili veći od 18° je veći u klizištima nego u "seed cell" poligonima što je naročito izraženo za klasu nagiba od 24° do 40°. Očito je kako u klizištima, kao posljedica deformacija uzrokovanih klizanjem, dolazi do povećanja udjela većih nagiba na račun udjela manjih nagiba, u usporedbi sa stanjem prije klizanja, što se može smatrati afirmativnim u kontekstu primjene "seed cell" koncepta prema kojem su uvjeti oko klizišta reprezentativniji od onih unutar klizišta, u smislu definiranja budućih lokacija klizanja.

Za razliku od klizišta, puzišta u porječju Dubračine nastaju na nagibima koji su u rasponu od 8° do 13° pri čemu se 85 % površine od ukupno zahvaćene puzanjem nalazi na nagibima od 8° do 10°.

U skladu s histogramom prikazanim na slici 6-11, udio površine pod nagibima do 8°, gdje nema puzanja, veći je u "seed cell" poligonima nego u poligonima puzišta, dok je udio nagiba od 8° do 19° veći u poligonima puzišta nego u "seed cell" poligonima. Navedeno

indirektno dokazuje poremećenost terena unutar puzišta u odnosu na intaktni dio padine, gdje je zbog pomaka došlo do povećanja udjela većih nagiba, što se, kao i u slučaju klizanja, može smatrati afirmativnim u kontekstu primjene "seed cell" koncepta.

Kada je riječ o ogolinama, pomoću izohipse iznad i ispod ogoline utvrđeno je da nastaju na generalnim nagibima padina koji su u rasponu od 5° do 28° s naznakom da izrazito dominiraju nagibi od 15° do 25° (slika 6-15). Za potrebe izrade karata podložnosti prekomjernoj eroziji, "seed cell" koncept nije korišten jer su uvjeti o kojima ovisi nastanak ogolina u porječju Dubračine vrlo specifični i isključivo su vezani za disperzivnost površine terena i izdanke fliša.

Jaružanje kao proces se u porječju Dubračine javlja u tlima i stijenama, a pokriva sve nagibe terena, od nagiba većih od 50° koji se javljaju na karbonatnim liticama koje omeđuju udolinu do subhorizontalnih nagiba aluvijalne ravnice, zbog čega slične analize nije imalo smisla raditi.

Kada govorimo o siparima, u ovom radu su definirani kutovi generalnih nagiba odlaganja koji su u porječju Dubračine u rasponu od 13° do 35°, a određivanje "seed cell" poligona sipara imalo je za cilj odrediti površine terena za koje se pretpostavlja da objektivno definiraju uvjete na izvorištu materijala pomoću kojih su izrađene karte podložnosti odronjavanju. Sedimentno tijelo sipara je u ovom kontekstu poslužilo samo da bi se došlo do uvjeta na izvorištu, dok sami uvjeti u kojima se sipari nalaze, u ovom radu nisu bili predmet istraživanja.

7.2. Geotehničke značajke uzorkovanih tala

Granulometrijske analize tala imale su za cilj prostorno definirati razlike u sastavu koje su prezentirane kartama udjela pojedinih frakcija. Preklopom tih karata s inventarima procesa, izračunati su težinski faktori klasa udjela pojedinih frakcija u tlu, što je omogućilo korištenje tih karata u prostornim analizama podložnosti.

Metodologija koja je primijenjena u ovom istraživanju za potrebe laboratorijskog određivanja granulometrijskog sastava tla, se u jednom bitnom detalju razlikuje od uobičajene prakse u laboratorijima za mehaniku tla. Naime, u ovom radu je korištena ultrazvučna mješalica, koja uz antikoagulator, značajno poboljšava disperziju čestica u mjernoj posudi. Posljedica navedenog je povećani udio frakcije gline na račun frakcije praha, u odnosu na rezultate granulometrijske analize bez upotrebe ultrazvučne mješalice. To znači da rezultati granulometrijskih analiza tala u porječju Dubračine, koji bi bili dobiveni bez upotrebe

ultrazvučne miješalice, ne bi bili u potpunosti usporedivi s rezultatima koji su prezentirani u ovom radu.

Prosječni sastav tala uzorkovanih u sklopu litološke jedinice fliš ($E_{2,3}$) je sljedeći: šljunak 1,96 %, pijesak 11,42 %, prah 54,64 % i glina 31,99 %. Prema korištenom ISO standardu, takvo tlo se klasificira kao prahovita glina (siCl). Svi analizirani uzorci unutar ove jedinice klasificirani kao sitnozrnata tla koja su dominantno nastala trošenjem fliša.

Tla u sklopu litološke jedinice stratigrafske oznake Q_{dpr1} su velikom većinom krupnozrnata, sljedećeg prosječnog sastava: šljunak 80,44 %, pijesak 8,02 %, prah 7,58 % i glina 3,95 %, što tlo klasificira kao šljunak (Gr), unutar kojeg se često nalaze i blokovi dimenzija nekoliko decimetara. U sklopu ove jedinice se vrlo rijetko nalaze i sitnozrnata tla koja se generalno mogu klasificirati kao šljunkovito glinoviti prah (grclSi). Ovakav tip pokrivača u porječju Dubračine nastao je trošenjem karbonata, a sitnozrnata komponenta u takvim tlima je slična *terra rossa*-i.

U sklopu litološke jedinice stratigrafske oznake Q_{dpr2} dominiraju sitnozrnata tla prosječnog sastava šljunak 16,54 %, pijesak 9,68 %, prah 44,24 % i glina 29,54 %, što tlo klasificira kao prahovitu glinu (siCl). Osim sitnozrnatih, u ovoj jedinici se nalaze i krupnozrnata tla prosječnog sastava šljunak 66,84 %, pijesak 6,75 %, prah 13,71 % i glina 12,70 %, što tlo klasificira kao prahoviti šljunak (siGr). Krupnozrnata tla u ovoj jedinici su nastala trošenjem karbonatne stijenske mase, dok su sitnozrnata miješanog porijekla, mjestimično su dominantno nastali trošenjm fliša, a mjesitimično dominantno trošenjem karbonata.

Tla u sklopu litološke jedinice deluvij (Q_{dl}) su velikom većinom sitnozrnata prosječnog sastava šljunak 10,77 %, pijesak 10,66 %, prah 46,11 % i glina 32,45 %, što tlo klasificira kao prahovitu glinu (siCl). Prosječni granulometrijski sastav krupnozrnatih tala unutar deluvija je sljedeći: šljunak 67,11 %, pijesak 7,75 %, prah 11,58 % i glina 13,56 % što tlo klasificira kao glinoviti šljunak (clGr). Krupnozrnata tla u deluviju su dominantno nastala trošenjem karbonatne stijenske mase, a sitnozrnata dominantno trošenjm fliša.

Tla koja izgrađuju aluvijalnu ravnicu (Q_{al}) rijeke Dubračine uglavnom su sitnozrnata u gornjim dijelovima toka, a u donjim krupnozrnata. U ovoj jedinici analizirana su samo tri uzorka, dva sitnozrnata prosječnog sastava šljunak 17,62 %; pijesak 6,10 %; prah 50,01 % i glina 26,28 %, što tlo klasificira kao prahovitu glinu (siCl) i jedan krupnozrnati uzorak koji je klasificiran kao prahoviti šljunak (siGr).

Temeljem rezultata granulometrijskih analiza, izrađene su karte udjela gline, praha, pijeska i šljunka u tlu pokrivaču koje su korištene u analizama podložnosti površinskim

procesima. Time je djelomično nadomješten nedostatak inženjerskogeoloških karata porječja rijeke Dubračine koje bi bile korištene u analizama podložnosti.

Kao geološka podloga, bez koje ne bi bilo moguće izraditi ovaj rad, korištena je geološka karta porječja Dubračine mjerila 1 : 5 000 (prilog 8). Na spomenutoj karti određenu površinu prekrivaju sedimenti fliša koji često na svojoj površini imaju razvijen pokrivač i do nekoliko metara debljine, što je slučaj i u porječju Dubračine. To znači da fliš kao litološki faktor klizanja skoro uopće ne postoji, već je to tlo za koje bi se kartiranjem moglo utvrditi da je dominantno nastalo trošenjem fliša u podlozi. U skladu s navedenim, inženjerskogeološko kartiranje bi izdvojilo i površine pod pokrivačem koji je dominatno nastao trošenjem karbonatne stijenske mase, što bi za potrebe zonacije bilo puno primjenjivije. Terenskim radom je utvrđeno da procesi klizanja, puzanja i ogoljavanja uglavnom nisu povezani s područjima gdje se na površini nalazi pokrivač koji je dominantno nastao trošenjem kabonata, bez obzira što bi istraživačko bušenje vjerojatno u određenom broju slučajeva pokazalo da se ispod njega nalazi padinski materijal koji je dominantno nastao trošenjem fliša.

Tla nastala trošenjem karbonata su u velikom broju slučajeva granulometrijski i mineraloški bitno različita od tala nastalih trošenjem fliša. Zahvaljujući granulometrijskom sastavu u kojem prevladava krupnozrnata komponenta, imaju bolju drenažu i veće kutove unutarnjeg trenja, što ide u prilog stabilnosti pokrivača na padini. U slučajevima kada predstavljaju topografsku krovinu materijalu koji je nastao trošenjm fliša, štite ga od direktnog utjecaja oborina i stalne izloženosti procesu sušenja-vlaženja, što izrazito destruktivno djeluje na flišnu stijensku masu i njene produkte trošenja.

Na slici 7-1 prikazana su dva tipa pokrivača, od kojih je jedan nastao trošenjem karbonata, a drugi fliša, koji se mogu terenskim radom kartirati.

Slika 7-1. Dva tipa pokrivača koja se razlikuje prema vrsti matične stijene: A – šljunak nastao trošenjem karbonata; B – prahovita glina nastala trošenjem fliša.

Osim što bi kartiranje spomenuta dva tipa pokrivača dalo jednu značajnu faktorsku kartu, iz nje bi bilo moguće generirati još jednu, a to je karta udaljenosti od kontakta ova dva tipa pokrivača. Istraživanja su pokazala kako je kontakt krupnozrnatog pokrivača dominantno nastalog trošenjem karbonata i sitnozrnatog pokrivača dominantno nastalog trošenjem fliša, u prostoru zapravo mogući predefinirani tlocrtni položaj čeone pukotine budućeg klizišta. Navedeno je ilustrirano u prilogu 43 iz kojeg se, u kombinaciji s terenskim radom, vidi sljedeće:

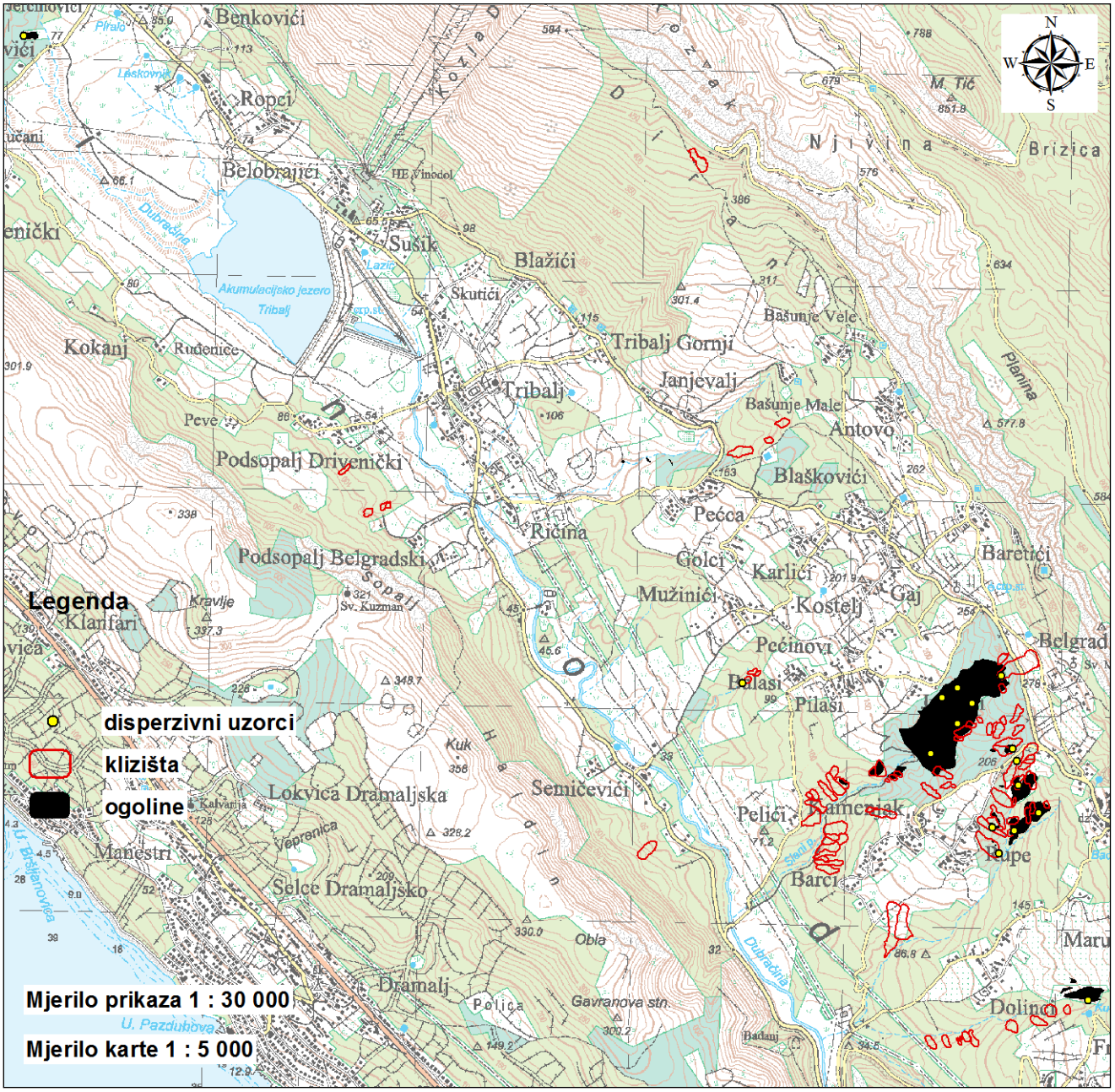
- Na DOF-u originalnog mjerila 1 : 5 000 crvenom su crtom prikazane granice klizišta s ID brojevima 42 i 43, plavom crtom položaj shematskog presjeka padine i s tri žute točke položaji snimanja fotografija.
- Na priloženim fotografijama se vidi da je intaktni dio padine vidljiv u čeonoj pukotini oba klizišta izgrađen od krupnozrnatog pokrivača koji je nastao trošenjem karbonata;
- Nizbrežni dio padine izgrađuje sitnozrnati pokrivač nastao trošenjem fliša;
- Stijensku osnovu mikrolokacije čini fliš, a moguće i karbonatna stijenska masa u najvišim dijelovima padine;
- Na dva shematizirana inženjerskogeološka presjeka padine prikazan je generalni model slojeva prije i nakon klizanja s naznakom da model nakon klizanja odražava stvarnu topografiju koja je zabilježena u trenutku snimanja površine terena laserom iz zraka za potrebe izrade digitalnog modela terena;
- Čeona pukotina oba klizišta nastala je u gornjem dijelu padine u zoni kontakta krupnozrnatog pokrivača nastalog trošenjem karbonata i sitnozrnatog pokrivača nastalog trošenjem fliša;
- Predefinirani položaj čeone pukotine posljedica je bitno različitih hidrogeoloških svojstava dva tipa pokrivača od kojh pokrivač nastao trošenjem karbonata predstavlja dobro propusnu sredinu, a pokrivač nastao trošenjem fliša slabo propusnu sredinu, što na njihovom kontaktu stvara porni tlak koji uzrokuje nastanak vlačne pukotine i početak razvoja klizišta;
- Model pretpostavlja rotacijsko klizanje u gornjem dijelu i translacijsko klizanje u donjem dijelu padine, gdje kontakt sa svježim flišnim sedimentima u podlozi predstavlja najdublju moguću kliznu plohu.

Porječje Dubračine je za sada jedina lokacija u Hrvatskoj gdje je dokazan mineral tenardit, a moguće je i jedina lokacija gdje se na površini i plitko pod površinom nalaze prirodno disperzivna tla. Zbog toga je bilo logično istražiti prostornu distribuciju disperzivnosti u porječju te ju povezati s prostornom distribucijom kartiranih procesa. U ovom radu je disperzivnost materijala definirana temeljem koncentracije iona natrija u ekstraktu tla pokrivača. Međutim, prije toga je bilo nužno definirati koja je to granična koncentracija nakon koje se uzorak smatra disperzivnim. To je učinjeno pomoću disperzivnih uzoraka na kojima su u ekstraktu određene koncentracije iona natrija, kalija, kalcija i magnezija. Rezultati su prikazani u dijagramu na slici 6-31, a način određivanja granične koncentracije na slici 6-32.

Treba napomenuti da je koncentracija iona natrija od 138 ppm koja je određena kao granica disperzivnih i moguće disperzivnih materijala te 92 ppm kao granica moguće disperzivnih i nedisperzivnih materijala, u tom smislu definirana samo za porječje Dubračine, dok se način određivanja granične koncentracije može smatrati primjenjivim i na bilo koja druga područja koja karakterizira disperzivnost.

Svojstvo disperzivnosti izravno utječe na pojavu prekomjerne erozije i ogoljavanja, a može se postaviti pitanje utječe li i na pojavu procesa klizanja?

Na slici 7-2 prikazan je preklop lokacija disperzivnih uzoraka s poligonima klizišta i ogolina iz kojeg je vidljivo da u prostoru postoji određeni stupanj međuzavisnosti.



Slika 7-2. Prostorna međuzavisnost lokacija disperzivnih uzoraka, klizišta i ogolina prikazana na topografskoj podlozi originalnog mjerila 1 : 25 000.

U cilju usporedbe vrijednosti kohezije i kuta unutarnjeg trenja kod disperzivnih i nedisperzivnih glina, devet uzoraka podvrgnuto je izravnom smicanju, od čega su četiri bila nedisperzivna, a pet uzoraka disperzivna. Rezultati smicanja prikazani su u tablici 6-14 iz kojih se vidi da se vrijednosti kohezije i kuta unutarnjeg trenja disperzivnih i nedisperzivnih glina preklapaju. Kako bi rezultati smicanja bili usporedivi, nužno je bilo ispitati granulometrijski vrlo slične uzorke kako bi se utjecaj granulometrijskog sastava isključio kao varijabla koja utječe na rezultat. Nakon definiranja granulometrijski pogodnih uzoraka, trebalo je zadovoljiti uvjet da je jedna grupa uzoraka disperzivna, a druga nedisperzivna.

Kako su disperzivni tereni jako podložni eroziji, materijali na padini za koje je bilo očito da su pod utjecajem konstantnog pretaložavanja, za pokus izravnog smicanja nisu dolazili u obzir. Doda li se tome da istraživačko bušenje nije bila metoda istraživanja primjenjena u ovom radu, sve skupa je utjecalo na relativno mali broj uzoraka pogodnih za ovu vrstu ispitivanja.

Dijagram na slici 6-36 pokazuje da povećanje vlažnosti disperzivnog uzorka dovodi do gubitka kohezije čime su izravno putem vlage dovedeni u vezu svojstvo disperzivnosti i parametar čvrstoće koji je nezaobilazan u geotehničkom projektiranju. U tom smislu je ispitano samo pet neporemećenih uzorka zbog ograničenja o kojima je trebalo voditi računa da bi ispitivanja bila vjerodostojna i koja su prethodno navedena.

Treba naglasiti da povećanje vlažnosti generalno dovodi do redukcije parametara čvrstoće prahova i glina, bez obzira je li materijal disperzivan ili ne, a iz dijagrama na slici 6-36 moguće proizlazi da se gubitak kohezije disperzivnih materijala s povećanjem vlažnosti događa po određenom zakonu koji se može definirati jednadžbom prikazanoj na slici 6-36.

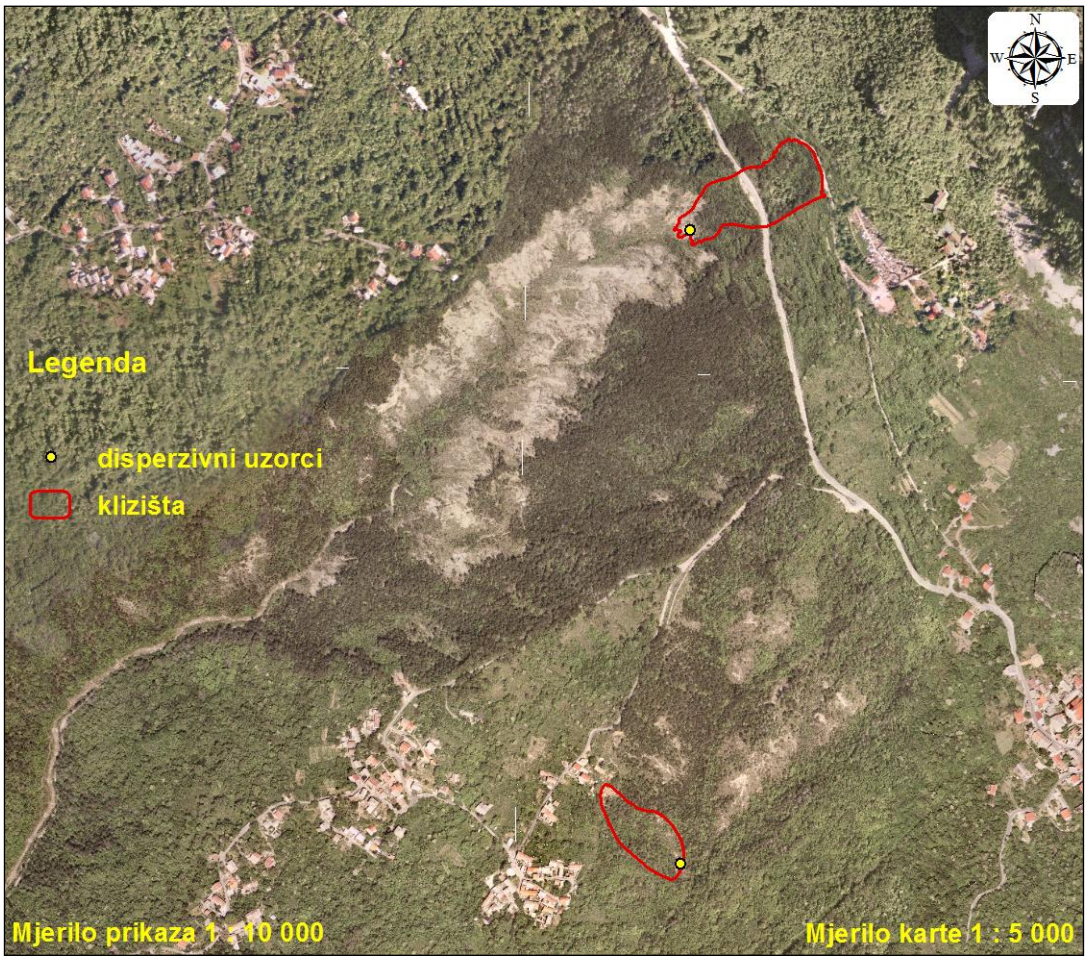
Pomoću indeksa plastičnosti i udjela frakcije gline u uzorku se može dobiti aktivnost gline, a vrijednosti su pokazale da se nedisperzivni i disperzivni materijali prema aktivnosti ne razlikuju, kao ni prema indeksima plastičnosti i granici tečenja čije vrijednosti se također preklapaju. Jedino treba naglasiti da među disperzivnim uzorcima nisu registrirani materijali koji bi se prema plastičnosti klasificirali kao nisko ili visokoplastični prahovi.

Pokus sušenja-vlaženja je pokazao kako gotovo trenutno dovodi do dezintegracije disperzivnih tala u porječju Dubračine, što nije slučaj s nedisperzivnim i detektiran je kao pokus koji, osim provedenih kemijskih analiza, može jasno razlikovati ova dva materijala.

Na čeonoj pukotini klizišta s ID brojem 28 (slika 6-34) su primjećeni tragovi kristalizacije tenardita što nedvojbeno ukazuje na prisutnost disperzivnih materijala i na većim dubinama, ne samo na površini ili plitko pod površinom. Imajući u vidu rezultate laboratorijskih istraživanja, može se pretpostaviti disperzivnošću uzrokovano postojanje oslabljenih zona u volumenu tla, u sklopu kojih se na određenim dubinama inicira nastanak klizne plohe koja se dalje razvija u materijalu neovisno o disperzivnosti, već o geometriji padine i litološkom sastavu.

Osim na prethodno opisani način, pojedine lokacije disperzivnih materijala ukazuju na još jedan mogući mehanizam nastanka klizišta povezan s disperzivnošću. Na slici 7-3 su prikazane dvije lokacije klizišta u čijim nožicama su dokazane disperzivne gline. Imajući u vidu rezultate istraživanja koji su pokazali da se disperzivni materijali dezintegriraju sušenjem-vlaženjem, da gube koheziju s povećanjem vlažnosti i da su podložni prekomjernoj

eroziji, prisustvo takvih materijala u nožici padine predstavlja faktor koji nužno vodi nastanku klizišta.

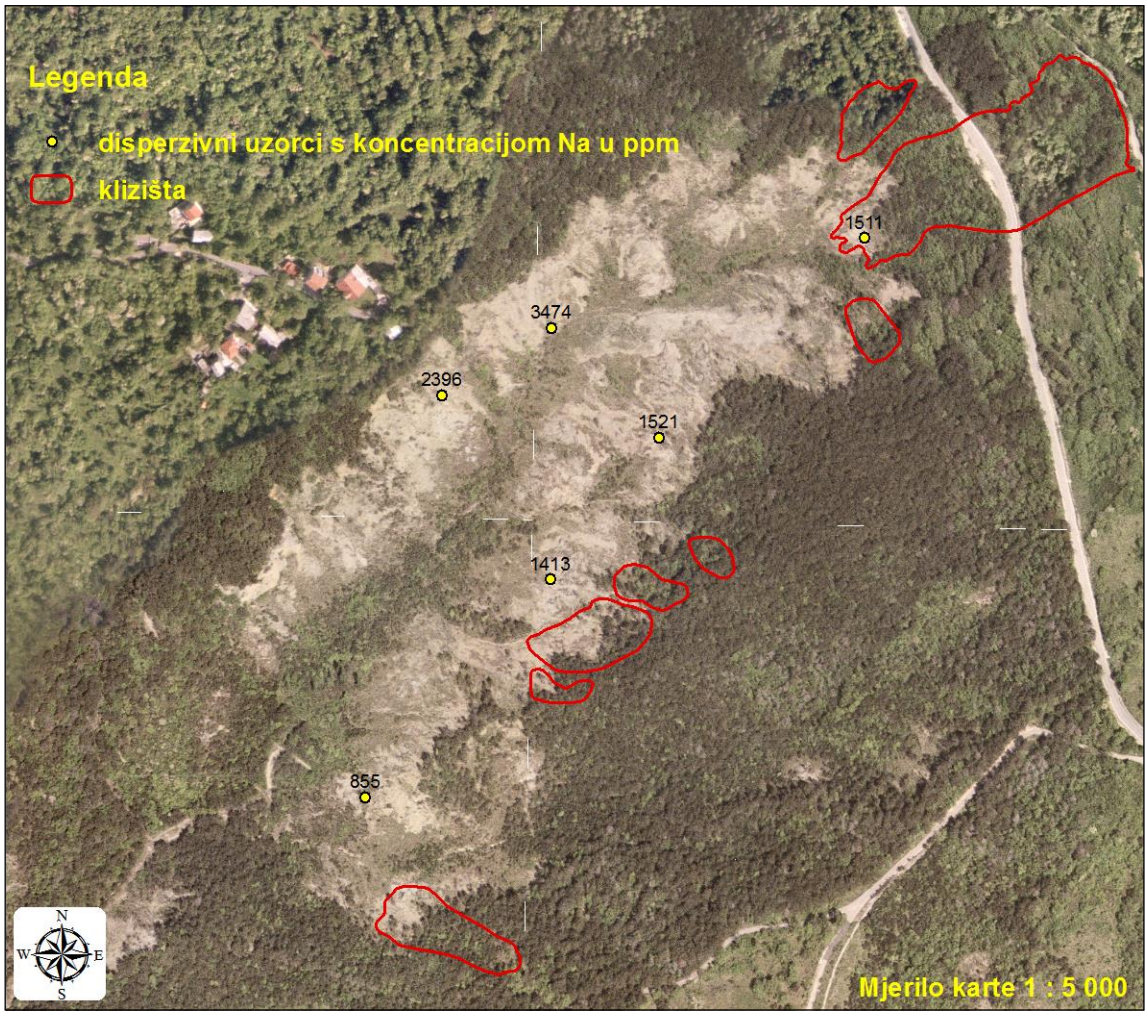


Slika 7-3. Lokacije dva klizišta u čijim nožicama su dokazane disperzivne gline, što predstavlja faktor koji vodi nastanku klizišta.

Na slici 7-4 je na DOF-u vidljiva ogolina s ID brojem 5 koja je nastala kao posljedica prekomjerne erozije uzrokovane disperzivnošću tla. Na njenim rubovima su kartirana klizišta, ali samo na istočnoj strani ogoline, dok na zapadnom rubu, klizišta u vrijeme kartiranja nisu registrirana.

Ako isključimo varijablu prekomjerne erozije koja je možda uništila tragove klizanja, a koji su možda postojali i ako zanemarimo utjecaj ostalih faktora, koncentracija iona natrija u pornoj vodi tla je možda ključan faktor zbog kojeg klizišta na zapadnoj strani ogoline u vrijeme kartiranja nisu registrirana (slika 7-4). Kao što se vidi na slici, koncentracija iona natrija u ekstraktu tla pokrivača je u sklopu ogoline iznimno velika, ali istovremeno i bitno različita, ako se usporedi istočna i zapadna strana. Na istočnoj strani minimalna zabilježena

vrijednost iznosi 855 ppm, a na zapadnoj maksimalna zabilježena vrijednost je 3 474 ppm što je oko četiri puta više. Iz navedenog se može zaključiti kako je moguće da ekstremno velike koncentracije iona natrija u pornoj vodi tla ne dopuštaju nastanak klizišta jer će materijal primarno biti pod utjecajem prekomjerne erozije kao površinskog procesa. Erodirani materijal se transportira u niže nadmorske visine što bitno reducira debljinu pokrivača u gornjem dijelu padine, gdje se u slučaju procesa klizanja, očekuje nastanak vlačnih pukotina koje ukazuju na početni stadij razvoja klizišta. Na mikrolokacijama s vrlo malom debljinom pokrivača od nekoliko desetaka centimetara kao posljedicom prekomjerne erozije, ne treba očekivati pojave klizanja.



Slika 7-4. Distribucija klizišta i koncentracije iona natrija u ekstraktu tla pokrivača u sklopu ogoline s ID brojem 5 (porječje Slanog potoka).

7.3. Faktorske karte

Nakon izrade inventara površinskog procesa, drugi važan korak prema kvalitetnoj karti podložnosti je izrada i odabir faktorskih karata koje utječu na proces. U ovom radu ukupno je pripremljeno 18 faktorskih karata: pokrov zemljišta, disperzivnost površine terena, litologija, nagib terena, srednja godišnja količina oborine, smjer nagiba terena, udaljenost od disperzivnog uzorka, udaljenost od izvora, udaljenost od prometnice, udaljenost od rasjeda, udaljenost od vodotoka, udio gline, udio praha, udio pijeska i udio šljunka u pokrivaču, zakrivljenost površine terena, indeks jakosti toka i karta udaljenosti od granice tlo-stijena.

Odabir karata za definiranje podložnosti pojedinom procesu, u ovom radu je određeno na temelju dva kriterija. Jedan kriterij predstavlja inženjersku logiku koja mora biti zadovoljena da bi se faktorska karta koristila u analizi podložnosti površinskom procesu. Na primjer, nožica padine na kojoj su registrirane naslage pokrivača u dnu koje postoji vodotok, predstavlja uvjete koji zbog erozije nožice preferiraju nastanak klizišta. Navedeno je argument za primjenu karte udaljenosti od vodotoka kao faktorske, jer se može pretpostaviti da je vjerojatnost klizanja određene točke u prostoru veća što je točka bliže vodotoku.

Drugi kriterij baziran je na statističkom testu značajnosti koji daje odgovor na pitanje je li prostorna distribucija procesa pod utjecajem određenog faktora. U ovom radu je u tu svrhu korišten Hi-kvadrat test, a faktori za koje test nije pokazao da utječu na prostornu distribuciju, nisu odabrani u svrhu izrade karte podložnosti.

Izuzetak je napravljen s procesom puzanja za koji je test značajnosti pokazao da na taj proces utječe osam faktora od 16 testiranih. Među faktorima za koje je test pokazao da ne utječu na proces je i nagib terena. Međutim, van Westen i dr. (2008) navode kako je nagib najvažniji faktor gravitacijskih pokreta, zbog čega je ipak odabran za analizu podložnosti puzanju, iako rezultati Hi-kvadrat testa sugeriraju suprotno.

Razlog nelogičnom rezultatu je vrlo vjerojatno mali statistički uzorak, jer se inventar puzišta sastoji od samo 13 poligona. U prilog navedenom idu rezultati testa prikazani u tablicama 6-19 i 6-20 gdje je testiran utjecaj nagiba terena i pokrova zemljišta na prostornu distribuciju puzišta, ali s inventarom koji broji 15 puzišta, gdje je za potrebe testa pretpostavljeno u kojim klasama faktora bi se nalazila dva dodatna puzišta, koja kartiranjem nisu utvrđena. Rezultati takvog testa su pokazali da i nagib i pokrov sada utječu na proces, što nije bio slučaj s testom koji je proveden s 13 stvarno kartiranih puzišta.

Često za određeno područje istraživanja nije moguće pripremiti sve faktorske karte za koje je očito da su bitne za određeni proces, jer bi cijena izrade karata bila takva, da bi

cjelokupno istraživanje učinila iracionalnim, a u konačnici možda ne bi toliko utjecala na finalni izgled karte podložnosit. Primjer jedne takve karte je karta debljine pokrivača, odnosno dubine do osnovne stijene. Može se pretpostaviti da je vjerojatnost pojave, na primjer klizišta i puzišta, veća što je debljina pokrivača veća. Za potrebe izrade ove karte nužna su istraživanja koja bi uključivala strojno istraživačko bušenje i geofizička istraživanja geoelektričnom tomografijom te plitkom seizmičkom refrakcijom. Pokrivanje velikih površina ovim metodama istraživanja samo za potrebe zonacije podložnosti, nije racionalno, zbog čega takva karta za porječje Dubračine vjerojatno nikada neće biti izrađena.

7.4. Težinski faktori klasa i težine utjecajnih faktora

Težinski faktori predstavljaju relativni brojčani pokazatelj doprinosa klase faktora nastanku procesa. U ovom radu su za izračun težinskih faktora klasa korištene dvije metode, "Information value method" (IVM) i "Frequency ratio method" (FRM). Ako se vizualno usporede normalizirani težinski faktori obje metode, lako je uočiti da su međusobne razlike između faktora koji su izračunati FRM metodom bitno veće u odnosu na razlike između faktora koji su izračunati IVM metodom. To znači da je kod faktora koji su izračunati prema FRM metodi puno lakše uočiti klase koje najviše, odnosno najmanje doprinose nastanku procesa. Naravno, obje metode imaju isti redoslijed klasa unutar pojedinog utjecajnog faktora, s obzirom na relativni doprinos nastanku procesa koji se procijenjuje iz vrijednosti težinskih faktora.

Pomoću težinskih faktora klasa izračunate su težine kojom svaka pojedina faktorska karta doprinosi konačnom modelu, odnosno karti podložnosti, iz kojih je vidljivo koji utjecajni faktori najviše doprinose konačnom izgledu zonacijske karte. Način na koji su izračunate težine svake pojedine faktorske karte opisan je u poglavlju 5.3.6., a rezultati izračuna u poglavlju 6.3.4. (vidi prilog 36).

7.4.1. Klizanje

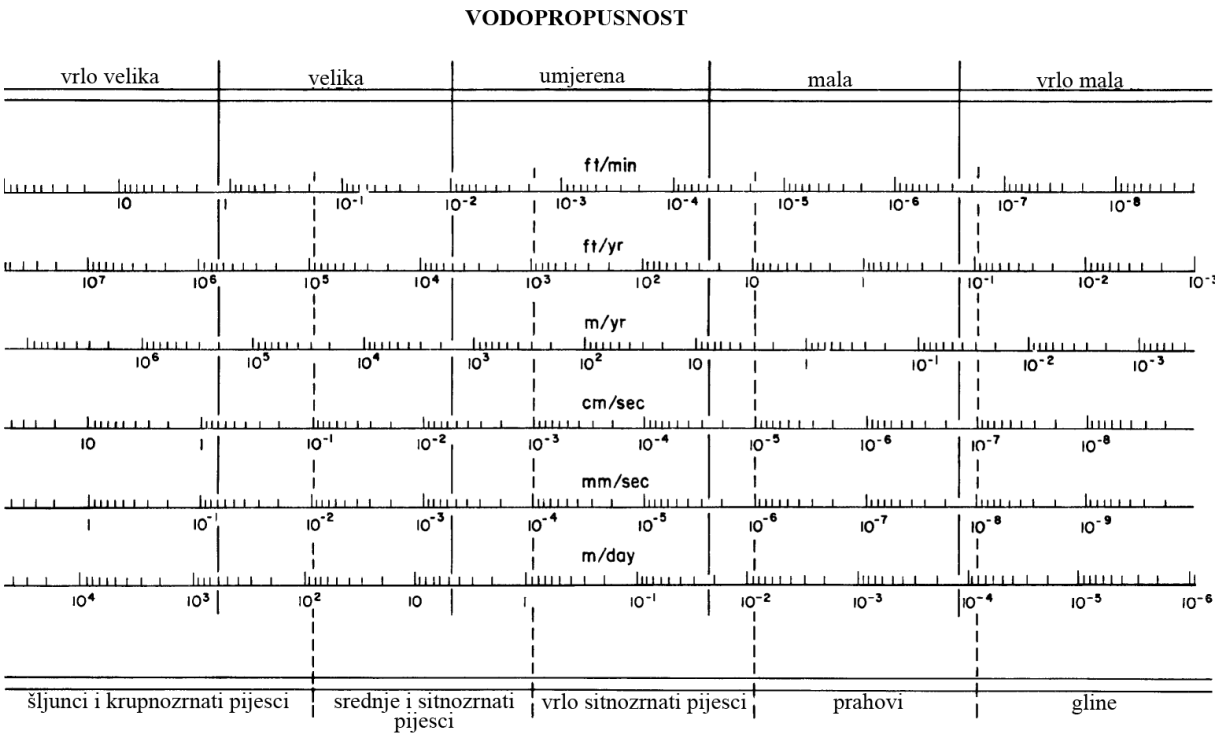
U skladu s rezultatima prikazanim u prilogu 36, kada je riječ o podložnosti klizanju dobivenoj IVM metodom s primjenom granulometrijskih karata, litologija, pokrov zemljišta, udio šljunka u pokrivaču te srednja godišnja količina oborine su faktori koji sumarno utječu na konačni izgled karte s udjelom od 71,92 %, a preostalih 11 faktora s udjelom 28,08 %.

Najveći težinski faktor u sklopu litološke faktorske karte ima fliš, od klasa pokrova zemljišta isto se odnosi na crnogoričnu šumu, od klasa udjela šljunka u pokrivaču najveći faktor ima klasa udjela od 0 % do 22 %, dok najveći težinski faktor u sklopu srednje godišnje količine oborine ima klasa od 1 260 do 1 400 mm.

Budući je litologija s flišom kao litološkom jedinicom najznačajniji faktor klizanja u porječju Dubračine definiran IVM metodom, to je imalo za posljedicu da u sklopu pokrova zemljišta crnogorična šuma ima najveći težinski faktor, što je povezano s razlikama u vegetaciji koja se razvija na tlima nastalim trošenjem fliša u odnosu na vegetaciju koja se razvija na tlima nastalim trošenjem karbonata. Iz karte pokrova zemljišta mjerila 1 : 100 000 se vidi da crnogorična šuma u porječju Dubračine pokriva svega 2,04 % površine (slika 3-3), a dio te površine se nalazi u podporječju Slanog potoka u sklopu kojeg fliš, kao litološka jedinica, ima najveću površinu, što je rezultiralo time da je crnogorična šuma prepoznata kao važan faktor.

Rezultat prema kojem klasa s najmanjim udjelom šljunka u pokrivaču ima najveći težinski faktor je u potpunosti logičan, jer se klizanja u porječju Dubračine događaju u tlima koja su isključivo ili dominantno nastala trošenjem fliša. Međutim, ovdje treba napomenuti kako se na petom i šestom mjestu po utjecaju na kartu podložnosti, s udjelima od 3,62 % i 3,41 %, nalaze faktorske karte udjela praha i udjela pijeska u pokrivaču. Unutar karte udjela praha, najveću težinu ima klasa s najvećim udjelom praha, a to je od 54 % do 72 %. Kod karte udjela pijeska, najveći težinski faktor ima također klasa s najvećim udjelom, a to je od 34,5 % do 46 %. Iz navedenog se može zaključiti kako u tlima koja su izrazito obogaćena frakcijom gline na račun frakcija praha i pijeska nema toliko klizanja, koliko bi se možda na prvi pogled očekivalo, što je s aspekta hidrogeoloških značajki tala očekivano.

Prema USBR-u (2001, slika 7-5) koeficijenti hidrauličke vodljivosti glina u cm/sek su reda veličine 10^{-7} i manji, što takve materijale klasificira kao vrlo slabo vodopropusne. S porastom udjela praha i pijeska, koeficijenti se povećavaju i poprimaju vrijednosti reda veličine 10^{-6} do 10^{-5}, što omogućava lakšu infiltraciju vode u materijal, a voda reducira parametre čvrstoće tla i doprinosi nastanku pokreta napadini. Iako bi klasifikacijski pokusi u laboratorijima za mehaniku tla na materijalu s koeficijentom hidrauličke vodljivosti reda veličine 10^{-6} do 10^{-5} u većini slučajeva pokazali da je riječ o glini, s hidrogeološkog aspekta su to prahovi u kojima je, u odnosu na gline, bitno olakšana cirkulacija vode, zbog čega je ovo istraživanje detektiralo udio praha i pijeska u pokrivaču kao faktore klizanja.



Slika 7-5. Klasifikacija tala prema vodopropusnosti s obzirom na vrijednosti koeficijenta hidrauličke vodljivosti (USBR, 2001).

Nagib terena kao faktor utječe na izgled karte podložnosti s udjelom od 2,47 % što je ispod očekivanog u usporedbi s rezultatima koje je publicirao Komac (2012), prema kojima nagib utječe na kartu podložnosti s udjelom od 23 %, a veći postotak ima samo litologija koja utječe s udjelom od 33 %. Iako bitno različiti, podaci su zapravo u potpunosti usporedivi. U ovom slučaju je za podložnost klizanju IVM metodom s granulometrijskim kartama korišteno 15 faktora, dok je autor u svojim istraživanjima koristio šest. Nagib terena se po udjelu s kojim utječe na podložnost, nalazi na desetom mjestu, a ispred njega je sedam faktora koje Komac (2012) nije koristio u svojim analizama pa se može pretpostaviti da bi u slučaju korištenja istih utjecajnih faktora rezultat bio vrlo sličan. U ovom istraživanju se litologija i pokrov zemljišta nalaze na prvom i drugom mjestu po težini kojom utječu na kartu podložnosti klizanju, a u radu kojeg je publicirao Komac (2012) na prvom i trećem mjestu, što govori o važnosti faktorskih karata nagiba terena, litologije i pokrova zemljišta u analizama podložnosti.

Ovo istraživanje ukazalo je na mogućnost da se u slučaju primjene nekih utjecajnih faktora vrlo karakterističnih za pojedino područje istraživanja, može očekivati da nagib terena, kao vrlo važan faktor pokreta masa na padinama, ne bude među prva tri faktora koja najviše utječu na izgled karte podložnosti, što se u određenoj mjeri očekuje, jer litologija

indirektno može utjecati i na nagib terena. U porječju Dubračine, u slučaju IVM metode s primjenom granulometrijskih karata, to se upravo odnosi na sve četiri karte udjela granulometrijskih frakcija i na kartu udaljenosti od disperzivnog uzorka (najveći težinski faktor ima klasa od 0 do 100 m), koje na kartu podložnosti utječu više od nagiba terena, a koje se mogu smatrati karakterističnim faktorskim kartama porječja Dubračine, kada se govori o procesu klizanja. Osim navedenih karakterističnih karata te litologije i pokrova, karta udaljenosti od prometnice također, prema rezultatima istraživanja, više utječe na kartu podložnosti od nagiba terena, gdje najveći težinski faktor ima klasa od 100 do 200 m, a tek neznatno manji klasa udaljenosti od 0 do 100 m (u sklopu IVM metode ti težinski faktori za faktor udaljenosti od prometnice iznose 1 i 0,94).

Treba naglasiti da je klasa nagiba s najvećim težinskim faktorom klasa od 15° do 20° što je generalno u skladu s histogramom na slici 6-2, prema kojem se na generalnim nagibima padina od 15° do 21° nalazi 53,51 % površine od ukupne zahvaćene klizanjem.

Kada je riječ o težinama faktorskih karata izračunatim u sklopu IVM metode bez granulometrijskih karata, iz priloga 36 je vidljivo da litologija, pokrov zemljišta i srednja godišnja količina oborine zajedno utječu na kartu podložnosti s udjelom od 75,1 %, a preostalih osam faktora s udjelom od 24,9 %.

Kao posljedica različitog algoritma za izračun težinskih faktora klasa, težine pojedinih faktorskih karata u sklopu FRM metode s primjenom granulometrijskih karata i njihov utjecaj na kartu podložnosti se razlikuju, u usporedbi s IVM metodom.

Udaljenost od disperzivnog uzorka, disperzivnost površine terena, litologija i pokrov zemljišta su četiri karte koje zajedno na kartu podložnosti utječu s udjelom od 67,16 %. Ova metoda je faktorske karte povezane s disperzivnošću tla definirala kao dvije najutjecajnije na proces klizanja, čiji doprinos zajedno iznosi 43,26 %, dok kod IVM metode utjecaj ove dvije karte iznosi svega 5,56 %. Od petog do osmog mjesta po utjecaju se nalaze četiri granulometrijske karte od kojih udjeli pijeska i praha imaju najveći utjecaj, a karta nagiba se nalazi na 12 mjestu s utjecajem od 1,46 %. Ako u analizama ne bi koristili dvije specifične faktorske karte povezane s disperzivnošću, FRM metoda bi, kao i IVM, imala dvije najutjecajnije karte litologiju i pokrov, a izbacivanjem i granulometrijskih karata bi dalo na važnosti i faktoru nagiba koji je sada skoro pa zanemariv. Kao i kod IVM metode, navedeno govori kako vrlo specifične faktorske karte za područje istraživanja mogu remetiti očekivani rezultat prema kojem su litologija, nagib terena i pokrov zemljišta tri najutjecajnije karte, što su pokazali rezultati istraživanja koje je proveo Komac (2012).

Kod uspoređivanja IVM i FRM metode za proces klizanja, može se primijetiti još jedna velika razlika. Utjecaj na kartu podložnosti srednje godišnje količine oborine u sklopu IVM metode je 16,34 % (s granulometrijskim kartama) i 22,50 %, (bez granulometrijskih karata), dok kod FRM metode ti utjecaji iznose 1,60 % i 2,03 % i praktički su zanemarivi. Može se postaviti pitanje zašto se toliko razlikuju doprinosi faktorskih karata povezanih s disperzivnošću ili srednje godišnje količine oborine na kartu podložnosti, ako uspoređujemo IVM i FRM metodu. Odgovor je zbog različitih algoritama izračuna težinskih faktora klasa. Naime, što je apsolutna razlika između maksimalnog i minimalnog težinskog faktora (W_i) za pojedinu faktorsku kartu veća, to je doprinos tog faktora karti podložnosti veći, što proizlazi iz algoritma za izračun težine faktorske karte. Kao primjer može poslužiti faktorska karta udaljenosti od disperzivnog uzorka. Kod IVM metode apsolutna razlika između maksimalnog i minimalnog težinskog faktora iznosi 1,79 (vidi prilog 27), a kod FRM metode 30,90 što je ujedno i najveća razlika kada se u obzir uzmu sve faktorske karte klizanja u sklopu FRM metode. Navedeno ima za posljedicu da faktorska karta udaljenosti od disperzivnog uzorka ima najveći doprinos karti podložnosti klizanju FRM metodom, a kod IVM metode je ta karta po utjecaju na osmom mjestu (vidi prilog 36). Sukladno gore navedenom, na primjer, najmanja apsolutna razlika težinskih faktora klasa u sklopu IVM metode ima faktorska karta udaljenosti od izvora (0,56), što je rezultiralo time da je i njen doprinos karti podložnosti najmanji među svim odabranim faktorskim kartama koje utječu na prostornu distribuciju procesa.

7.4.2. Puzanje

Za izradu modela podložnosti puzanju, odabrano je devet utjecajnih faktora, osam temeljem provedenog testa značajnosti, kojima je pridodan faktor nagiba terena, iako je test pokazao da nagib ne utječe na prostornu distribuciju puzišta, što je povezano s malim statističkim uzorkom puzišta.

Među devet odabranih su i četiri granulometrijske karte, dok faktorske karte udaljenosti od disperzivnog uzorka i binarna karta disperzivnosti površine terena nisu odabrane jer ne utječu na prostornu distribuciju procesa.

U sklopu IVM metode s primjenom granulometrijskih karata, litologija, udaljenost od prometnice i nagib terena su tri faktora koju zajedno utječu na kartu podložnosti s udjelom od 75,16 %, a preostalih šest s udjelom od 24,84 % (vidi prilog 36).

Najveći težinski faktor u sklopu litološke faktorske karte imaju paleogenske breče, od klasa udaljenosti od prometnice isto se odnosi na klasu od 0 do 100 m, dok najveći težinski faktor u sklopu nagiba terena ima klasa od 5° do 10°.

Puzišta se, naravno, u brečama ne pojavljuju, a "greška" koja je nastala, uzrokovana je primijenjenom metodologijom zonacije terena i mjerilom litološke karte. Algoritmi koji su primijenjeni u ovom radu za izračun težinskih faktora klasa su takvi, da će i vrlo mala površina kartiranog procesa unutar klase faktora s izrazito malom površinom u sklopu područja istraživanja, rezultirati jako velikim težinskim faktorom. Navedeno može pogrešno voditi zaključku kako je ta klasa vrlo bitna za zonaciju terena, što nije točno, jer je njena površina u prostoru izrazito mala, a ni proces ne mora uopće biti povezan s tom faktorskom klasom. To je slučaj s paleogenskim brečama koje pokrivaju svega 0,11 % površine istraživanja, a vrlo mali dio "seed cell" površine puzišta s ID brojem 1 (ali i površine samog poligona puzišta), koje se nalazi na krajnjem sjeverozapadu porječja u zaseoku Mali Dol, nalazi se upravo u sklopu poligona breče na litološkoj karti mjerila 1 : 5 000. Tek bi kartiranje u detaljnijem mjerilu, koje bi preciznije definiralo položaj izdanka breče u prostoru, anuliralo nastalu "grešku". Prema postojećoj karti, osim u sklopu palegenske breče, predmetno puzište se nalazi u sklopu litoloških jedinica stratigrafskih oznaka Q_{dl} i Q_{dpr2} u sklopu kojih se i nalazi daleko najveća površina zahvaćena procesom puzanja (vidi sliku 6-12).

Istraživanje je definiralo udaljenost od prometnice kao drugi najznačajniji faktor koji utječe na proces puzanja (udio 29,35 %), a klasa udaljenosti od 0 do 100 m upravo je ona s najvećim težinskim faktorom, što nije neočekivano. Neriješena odvodnja i nekotrolirana nasipavanja materijala nizbrežno od prometnica, često su puta glavni uzroci pomaka masa na padinama.

Nagib terena se po utjecaju na kartu podložnosti puzanju nalazi na trećem mjestu s udjelom od 9,69 %, što govori o njegovoj važnosti za zonaciju podložnosti puzanju. Klasa s najvećim težinskim faktorom je klasa nagiba od 5° do 10° što je u skladu s histogramom na slici 6-10, prema kojem se 85,27 % površine od ukupne zahvaćene puzanjem nalazi na generalnim nagibima padina od 8° do 10°.

Četiri granulometrijske karte kumulativno utječu na podložnost s udjelom od 18,58 % i to redosljedom: udio pijeska, udio praha, udio šljunka i udio gline. Najveći težinski faktor udjela pijeska ima klasa od 23 % do 34,5 %, udjela praha od 18 % do 36 %, udjela šljunka od 44 % do 66 % i udjela gline od 24 % do 36 %. Navedeno može ukazivati na važnost udjela praha, pijeska i šljunka u tlu u kontekstu nastanka puzišta, jer povećani udio navedenih frakcija znači i povećanje koeficijenta hidrauličke vodljivosti u odnosu na

materijale koji su izrazito obogaćeni glinom, što istovremeno utječe i na olakšanu infiltraciju vode u tlo i njenu cirkulaciju kroz tlo. Mogući glavni razlog zbog kojeg na lokacijama puzanja nije došlo do procesa klizanja, je nagib terena koji nije bio dostatan za nastanak klizišta. Rezultati istraživanja su pokazali kako se velika većina površine puzanja nalazi na nagibima od 8° do 10° (vidi sliku 6-10), za razliku od velike većine površine klizanja koja se nalazi na nagibima od 12° do 21° (vidi sliku 6-2).

Kada je riječ o težinama faktorskih karata izračunatim u sklopu IVM metode bez primjene granulometrijskih karata, iz priloga 36 je vidljivo da litologija, udaljenost od prometnice i nagib terena zajedno utječu na kartu podložnosti s udjelom od 92,29 %, a preostala dva faktora s udjelom od 7,71 %.

U sklopu FRM metode gdje su primijenjene granulometrijske karte, redoslijed utjecaja pojedinih faktora je drugačiji, u usporedbi s IVM metodom. Veliku razliku predstavljaju udjeli faktora udaljenosti od prometnice i nagiba terena, gdje kod FRM metode njihov kumulativni doprinos iznosi 9,35 %, a kod IVM metode 39,04 %. Kod FRM metode tri najutjecajnija faktora su litologija, udio pijeska i udio praha, koji zajedno na podložnost utječu 62,16 %, nakon čega slijede udio šljunka u pokrivaču i udaljenost od izvora s 9,38 % i 9,12 %. Utjecaj sastava pokrivača kod FRM metode općenito je dosta izraženiji u odnosu na IVM metodu gdje kumulativno sve granulometrijske karte utječu na podložnost s udjelom od 38,61 %, a kod IVM metode 18,58 %. Razlozi zbog kojih dolazi do velikih razlika u doprinosima karti podložnosti među istim faktorima, u ovisnosti o kojoj metodi se radi, navedeni su u prethodnom poglavlju 7.4.1.

Obje metode imaju litologiju kao najutjecajniji faktor, a nagib se po utjecaju kod IVM metode nalazi na trećem mjestu, iako prema rezultatima Hi-kvadrat testa nije trebao biti korišten u analizama. Navedeno ide u prilog korištenju nagiba kao utjecajnog faktora, a iz navedenog se može pretpostaviti da bi značajan doprinos karti podložnosti imala i karta pokrova zemljišta, za koju je test također pokazao da ne utječe na prostornu distribuciju procesa, što je vrlo vjerojatno povezano s malim uzorkom puzišta i što je ilustrirano u tablicama 6-19 i 6-20.

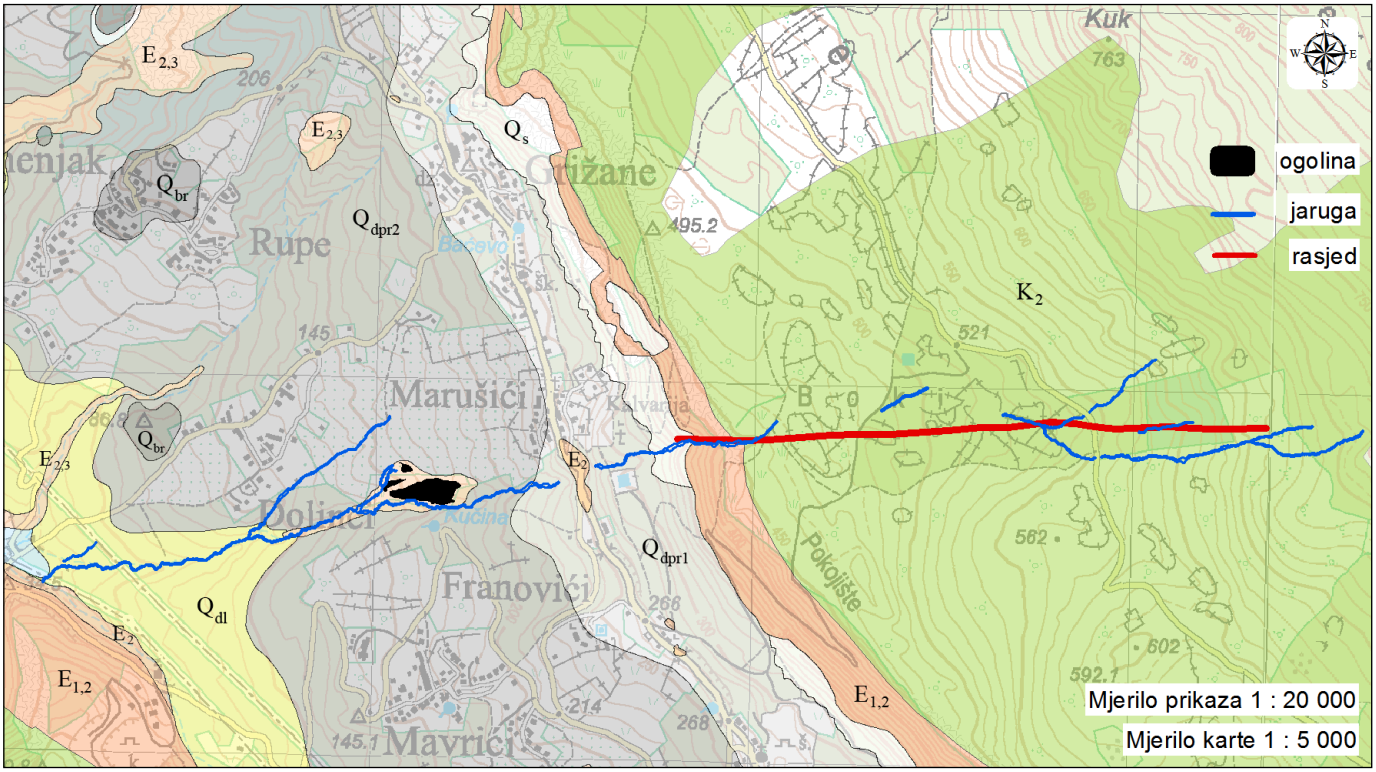
7.4.3. Prekomjerna erozija

Kada je riječ o procesu prekomjerne erozije, za potrebe analize podložnosti, odabrano je 14 faktorskih karata. Kod IVM metode s upotrebom granulometrijskih karata,

prvih šest faktora koji kumulativno doprinose karti podložnosti prekomjernoj eroziji s udjelom od 76,54 % su redom: litologija, pokrov zemljišta, srednja godišnja količina oborine, udaljenost od rasjeda, udio šljunka i udio pijeska u pokrivaču. Preostalih osam faktora zajedno imaju doprinos od 23,46 %. Najveći težinski faktor u sklopu litologije kao faktora ima fliš. Od klasa pokrova zemljišta isto se odnosi na crnogoričnu šumu koja je u mjerilu 1 : 100 000 u porječju Dubračine povezana s flišom. Od klasa srednje godišnje količine oborine, najveći težinski faktor ima klasa 1 400 do 1 600 mm. Udaljenost od rasjeda se s apekta zonacije prekomjernoj eroziji, pokazala kao važan faktor (12,64 %), a najveći težinski faktor ima klasa udaljenosti veće od 150 m. Navedeno ukazuje da se ogoline u biti ne nalaze u blizini rasjeda, što u porječju Dubračine i jest slučaj, jer se ogoline nalaze u udolini i povezane su prvenstveno s litološkom jedinicom fliš i disperzivnošću pokrivača, a rasjedi se u porječju prema karti u prilogu 1, uglavnom nalaze u sklopu karbonatnih litoloških jedinica koje omeđuju porječje Dubračine. Međutim, to ne znači nužno da ogoline nisu u blizini rasjednih zona, samo možda te zone nisu dostupne kartiranju, jer se nalaze pod kvartarnim pokrivačem koji ispunjava udolinu i koji onemogućava kartiranje manjih rasjednih zona koje su možda povezane s glavnim i vidljivim zonama prikazanim na karti u prilogu 1. Slično objašnjenje dali su Komac i Ribičič (2006) koji su proučavali proces klizanja na teritoriju cijele Republike Slovenije u mjerilu 1 : 250 000. Njihovi rezultati su pokazali da se u slučaju faktora udaljenosti od rasjeda, klizišta sa značajnim udjelom pojavljuju na udaljenostima od rasjeda koja iznose i do 1 100 m, što je prema autorima moguće posljedica utjecaja manjih rasjednih zona koje nisu korištene u istraživanju, a koje su povezane s glavnim zonama koje jesu korištene.

Na slici 7-6 prikazan je jedan primjer prostorne međuzavisnosti rasjeda, jaruga i ogolina u porječju Dubračine. Iz slike se može pretpostaviti da su jaruge na istočnom dijelu karte genetski povezane s rasjedom. Međutim, isto se može pretpostaviti i za jaruge na zapadnom dijelu karte, što proizlazi iz vrlo sličnog pružanja jaruga i rasjeda, odnosno, moguće je kako rasjed ima daleko veće pružanje, nego što je na karti prikazano. Ako se na temelju jaružanja, pretpostavi postojanje rasjeda i na zapadnom dijelu karte, tada kartirana ogolina više nije na udaljenosti većoj od 150 metara od rasjeda, već na udaljenosti do 50 m. To bi u ovom slučaju uzrokovalo da upravo ta klasa ima najveći težinski faktor u sklopu faktora udaljenosti od rasjeda, a vezano za proces prekomjerne erozije. Vrlo detaljno kartiranje udoline porječja Dubračine bi vjerojatno rezultiralo evidentiranjem rasjeda koji na geološkoj karti za sada ne postoje, što bi imalo veliki utjecaj na zonaciju terena površinskim procesima. Sa slike 7-6 je vidljivo da bi, osim na zonaciju podložnosti jaružanju, utjecalo i na

zonaciju podložnosti prekomjernoj eroziji, što je geološki vrlo logično. Osnovu udoline porječja Dubračine čini stijenska masa fliša koja svojim trošenjem, a uzrokovano mineraloškim sastavom, producira tlo koje je u porječju mjestimično obogaćeno ionom natrija, koji je jedan od glavnih uzročnika pojave prekomjerne erozije i nastanka ogolina. Dobro je poznato da rasjedanje stijenske mase, ako je prisutno, značajno doprinosi i mehaničkom i kemijskom trošenju, što istovremeno zanači i povećanu produkciju moguće disperzivnog tla.



Slika 7-6. Prostorna međuzavisnost rasjeda, jaruga i ogolina s ID brojevima 19, 20 i 21. U podlozi se nalazi topografska karta originalnog mjerila 1 : 25 000. Za legendu litoloških jedinica vidi prilog 8 ili tablicu 4-1.

Faktorska karta udjela šljunka utječe na podložnost prekomjernoj eroziji s udjelom od 12,41 %, a to je samo 2,46 postotna poena manje od najutjecajnijeg faktora litologije. Kao klasa s najvećim težinskim faktorom utvrđena je klasa udjela od 0 % do 22 %, što je očekivano jer je proces prekomjerne erozije povezan isključivo sa sitnozrnatim tlima, a u prilog baš toj klasi udjela šljunka ide i činjenica da se 94,82 % površine poligona fliša kao, najutjecajnije litološke jedinice, nalazi u sklopu klase udjela šljunka od 0 % do 22 %. Udio pijeska se također pokazao kao važna faktorska karta s doprinosom od 10,08 %, a klasa s najvećom težinom je klasa udjela od 23 % do 34,5 %.

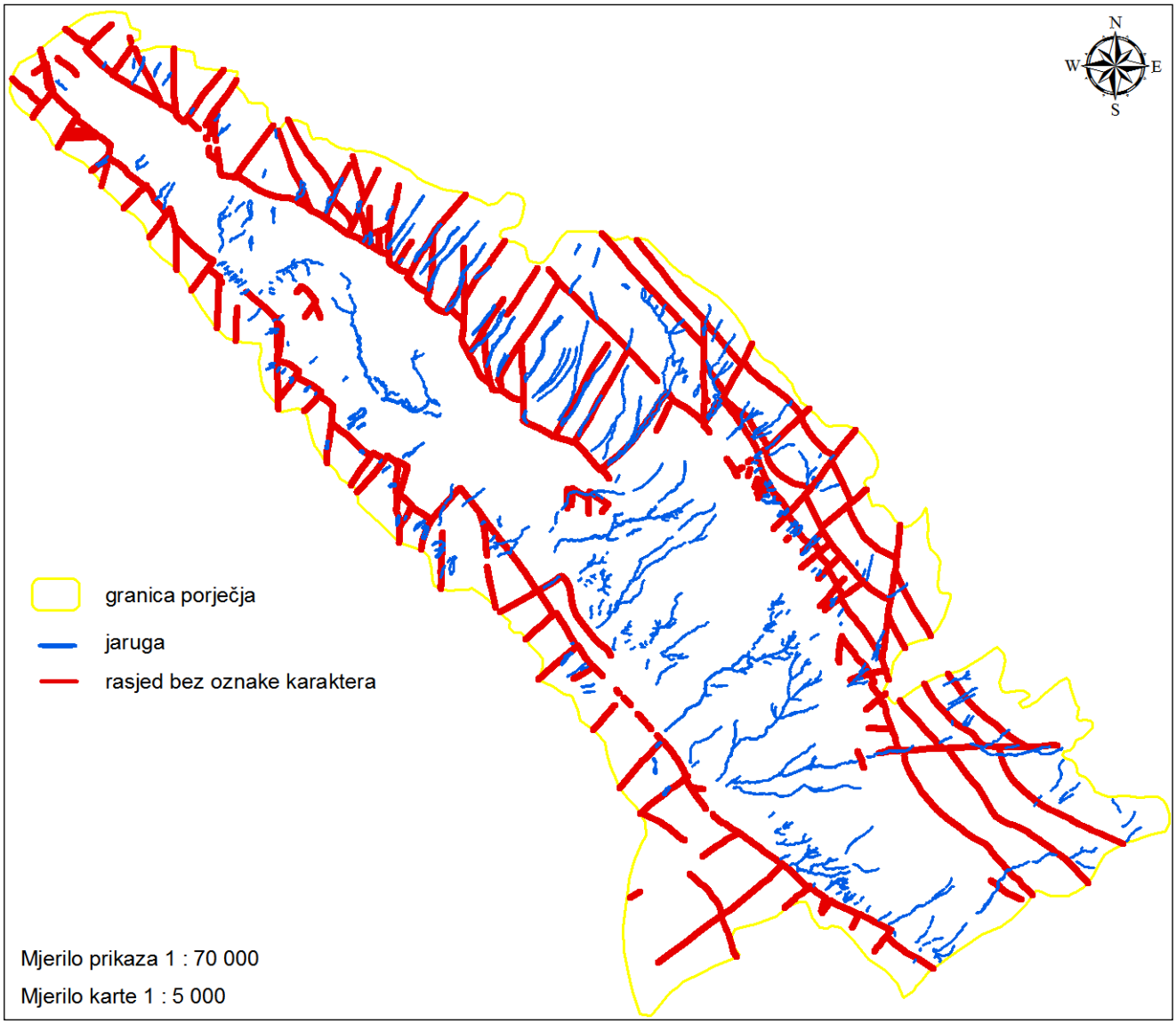
Kada je riječ o težinama faktorskih karata izračunatim u sklopu IVM metode bez granulometrijskih karata, iz priloga 36 je vidljivo da litologija, pokrov zemljišta, srednja godišnja količina oborine i udaljenost od rasjeda zajedno utječu na kartu podložnosti prekomjernoj eroziji s udjelom od 75,94 %, a preostalih šest faktora s udjelom od 24,06 %.

Kod FRM metode s primjenom granulometrijskih karata, samo tri faktora utječu na kartu podložnosti prekomjernoj eroziji s udjelom od čak 79,29 %, a to su udaljenost od disperzivnog uzorka, litologija i pokrov zemljišta. Ova metoda je, za razliku od IVM, prepoznala svojstvo disperzivnosti kao faktor koji najviše doprinosi procesu prekomjerne erozije, dok se litologija i pokrov kod obje metode nalaze među prva tri najutjecajnija faktora. IVM metoda je među granulometrijskim kartama izdvojila udio šljunka i pijeska kao dvije najznačajnije, dok su kod FRM metode to udio praha i udio gline s udjelima od 4,61 % i 3,41 %. Ako se ne primijene granulometrijske karte, udaljenost od disperzivnog uzorka, litologija i pokrov utječu na podložnost s udjelom od čak 90,43 %. Treba primjetiti da se nagib, kao vrlo važan faktor pokreta mase na padini, za ovaj proces pokazao praktički posve nebitan. Bez obzira na metodu, doprinos podložnosti faktorske karte nagiba terena je u rasponu od 0,68 % do 1,57 % što znači da bi se prekomjerna erozija praćena ogoljavanjem, uz zadovoljenje uvjeta o kojima taj proces ovisi, događala podjednako i na malim i na velikim nagibima.

7.4.4. Jaružanje

Za potrebe izrade karte podložnosti jaružanju, odabrano je 17 faktorskih karata. Najutjecajniji faktori u sklopu IVM metode s primjenom granulometrijskih karata su litologija s udjelom od 29,81 % (fliš najutjecajnija klasa) i pokrov zemljišta s udjelom od 17,69 % (crnogorična šuma najutjecajnija klasa), što znači da zajedno na kartu podložnosti utječu s udjelom od 47,5 %. Udio svih ostalih faktora je u rasponu od 6,93 % do 0,82 %. Na trećem mjestu s udjelom od 6,93 % je udio gline u tlu pokrivača, gdje najveći težinski faktor ima klasa s najvećim udjelo od 36 % do 48 %. Slijedi smjer nagiba terena s udjelom od 6,58 % (NW najutjecajnija klasa), nakon čega se na petom i šestom mjestu, s udjelima od 5,77 % i 5,22 %, nalaze još dvije granulometrijske karte i to udio praha i udio šljunka. Kod udjela praha najveći težinski faktor ima klasa s najvećim udjelom od 54 % do 72 %, a kod udjela šljunka najveći težinski faktor ima klasa s najmanjim udjelom od 0 % do 22 %. Sve granulometrijske karte zajedno utječu na podložnost s udjelom od 20,86 %, među kojima prevladava utjecaj udjela gline i praha. Pokazalo se kako najveću težinu imaju klase s najvećim udjelima te dvije frakcije iz čega se može pretpostaviti da proces jaružanja, kada se

odvija u tlu, preferira sitnozrnata tla, a ne krupnozrnata. Kod ovog procesa treba istaknuti vrlo mali doprinos nagiba terena s udjelom od 3,84 % (kut nagiba od 50° do 90° najutjecajnija klasa) i pogotovo mali doprinos udaljenosti od rasjeda koji iznosi 1,38 %. Na slici 7.7 se vidi da u porječju Dubračine postoji određeni stupanj prostorne međuzavisnosti rasjeda i jaruga, zbog čega se moglo očekivati da će udaljenost od rasjeda mnogo više utjecati na zonaciju podložnosti jaružanju, ali rezultati istraživanja to ne pokazuju. Najveći težinski faktor udaljenosti od rasjeda ima klasa udaljenosti više od 150 m, a drugi najveći faktor ima klasa koja se nalazi najbliže rasjedu, odnosno klasa do 50 m. Navedeno može ukazivati da bi možda reklasifikacija udaljenosti drugačije definirala težinske faktore klasa. Drugi i vjerojatniji mogući razlog zbog kojeg udaljenost od rasjeda igra tako malu ulogu u podložnosti jaružanju, je nedostatak rasjeda u udolini porječja Dubračine, što se vidi na slikama 7-6 i 7-7. Moguće je kako karta na slici 7-7 realno prikazuje stanje terena, međutim, ne treba isključiti mogućnost kako je i središnji dio porječja bio izložen rasjedanju, što na razini mjerila 1 : 5 000 zbog pokrivenosti osnovne stijene nije moguće utvrditi. Za potvrdu toga bilo bi nužno provesti kartiranje u mjerilu 1 : 1 000 uz vrlo opsežna geofizička ispitivanja, što vrlo vjerojatno nikada neće biti provedeno. Rasjedi koji bi možda bili utvrđeni takvim istraživanjima u središnjem dijelu porječja, utjecali bi na zonaciju svih istraživanih površinskih procesa, a ne samo jaružanja.



Slika 7-7. Prostorna međuzavisnost rasjeda i jaruga u porječju Dubračine.

Bez granulometrijskih karata, na podložnost jaružanju IVM metodom najviše utječu litologija i pokrov s udjelom od 60,01 %, a od ostalih su najutjecajniji smjer nagiba s 8,31 %, udaljenost od disperzivnog uzorka s 6,24 % (0 do 100 m najutjecajnija klasa) i udaljenost od vodotoka s 5,30 % (0 do 50 m najutjecajnija klasa).

Najutjecajniji faktori u sklopu FRM metode s primjenom granulometrijskih karata su litologija s udjelom od 21,20 %, udaljenost od disperzivnog uzorka s udjelom od 13,51 % i binarna karta disperzivnosti površine terena s udjelom od 9,44 %, što znači da zajedno na kartu podložnosti utječu s udjelom od 44,15 %. Udio svih ostalih faktora je u rasponu od 7,93 % do 0,80 %. Treba primijetiti kako je FRM metoda, za razliku od IVM metode, definirala svojstvo disperzivnosti kao vrlo utjecajno na proces jaružanja. Kumulativno utjecaj

faktora udaljenosti od disperzivnog uzorka i disperzivnosti površine terena iznosi 22,95 %, a kod IVM metode 8,89 %. Zašto dolazi do tako velikih razlika u doprinosima pojedinih faktora, ako se usporede FRM i IVM metoda, objašnjeno je u poglavlju 7.4.1., a povezano je s različitim algoritmima izračuna težinskih faktora klasa.

Kako među tri najutjecajnija faktora podložnosti jaružanju FRM metodom nema granulometrijskih faktora, tako je redosljed utjecaja ostao isti i u slučaju kada takve karte nisu primijenjene, jedino što njihov kumulativni doprinos sada iznosi 55,85 %.

7.4.5. Odronjavanje

Za potrebe izrade karte podložnosti odronjavanju, ukupno je odabrano devet faktorskih karata. Karte udjela granulometrijskih frakcija u pokrivaču za ovaj proces nisu korištene.

U sklopu IVM metode, tri faktora utječu na podložnost odronjavanju s udjelom od 81,03 %, a to su litologija (30,03 %), pokrov zemljišta (27,09 %) i smjer nagiba terena (23,71 %). Najveći težinski faktor unutar litologije ima klasa sipari, što je očekivano. Ovdje se ne radi o invenaru sipara koji je napravljen u sklopu istraživanja, već o poligonima sipara koji su kartirani u fazi izrade geološke karte porječja Dubračine koju je pripremio Hrvatski geološki institut. Autori karte nisu imali na raspolaganju digitalni model terena rezolucije 1 m koji omogućava precizno definiranje sipara u prostoru, zbog čega je došlo do preklapanja "seed cell" poligona inventara sipara i sipara na litološkoj karti mjerila 1 : 5 000, koji su u idealnom slučaju jedan do drugoga. Sljedeće tri litološke jedinice s najvećim težinskim faktorima su prijelazne naslage (E_2), foraminiferski vapnenci ($E_{1,2}$) i kredni vapnenci (K_2) što je također posve očekivano, budući su to jedinice koje omeđuju udolinu porječja s kojih se deriviraju blokovi i šljunak.

Najveći težinski faktor karte pokrova zemljišta mjerila 1 : 100 000 ima klasa mediteranska grmolika vegetacija nakon koje slijede mješovita šuma i područja s oskudnom vegetacijom. Najutjecajnije klase smjera nagiba terena su NE, N i E.

Kao četvrtu po ujecaju na podložnost odronjavanju (6,02 %), treba istaknuti faktorsku kartu nagiba gdje najveći težinski faktor ima klasa od 85° do 90°, nakon koje slijede klase od 80° do 85° i od 75° do 80° što potvrđuje ono što se lako uočava i terenskim radom, a to je da izvorišta materijala imaju vrlo velike nagibe.

Zbog različitog algoritma izračuna težinskih faktora klasa, FRM metoda je definirala nagib terena i litologiju kao najutjecajnije faktore, koji zajedno utječu s udjelom od 74,98 %

(nagib 61,54 %, litologija 13,44 %). Kao treća i četvrta faktorska karta po utjecaju se pojavljuju pokrov zemljišta i udaljenost od granice tlo-stijena s udjelima od 6,22 % i 5,14 %. U sklopu faktora udaljenosti od granice tlo-stijena, sukladno očekivanjima, najveći težinski faktor ima klasa udaljenosti od 0 do 100 m.

7.5. Karte podložnosti

Nakon izrade karte podložnosti, potrebno je izvršiti njenu validaciju kako bi se procijenila kvaliteta karte. Generalno se može reći da je karta kvalitetnija što je preciznost predviđanja veća, ali osim preciznosti predviđanja, kvalitetna karta mora zadovoljiti i uvjet da je logična. U ovom istraživanju su za proces klizanja, puzanja, prekomjerne erozije i jaružanja napravljene po četiri karte podložnosti. Dvije karte izrađene su upotrebom svih faktorskih karata koje utječu na proces, a dvije bez upotrebe granulometrijskih karata, s ciljem definiranja koja od metoda (IVM i FRM) daje bolju kartu podložnosti i kako na kvalitetu utječe primjena granulometeijskih faktorskih karata. Za proces odronjavanja, napravljene su samo dvije karte podložnosti jer granulometrijske faktorske karte nisu ni korištene u analizama.

7.5.1. Klizanje

Bez obzira jesu li faktorske granulometrijeke karte primijenjene ili ne, kvaliteta karata podložnosti klizanju dobivena IVM metodom značajno je veća u odnosu na karte dobivene FRM metodom. Navedeno proizlazi iz razlike u postignutoj preciznosti predviđanja (tablica 6-21) gdje karte dobivene IVM metodom imaju preciznosti 83,94 % (s granulometrijom) i 87,06 % (bez granulometrije), a FRM metodom 63,07 % (s granulometrijom) i 37,46 % (bez granulometrije). Osim toga, karte dobivene FRM metodom imaju nerealno male udjele kritične površine u ukupnoj površini (2,58 % i 1,18 %), koje u ovom istraživanju podrazumijevaju veliku i vrlo veliku podložnost, što ne odgovara stanju na terenu. Navedeno je uzrokovano time što su kod FRM metode najutjecajniji faktori udaljenost od disperzivnog uzorka, disperzivnost površine terena i litologija, a posljedica toga je da su kritične površine ove metode isključivo vezane za blizinu disperzivnog uzorka, ogoline i poligone fliša. Proces klizanja nedvojbeno je povezan s disperzivnošću materijala, ali ne isključivo. Geotehnički model gdje su na površini tla nastala trošenjem fliša i u podlozi kojih se kao osnovna stijena nalazi fliš, vrlo je podložan klizanju, bez obzira je li osnovna stijena

izvor disperzivnosti ili ne, kao što je to slučaj u porječju Dubračine. IVM metoda je upravo u tom smislu većinu površine udoline koja se nalazi između karbonatnih grebena i koja je uglavnom pokrivena tlima, prepoznala kao kritičnu površinu, jer je za nju litologija najutjecajniji faktor u sklopu koje fliš kao klasa ima najveći težinski faktor, a nakon njega slijede tla stratigrafskih oznaka Q_{dpr2} i Q_{dl}, što sve proizlazi iz činjenice da ove tri litološke jedinice sadrže 87 od ukupno 88 kartiranih klizišta (slika 6-7).

Ako se usporedi karta podložnosti sa i bez granulometrijskih karata u sklopu IVM metode, primjetno je da karta bez granulometrijskih karata ima 3,12 postotnih poena bolju preciznost predviđanja. Osim što ima bolju preciznost, udio kritične površine iznosi 34,05 % površine porječja, što je realnije od 40,97 %, koliko iznosi udio kritične površine kod karte s granulometrijskim kartama. Naime, dio aluvijalnih naslaga je kod karte s granulometrijskim kartama svrstan u kritičnu površinu što nije objektivno. Ovako veliki udjeli kritičnih površina u odnosu na površinu istraživanja, u sklopu kojih se nalazi čitava površina zahvaćena klizanjem (prilog 37), moguće su posljedica preklapanja utjecaja granulometrijskih karata s kartama litologije i pokrova zemljišta te preklapanja utjecaja litologije s pokrovom. O preklapanju utjecaja faktora koji utječu jedni na druge, diskutirali su Komac i Ribičič (2006), gdje autori smatraju vrlo kompleksnom proceduru koja se temelji na iskustvu i logici istraživača, a koja bi trebala rezultirati odabirom faktora koji će biti uključeni u zonaciju. Ovo je primjer koji govori kako upotreba svih faktorskih karata koje dokazano utječu na prostornu distribuciju procesa, ne mora nužno značiti i kvalitetniju kartu podložnosti zbog mogućeg preklapanja utjecaja. Granulometrijski sastav pokrivača nedvojbeno je faktor koji utječe na zonaciju podložnosti klizanju područja istraživanja. Međutim, terenskim radom je utvrđeno kako se klizišta nalaze u tlima koja su isključivo ili dominantno nastala trošenjem fliša, zbog čega bi samo jedna karta na kojoj su izdvojena tla s obzirom na porijeklo klasta, s aspekta zonacije vjerojatno bila primjenjivija od četiri karte udjela granulometrijskih frakcija u pokrivaču.

Treba naglasiti i to kako karte podložnosti dobivene IVM metodom, bez obzira jesu li granulometrijske faktorske karte korištene ili ne, imaju velike preciznosti predviđanja, a u kojima je utjecaj nagiba vrlo mali (od 2,47 % do 3,40 %).

Zaključno se može navesti kako je među četiri izrađene, karta podložnosti klizanju dobivena primjenom IVM metode bez upotrebe granulometrijskih karata dala najbolji rezultat.

7.5.2. Puzanje

Inventar puzišta sastoji se od 13 poligona od kojih je 10 korišteno za izradu modela podložnosti, a tri za provjeru modela. Kao rezultat malog statističkog uzorka, nagib i pokrov zemljišta kao vrlo važni utjecajni faktori pokreta masa na padinama, provedbom Hi-kvadrat testa uopće se nisu pokazali kao faktori koji utječu na prostornu distribuciju procesa, od kojih je nagib svejedno odabran za analizu. Mali uzorak procesa u startu predstavlja faktor koji negativno utječe na kvalitetu modela podložnosti.

U sklopu IVM metode obje karte podložnosti klasificirane su kao povoljne, međutim karta gdje granulometrijske karte nisu primijenjene ima preciznost predviđanja od 69,65 % i značajno je veća od karte gdje granulometrijske karte jesu primijenjene koja iznosi 51,66 %. Razlog navedenom je utjecaj faktora litologije i udaljenosti od prometnice koji je kod ovog procesa najizraženiji u odnosu na sve ostale, a koji je primjenom granulometrijskih karata djelomično smanjen, što je rezultiralo smanjenjem kritične površine. Karta podložnosti IVM gdje su primijenjene granulometrijeske karte, površinu prekrivenu vapnencima kredne starosti je klasificirala kao vrlo malo ili malo podložnu puzanju što je korektnije u odnosu na kartu bez granulometrijskih karata, gdje se na istoj površini pojavljuje i umjerena podložnost. Međutim, to je moguće uzrokovano preklapanjem utjecaja karata, koje utječu jedna na drugu, zbog čega je središnji dio porječja gdje se puzanja i događaju, model podložnosti bez udjela granulometrijskih karata puno jasnije definirao kao problematičan.

FRM metoda se u slučaju modeliranja podložnosti za ovaj proces pokazala neučinkovitom. Preciznosti predviđanja su manje od 50 %, bez obzira jesu li korištene granulometrijske utjecajne karte ili ne. Drugačiji način izračuna težinskih faktora klasa uvjetovao je i bitno drugačiji redoslijed utjecaja pojedinih faktora koji se pokazao lošijim u usporedbi s IVM metodom.

Zaključno se može navesti kako je među četiri izrađene, karta podložnosti puzanju dobivena primjenom IVM metode bez upotrebe granulometrijskih karata dala najbolji rezultat, kao i u slučaju klizanja.

7.5.3. Prekomjerna erozija

Preciznosti predviđanja za karte podložnosti prekomjernoj eroziji dobivene IVM metodom su 86,58 % i 85,15 %, a FRM metodom 93,29 % i 94,80 %. Iz navedenog se vidi kako i jedna i druga metoda imaju vrlo velike preciznosti, ali karte dobivene FRM metodom

se mogu smatrati prihvatljivijima. Udio kritične površine u ukupnoj površini za IVM metodu iznosi 35,20 % (s granulometrijskim kartama) i 35,98 % (bez granulometrijskih karata), što s obzirom na poznavanje procesa i područje istraživanja nije realno. Kod FRM metode ti udjeli iznose 1,03 % i 1,06 %. Povezani su s udaljenošću od disperzivnog uzorka i izdancima fliša, dok su ostale površine izdanaka fliša koje se ne preklapaju s udaljenošću od disperzivnog uzorka do 100 m, klasificirane u umjerenu podložnost. Kod FRM metode s granulometrijskim kartama se u sklopu umjerene podložnost nalazi još i područje crnogorične šume u okolici Slanog potoka. Ostali dijelovi porječja su kod FRM metode klasificirani u malu i vrlo malu podložnost. Navedeno se može smatrati logičnim jer se pojave prekomjerene erozije, izvan područja koja su u ovom trenutku definirana kao kritična, najprije mogu očekivati unutar poligona osnovne stijene koja predstavlja izvor povećane koncentracije iona natrija u terenu, a to je u porječju Dubračine, fliš.

Zbog nešto malo veće kritične površine u odnosu na kartu gdje su primijenjene granulometrijske karte, podložnost pekomjernoj eroziji dobivena primjenom FRM metode bez upotrebe granulometrijskih karata se u ovom istraživanju može smatrati najboljom za ovaj proces.

7.5.4. Jaružanje

Ostvarene preciznosti predviđanja karata podložnosti jaružanju dobivene IVM metodom iznose 36,36 % (s granulometrijskim kartama) i 56,49 % (bez granulometrijskih karata) na temelju čega je jedna karta klasificirana kao loša, a druga povoljna. Loše predviđanje karte podložnosti gdje su korištene faktorske granulometrijske karte, povezano je s njihovim utjecajem na kartu podložnosti. Njihova primjena smanjila je utjecaj litologije i pokrova zemljišta koji su najutjecajniji faktori jaružanja u porječju (prilog 36). Najveće težinske faktore granulometrijskih faktorskih karata imaju klase koje se nalaze u udolini porječja (prilog 33), zbog čega je, u kombinaciji s drugim faktorima, na karti podložnosti samo taj dio porječja prepoznat kao kritičan s aspekta jaružanja, dok karbonatni dijelovi porječja koje također karakterizira jaružanje, nisu prepoznati kao kritični, već se odlikuju umjerenom i malom podložnošću, što nije realno. Nasuprot tome, IVM metoda gdje granulometrijske karte nisu korištene, ispravno je detektirala i udolinu i karbonatne dijelove porječja kao kritične s aspekta nastanka novih jaruga. Rezultat predviđanja bi moguće bio i bolji od 56,49 %, kada bi se detaljnijim kartiranjem udoline porječja eventualno otkrili novi rasjedi koji bi onda dodatno utjecali na zonaciju, o čemu je pisano u poglavljima 7.4.3 i 7.4.4.

FRM metoda se u slučaju modeliranja podložnosti za ovaj proces pokazala izrazito neučinkovitom. Preciznosti predviđanja su 10,49 % i 4,01 %. Drugačiji način izračuna težinskih faktora klasa uvjetovao je i bitno drugačiji redoslijed utjecaja pojedinih faktora koji se pokazao bitno lošijim u usporedbi s IVM metodom. FRM metoda je nerealno velike težine karata dodijelila karti udaljenosti od disperzivnog uzorka i binarnoj karti disperzivnosti površine terena koje su druga i treća po utjecaju nakon litologije, što je rezultiralo nerealno malim kritičnim površinama povezanim uglavno samo s disperzivnim površinama u porječju.

Iz navedenog proizlazi kako je za zonaciju podložnosti jaružanju najprihvatljivija IVM metoda bez upotrebe granulometrijskih karata.

7.5.5. Odronjavanje

Za potrebe izrade karte podložnosti odronjavanju, granulometrijske faktorske karte nisu korištene, zbog čega su za ovaj proces izrađene samo dvije karte podložnosti koje su klasificirane kao povoljne. Preciznost predviđanja za IVM metodu iznosi 73,74 %, a za FRM 68,52 %. Iako ima manju preciznost predviđanja za 5,22 postotna poena, FRM karta podložnosti je neusporedivo logičnija i kao takva je prihvatljivija za upotrebu. IVM metoda je litologiju i pokrov zemljišta definirala kao dva najutjecajnija faktora koji na podložnost utječu s udjelima od 30,03 % i 27,29 %. Nasuprot tome, FRM metoda je kao najutjecajniji faktor definirala nagib terena koji sam utječe na podložnost s udjelom od 61,54 %. To je za posljedicu imalo da udio kritične površine kod IVM metode iznosi 59,95 %, što za ovaj proces ni u kojem slučaju nije realno, a kod FRM metode udio kritične površine u porječju iznosi 12,41 %. Također treba istaknuti kako je kod IVM metode središnji dio porječja koji je dominantno izgrađen od tala najvećim dijelom klasificiran kao umjereno podložan odronjavanju, a kod FRM metode kao vrlo malo i malo podložan odronjavanju, što je neusporedivo logičnije.

Preciznosti predviđanja za ovaj proces bi sasvim sigurno bile još veće kada bi se kao faktorske karte u analize uključile karte koje se odnose na orijentaciju strukturnog sklopa i vrijednosti geološkog indeksa čvrstoće stijenske mase, što su, uz nagib i litologiju, moguće najutjecajniji faktori koji definiraju gdje je najveća vjerojatnost pojave odrona. Međutim, izrada faktorskih karata ovog tipa za velika i nepristupačna područja s limitiranim postojećim geološkim podacima, u ovom trenutku je za istraživače još uvijek veliki izazov (Komac, 2012).

7.5.6. Odabir faktorskih karata za analizu podložnosti

U ovom istraživanju su za potrebe izrade karata podložnosti odabrane sve faktorske karte za koje je statistički test značajnosti pokazao da utječu na prostornu distribuciju površinskog procesa. Međutim, to ne znači nužno da će model gdje su korištene sve faktorske karte biti i najkvalitetniji mogući. To je pokazalo i ovo istraživanje gdje su pojedini modeli podložnosti za koje nisu korištene granulometrijske faktorske karte, bili logičniji i imali su veće preciznosti predviđanja. Iako je navedeno vjerojatno uzrokovano preklapanjem utjecaja, u slučaju dostupnosti većeg broja faktorskih karata, može se preporučiti da se iz analize izbace faktorske karte čiji kumulativni utjecaj na podložnost nije veći od 5 %.

Odrediti optimalnu kombinaciju faktorskih karata generalno predstavlja problem, a van Westen (1993) u tu svrhu preporuča dvije metode.

Prva metoda odabira bazirana je isključivo na terenskom iskustvu istraživača koji mora procijeniti koji su to faktori koji najviše doprinose nastanku pokreta mase na padini.

Druga metoda pretpostavlja izradu karte podložnosti s dva najutjecajnija faktora (u autorovom slučaju su to nagib terena i litologija) nakon čega se dodaje jedan po jedan faktor. Nakon svakog faktora se validacijom definira povećava li preciznost modela. Ako povećava, faktor se pridodaje modelu podložnosti, a faktori za koje se utvrdi da smanjuju preciznost, se izbacuju iz kombinacije.

Obje metode imaju nedostataka, u prvoj odabir karata ovisi o subjektivnom iskustvu koje je različito među istraživačima, a u drugoj, prihvaćanje ili odbijanje pojedine faktorske karte može ovisiti o redosljedu testiranja.

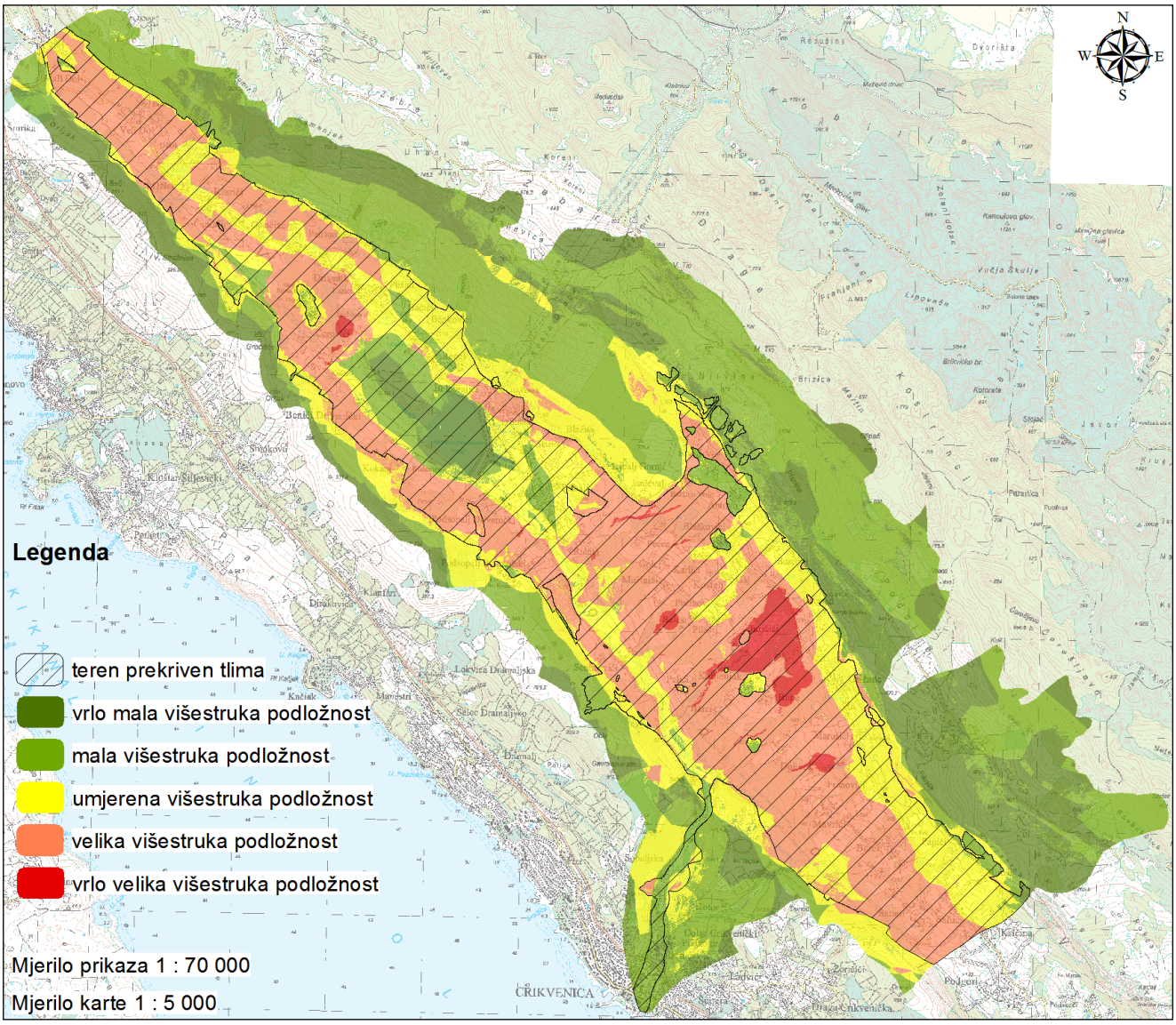
7.5.7. Višestruka podložnost

Na slici 7-8 prikazan je preklop karte višestruke podložnosti i poligona koji je nastao spajanjem litoloških jedinica sljedećih stratigrafskih oznaka: $E_{2,3}$, Pl, Q_{dpr1}, Q_{dpr2}, Q_{dl}, Q_{al} i Q_s. Ove jedinice se, a sukladno geološkoj karti, s inženjerskogeološkog stajališta mogu smatrati dijelovima terena koji su na razini mjerila 1 : 5 000 prekriveni tlima, gdje stijenska osnova porječja Dubračine nije dostupna promatranju.

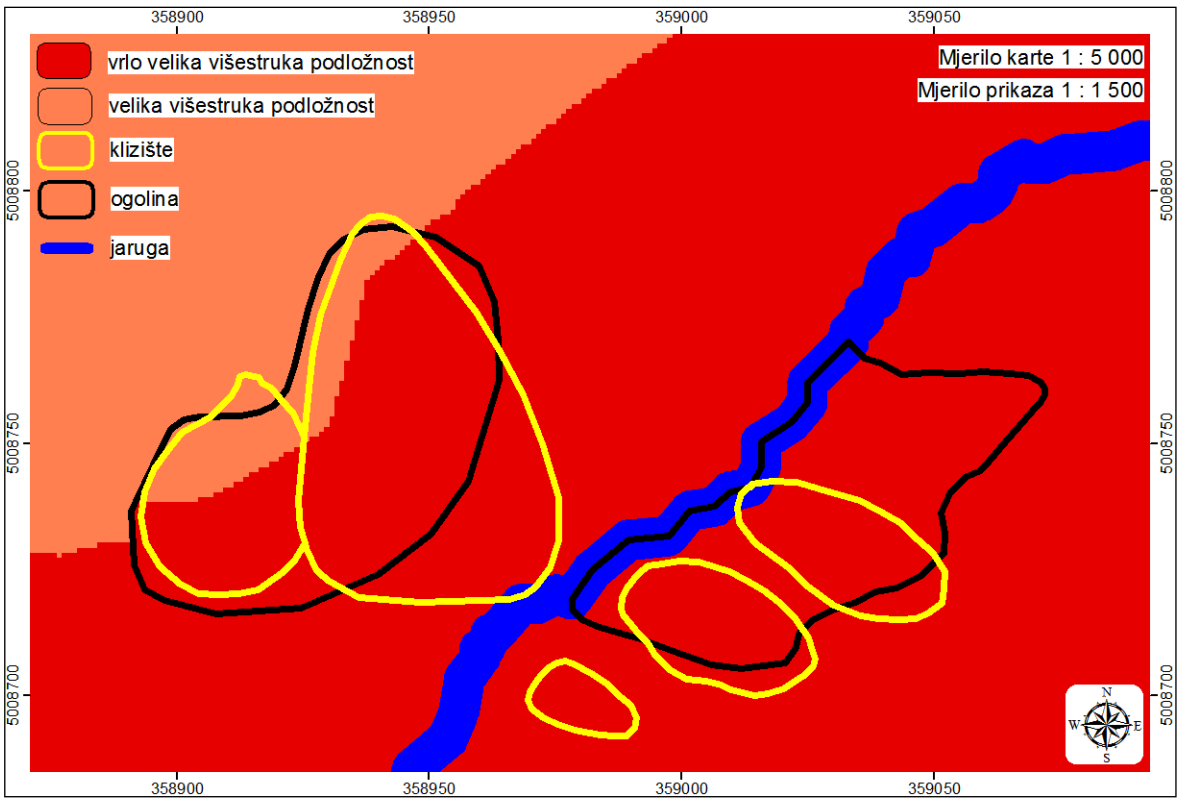
Sa slike je vidljivo kako su karbonatne stijenske mase koje okružuju udolinu, najvećim dijelom klasificirane kao vrlo malo ili malo podložne multihazardu, odnosno višestrukoj podložnosti.

Za razliku od gore navedenog, u udolini gdje na površini terena dominiraju tla, većina površine ima umjerenu, veliku i vrlo veliku podložnost multihazardu, gdje je vrlo velika podložnost prostorno povezana s dokazano disperzivnim površinama. U udolini se još ističe površina vrlo male i male podložnosti koja je povezana s površinom akumulacijskog jezera Tribalj i aluvijalnom ravnicom koja se nalazi sjeverozapadno od jezera.

Većina poligona prekrivenog tlima karakterizira velika i vrlo velika podložnost multihazardu zbog preklapanja umjerenih, velikih i vrlo velikih podložnosti klizanju, puzanju, prekomjernoj eroziji i jaružanju. Navedeno je uzrokovano time što pojedini procesi nastaju u vrlo sličnim inženjerskogeološkim uvjetima, zbog čega utječu jedni na druge, a mjestimično se u prostoru i preklapaju, što je ilustrirano slikom 7-9.



Slika 7-8. Preklop karte višestruke podložnosti i poligona u sklopu kojeg je površina terena prekrivena tlima. Kao podloga je korištena topografska karta originalnog mjerila 1 : 25 000.



Slika 7-9. Međusobni utjecaj površinskih procesa i njihovo prostorno preklapanje.

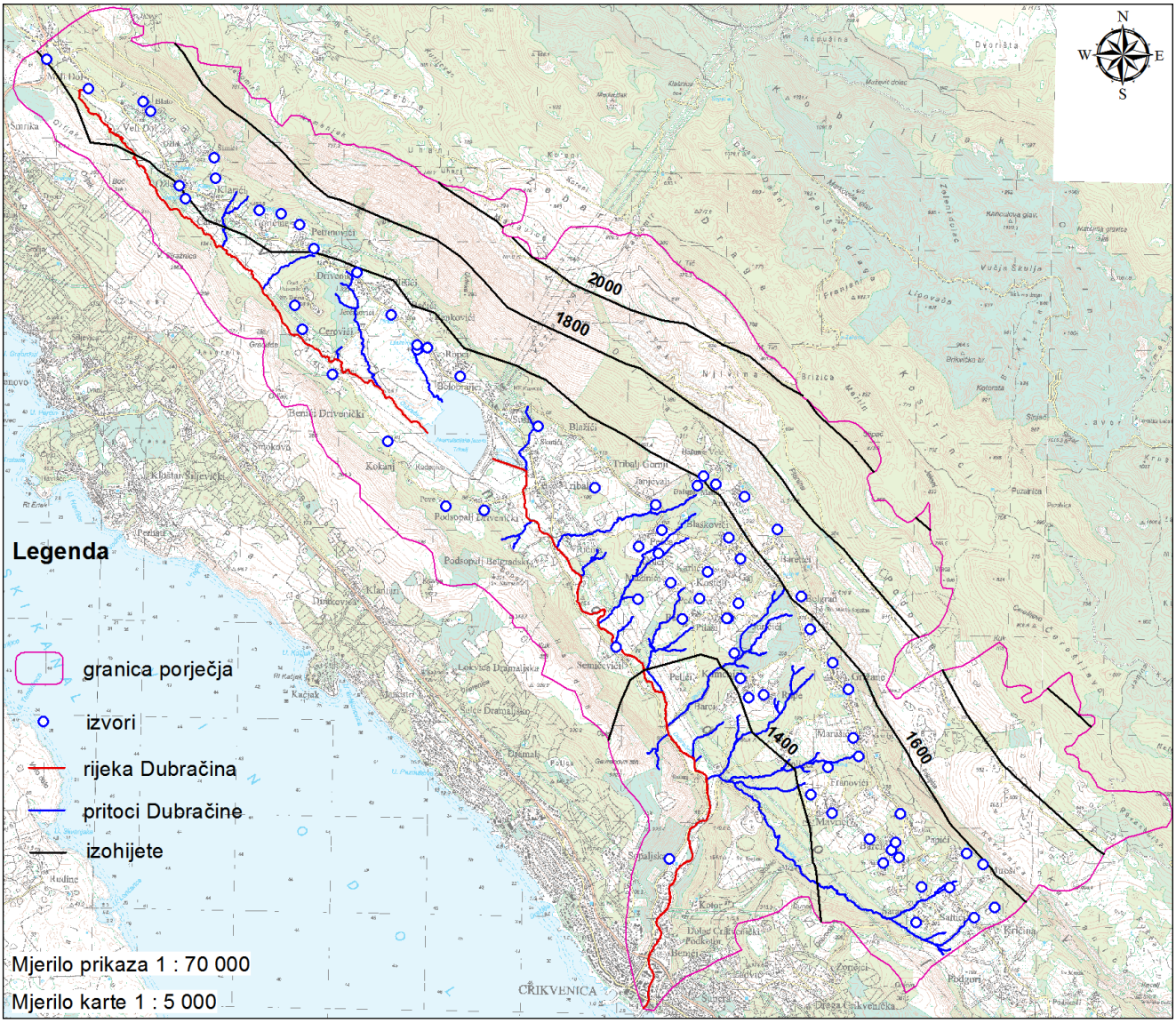
7.6. Utjecaj srednje godišnje količine oborine

Srednja godišnja količina oborine se za klizanje, prekomjernu eroziju i jaružanje pokazala kao faktor koji utječe na prostornu distribuciju procesa, što je utvrđeno provedbom Hi-kvadrat testa, a među navedenima, najveći utjecaj ima na kartu podložnosti klizanju. Dvije faktorske klase oborine s najvećim količinama (1 800 – 2 000 i 2 000 – 2 260 mm) se nalaze na sjeveroistočnom rubu porječja kojeg izgrađuju karbonati vrlo male i male višestruke podložnosti površinskim procesima. Navedeno znači da količina oborine u porječju Dubračine nije faktor koji utječe na procese *sensu stricto*, što bi bio slučaj da za određeni proces najveći težinski faktor ima klasa s najvećom količinom oborine, već je njezin utjecaj definiran zonalno, na način da neke klase imaju veću frekvenciju pojave procesa od očekivane (za klizanje, vidi prilog 21).

Međutim, od vode koja se infiltrira u podzemlje, jedan dio se slijeva prema Dubračini. Na tom putu voda nailazi na fliš koji je vrlo slabo vodopropustan i koji bitno usporava tok vode u niže nadmorske visine. To za posljedicu ima pojavu brojnih izvora i vodotoka na površini, a njihova distribucija u prostoru prikazana je slikom 7-10. Sa slike je vidljivo da je broj izvora, kao i ukupna duljina pritoka s desne strane Dubračine, praktički zanemariva u odnosu na broj izvora i duljinu pritoka s lijeve strane Dubračine.

Navedeno je povezano s površinom priljevnog područja desne strane Dubračine koja je bitno manja od lijeve. Međutim, prostorna distribucija izvora i pritoka je i u izravnoj vezi s količinom oborine koja padne s lijeve strane Dubračine, a neusporedivo je veća u odnosu na desnu stranu, što proizlazi iz prostorne distribucije izohijeta. Litologija ne igra bitnu ulogu u prostornoj distribuciji izvora i pritoka jer je ista s obje strane Dubračine.

Provedeni izračuni težina faktorskih karata (prilog 36) jasno su definirali na koje procese i u kojoj mjeri udaljenost od izvora i udaljenost od površinskog vodotoka utječu na podložnost terena nastanku određenog procesa, što znači da srednja godišnja količina oborine i neizravno utječe na pojavu procesa, tako što u kombinaciji s površinom priljevnog područja uvjetuje prostornu distribuciju izvora i vodotoka.



Slika 7-10. Prostrorna distribucija izohijeta, izvora i pritoka rijeke Dubračine prikazana na topografskoj podlozi originalnog mjerila 1 : 25 000.

7.7. Inicijatori klizanja

Mogući prirodni inicijatori klizanja, kako ih je sistematizirao Wieczorek (1996), su vrlo intenzivna oborina u kratkom vremenu, brzo topljenje snijega, promjena razine podzemne vode, vulkanska erupcija i potres.

Od navedenih, mogući inicijatori klizanja u porječju Dubračine su vrlo intenzivna oborina u kratkom vremenu i potres.

Preduvjet analiza koje bi imale za cilj definirati intenzivnu oborinu u kratkom vremenu kao inicijator klizanja je poznavanje datuma nastanka klizišta. U porječju Dubračine je to poznato samo za klizište s ID brojem 43 koje je aktivirano 06.08.2006. (Gašparović, D. 2014, usmeno priopćenje). Uvidom u distribuciju oborine po danima koji su prethodili aktivaciji, moguće je zaključivati o oborini kao inicijatoru. Navedeno nije bilo predmet istraživanja u sklopu izrade doktorskog rada, ali iz neobrađenih mjesečnih podataka koji su korišteni za izradu karte srednje godišnje količine oborine za razdoblje 1981-2010, kolovoz 2006. godine posebno se ističe.

Na svim postajama koje su korištene za izradu karte središnje količine oborine (vidi tablicu 5-3), u mjesecu kolovozu pala je najveća količina oborine tijekom 2006., a za postaje Hreljin, Lič, Crikvenica i Fužine se ujedno radi i o najkišovitijem kolovozu za razdoblje 1981-2010. Na postaji Rijeka kišovitiji kolovoz zabilježen je samo 1981., na postaji Novi Vinodolski 1994., na postaji Ledenice 1989. i 1994. te na postaji Senj 2002. godine.

Navedeno ide u prilog interpretaciji oborine kao inicijatoru klizanja spomenutog klizišta. Kako datumi aktivacije za ostala klizišta nisu poznati, a s obzirom na specifičnost kolovoza 2006. godine s aspekta količine oborine, može se pretpostaviti da klizište s ID brojem 43 nije jedino koje je aktivirano u tom mjesecu.

Gil i Dlugosz (2006) su analizirali oborinu kao inicijator klizanja koja se nalaze na flišnim padinama poljskih Karpata. Uočili su da postoji kumulativna oborina koja prethodi aktivaciji pokreta mase. Rezultati njihovih istraživanja pokazali su da oborina koja traje jedan do nekoliko dana tijekom kojih padne 200 do 250 mm, ovisno o inicijalnoj vlažnosti, uzrokuje aktivaciju plitkih klizišta u materijalima koji su nastali trošenjem osnove stijene. Kumulativna oborina koja prelazi 250 do 300 mm u periodu od nekoliko desetaka dana uzrokuje aktivaciju strukturno kontroliranih klizišta u flišu. Komac (2005) je proučavajući klizišta na cijelom teritoriju Slovenije, definirao količinu dnevne oborine koja značajno utječe na aktivaciju klizišta. Prema spomenutom autoru, ona se kreće u rasponu od 100 do 150 mm.

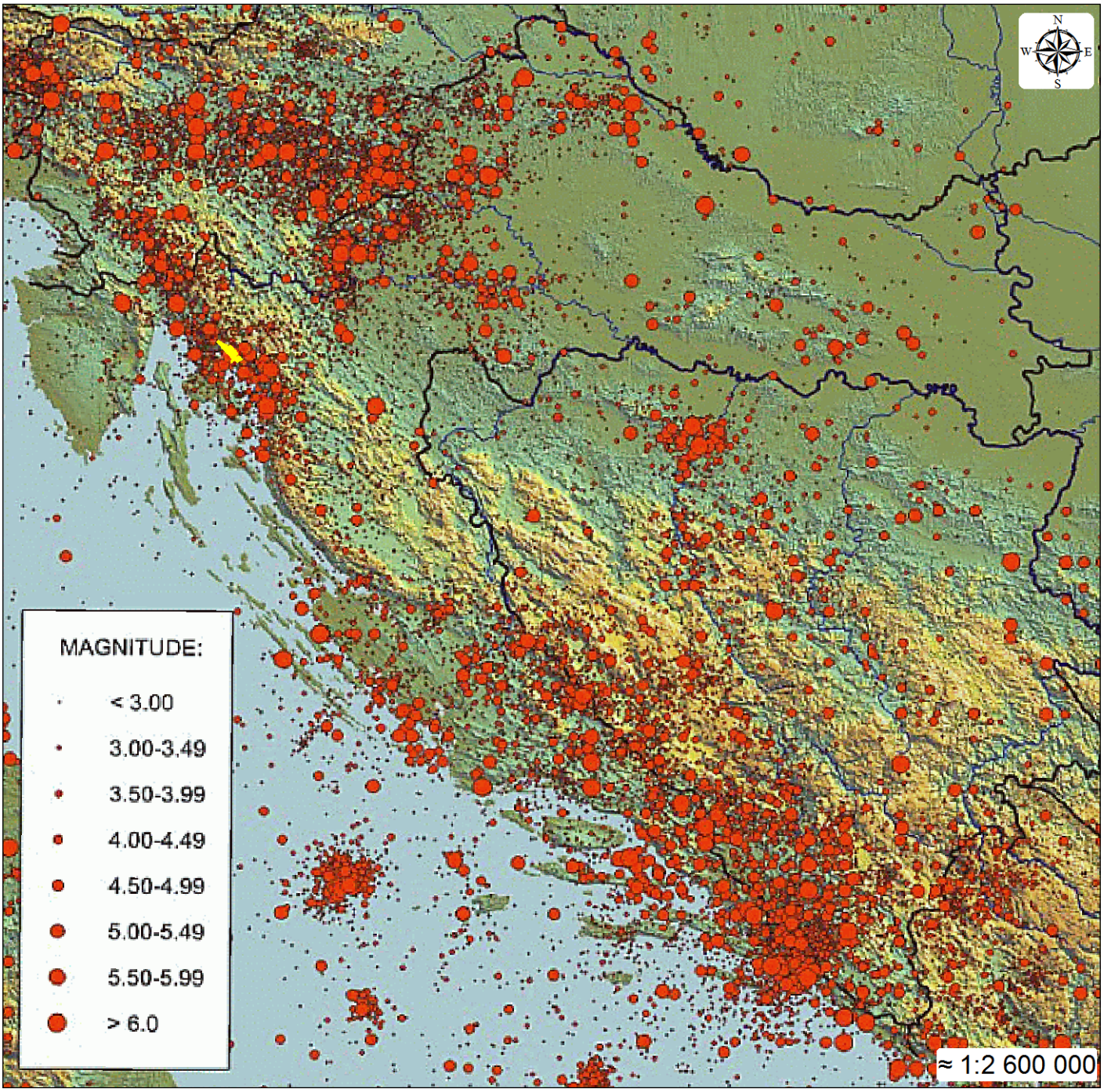
Za sada jedinu analizu te vrste za klizišta na flišnim padina u Hrvatskoj proveli su Dugonjić Jovančević i Arbanas (2012), a predmet istraživanja su bila klizišta na Istarskom poluotoku za koja su autori znali datum aktivacije. Njihovi rezultati su pokazali da je aktivaciji prethodila kumulativna oborina u rasponu od 400 do 700 mm u periodu od 90 dana.

Za klizište s ID brojem 43 koje je aktivirano 06.08.2006., kumulativna oborina za svibanj, lipanj i srpanj iznosi 164 mm na mjernoj postaji Crikvenica koja je od klizišta udaljena oko 3 600 m. Iako u razmatranje nije uzeta količina oborine koja je pala tijekom prvih šest dana kolovoza, navedeno može upućivati na mogućnost različite kumulativne oborine koja uvjetuje aktivaciju klizišta u porječju Dubračine od one koju su autori definirali za klizišta u Istri.

Osim oborine, vjerojatni inicijator klizanja u porječju Dubračine su i potresi. Pomoću današnje mreže seizmografa u Hrvatskoj, godišnje se na teritoriju Hrvatske i okolnih država locira i u katalog uvrsti oko 3 500 potresa. Prostorna distribucija epicentara prikazana je slikom 7-11 iz koje je vidljivo da se u Hrvatskoj mogu izdvojiti tri epicentralna područja: 1) šira okolica Metkovića i Dubrovnika, 2) šira okolica Zagreba i 3) šira okolica Vinodolske doline u sklopu koje se nalazi i porječje Dubračine prikazano žutim poligonom.

Prema Prelogović i dr. (1981), područje istraživanja se nalazi u sklopu neotektonske jedinice Klana-Rijeka-Vinodol-Senj koju karakterizira pojačana seizmička aktivnost s maksimalnim magnitudama potresa od 5,0 do 5,8. Prema istim autorima, žarišta potresa unutar jedinice se nalaze na dubinama od 2 do 30 km. Herak i dr. (2011) su publicirali kartu potresnih područja Hrvatske za povratne periode od 95 i 475 godina prema kojima se porječje Dubračine nalazi u zonama gdje poredbeno vršno ubrzanje iznosi 0,12g i 0,24g.

Navedeno nedvojbeno ukazuje izrazitu seizmičnost područja što može biti inicijator klizanja u sklopu područja istraživanja.



Slika 7-11. Karta seizmičnosti Hrvatske i okolnih područja do 2008. godine, prema dopunjenom Hrvatskom katalogu potresa Herak i dr. (1996). Porječje Dubračine prikazano je žutim poligonom.

7.8. Smjernice za buduća istraživanja

Temeljem provedenih istraživanja, mogu se dati smjernice za buduća istraživanja u porječju Dubračine koje su ovdje navedene:

- Dodatno uzorkovati disperzivne gline za potrebe određivanja kohezije i kuta unutarnjeg trenja da bi se potvrdio ili opovrgnuo trend gubitka kohezije takvih tala s porastom vlažnosti tla,
- Napraviti zonaciju terena bivarijatnim metodama koje su u radu korištene, ali pomoću poligona kartiranih procesa, a ne "seed cell" poligona te usporediti rezultate,
- Napraviti zonaciju terena nekom od multivarijatnih metoda koje u obzir uzimaju međusobni utjecaj faktora i usporediti rezultate s provedenom bivarijantnom zonacijom,
- Pomoću morfometrijskih analiza DTM-a identificirati tektonski najaktivnije dijelove porječja Dubračine te rezultate korelirati s prostornom distribucijom kartiranih površinskih procesa.

8. ZAKLJUČAK

Porječje Dubračine je na temelju geoloških, geomorfoloških i klimatskih uvjeta koji u njemu vladaju, odabrano za provedbu koncepta istraživanja koji je imao za cilj definirati područja najpodložnija površinskim geodinamičkim (inženjerskogeološkim) procesima, istražiti vezu prekomjerne erozije i klizanja te usporediti neka inženjerska svojstva disprzivnih i nedisperzivnih materijala u sklopu područja istraživanja.

Istraživanja su se sastojala od terenskih, laboratorijskih i uredskih, a nakon dobivenih rezultata i njihove obrade, zaključeno je sljedeće:

Primjena visokorezolucijskog modela terena (DTM-a)

a) Primjena visokorezolucijskog modela terena (DTM-a) za potrebe kartiranja površinskih procesa, u kombinaciji s terenskom verifikacijom te upotrebom DOF podloga, omogućava izradu vrlo kvalitetne i pouzdane karte inventara u zoni navlake karbonata na fliš.

b) Kartiranje površinskih procesa isključivo terenskim radom, nema komparativnih prednosti u odnosu na kartiranje koje je kombinacija primjene visokorezolucijskog modela terena, terenske verifikacije i analize DOF-a.

c) Vizualna analiza visokorezolucijskog modela terena u svrhu kartiranja klizišta na područjima koja ujedno karakterizira i prekomjerna erozija, značajno je otežana. Osnovni razlog tomu je degradacija laporovitog i glinovitog materijala na površini koja može vrlo brzo zamaskirati primarne ožiljke nastale klizanjem. Također, u takvim područjima je vrlo teško odvojiti procese klizanja i prekomjerne erozije jer su u najvećem broju slučajeva međusobno ovisni i isprepleteni.

Primjena "seed cell" poligona

a) U prostornim analizama područja istraživanja, primjena "seed cell" poligona dala je dobre rezultate. Prema rezultatima analiza nagiba, "seed cell" poligoni kvalitetnije definiraju uvjete u kojima su procesi klizanja i puzanja nastali, u usporedbi s poligonima koji predstavljaju granicu koluvija.

b) "Seed cell" poligoni sipara nisu korišteni jer dijelom predstavljaju i uvjete u kojima se materijal odlaže, već su za analize korišteni oni dijelovi "seed cell" poligona koji se nalaze na liticama i strmim padinama koje predstavljaju izvorišta siparnog materijala.

c) "Seed cell" koncept za ogoline, koje su posljedica prekomjerne erozije, nije korišten zbog vrlo specifičnih uvjeta u kojima nastaju, zbog čega su u analizama korišteni poligoni samih ogolina.

Disperzivnost materijala

a) Porječje Dubračine je za sada jedino područje u Hrvatskoj gdje je u sklopu ovog istraživanja, ali i nekih ranije publiciranih, na površini terena dokazano prisustvo disperzivnih materijala.

b) Na manjem broju uzoraka definirano je svojstvo disperzivnosti na temelju udjela koncentracije iona natrija u sumi koncentracija iona natrija, kalija, kalcija i magnezija u ekstraktu tla pokrivača.

c) Disperzivnost materijala u porječju Dubračine je vezana isključivo za materijale koji su nastali trošenjem fliša.

d) Disperzivni materijali u porječju Dubračine se mogu očekivati i na većim dubinama, a ne samo na površini ili plitko ispod nje, bez obzira postoje li na površini dokazi disperzivnosti ili ne.

e) Disperzivni materijali su visoko ili niskoplastične gline.

f) Svojstvo disperzivnosti prema rezultatima istraživanja ne utječe na vrijednosti kohezije i kuta unutarnjeg trenja.

g) Disperzivni materijali su pokazali nagli gubitak kohezije s povećanjem vlage, što je moguće izraziti linearnom jednadžbom pravca koja ima negativan koeficijent smjera pravca. Koeficijent korelacije između vlage i kohezije u ovim istraživanjima iznosi 0,87.

h) Disperzivni materijali nemaju nikakvu otpornost na proces sušenja-vlaženja.

i) Mineralni sastavi disperzivnih i nedisperzivnih materijala su u porječju Dubračine u velikoj mjeri slični.

j) Svojstvo disperzivnosti nema utjecaj na aktivnost gline.

k) Disperzivnost materijala pridonosi procesu klizanja na dva načina: 1) zbog gubitka kohezije u materijalu se javljaju oslabljene zone koje predstavljaju mjesta inicijacije klizne plohe; 2) neotpornost na proces sušenja-vlaženja uzrokuje potpunu degradaciju materijala i s tim povezanih mehaničkih svojstava.

l) Koncentracije iona natrija u ekstraktu uzoraka prikupljenih u sklopu ogoline s ID brojem 5 izrazito su visoke, s time da su vrijednosti značajno više na zapadnoj strani. Prekomjerna erozija uzrokovana ekstremno velikim koncentracijama registriranim na zapadnoj strani, uvjetuje znatno manju debljinu pokrivača, što može biti razlog izostanka procesa klizanja, koji je uočen samo na istočnoj strani ogoline.

Utjecajni faktori

a) Analiza generalnog nagiba padina pomoću prve intaktne izohipse iznad i ispod poligona procesa, pokazala je da klizišta nastaju na nagibima koja su u rasponu od 9° do 29°, a puzišta na nagibima koja su u rasponu od 8° do 13°. 74,28 % površine od ukupne zahvaćene klizanjem se nalazi na nagibima od 12° do 21°. 85,27% površine od ukupne zahvaćene puzanjem se nalazi na nagibima od 8° do 10°.

b) Krupnozrnata tla u porječju Dubračine dominantno su nastala trošenjem karbonata, a sitnozrnata fliša. Proces klizanja povezan je s tlima koja su isključivo ili dominantno nastala trošenjem fliša.

c) Prema rezultatima analiza, u porječju Dubračine udio granulometrijskih frakcija u pokrivaču utječe na procese klizanja, puzanja, prekomjerne erozije i jaružanja.

d) Za potrebe prostornih analiza podložnosti, svojstvo disperzivnosti je predstavljeno s dvije faktorske karte: 1) udaljenost od disperzivnog uzorka i 2) binarna karta disperzivnosti površine terena gdje su ogoline, na temelju rezultata laboratorijskih istraživanja, smatrane disperzivnim površinama, a ostatak područja istraživanja nedisperzivnim.

e) Faktorska karta udaljenosti od disperzivnog uzorka se pokazala kao utjecajna za procese klizanja, prekomjerne erozije i jaružanja, a faktorska karta disperzivnosti površine terena za procese klizanja i jaružanja. Binarna karta disperzivnosti površine terena nije korištena u analizi podložnosti prekomjernoj eroziji jer je riječ o inventaru procesa za koji se podložnost radi.

f) Prema rezultatima istraživanja u porječju Dubračine, tri najznačajnija faktora koja utječu na zonaciju podložnosti klizanju su litologija, pokrov zemljišta i srednja godišnja količina oborine, a faktori čiji je utjecaj kumulativno manji od 5 % su udaljenost od izvora i udaljenost od rasjeda.

g) Zonacija podložnosti puzanju u porječju Dubračine najviše je pod utjecajem faktora litologije, udaljenosti od prometnice i nagiba terena, a jedini faktor čiji utjecaj je manji od 5 % je udaljenost od vodotoka.

h) Podložnost prekomjernoj eroziji u porječju Dubračine najviše je pod utjecajem udaljenosti od disperzivnog uzorka, litologije i pokrova zemljišta, a faktori čiji utjecaj kumulativno ne prelazi 5 % su udaljenost od izvora, nagib terena, udaljenost od rasjeda, srednja godišnja količina oborine i udaljenost od prometnice.

i) Prema rezultatima istraživanja u porječju Dubračine, tri najznačajnija faktora koja utječu na zonaciju podložnosti jaružanju su litologija, pokrov zemljišta i smjer nagiba, a faktori čiji je utjecaj kumulativno manji od 5 % su indeks jakosti toka, udaljenost od prometnice i udaljenost od izvora.

j) Najznačajniji faktori koji utječu na zonaciju podložnosti odronjavanju su nagib terena, litologija i pokrov zemljišta, a faktori čiji utjecaj je kumulativno manji od 5 % su udaljenost od prometnice i udaljenost od vodotoka.

k) Primjena karakterističnih faktorskih karata područja istraživanja (granulometrijske faktorske karte, karta udaljenosti od disperzivnog uzorka, karta disperzivnosti površine terena), moguće je razlog zbog kojeg utjecaj nagiba terena na podložnost klizanju u provedenim istraživanjima nije veći od 4 %.

Karte podložnosti

a) Karte podložnosti klizanju dobivene primjenom IVM metode, ostvarile su preciznosti predviđanja od 83,94 % i 87,06 %, zbog čega se obje mogu prema predloženoj podjeli klasificirati kao dobre karte.

b) Među četiri izrađene, karta podložnosti klizanju dobivena primjenom IVM metode bez upotrebe granulometrijskih karata, može se smatrati najboljom, u sklopu koje je litologija definirana kao najutjecajniji faktor. Isto vrijedi i za procese puzanja i jaružanja.

c) Najprihvatljivija karta podložnosti prekomjernoj eroziji je ona dobivena primjenom FRM metode bez upotrebe granulometrijskih karata, u sklopu koje je litologija definirana kao najutjecajniji faktor.

d) Karta podložnosti odronjavanju dobivena primjenom FRM metode može se smatrati prihvatljivijom od karte dobivene IVM metodom, a kao najutjecajniji faktor je definiran nagib terena.

e) Primjena svih faktorskih karata za koje je dokazano da utječu na površinsku distribuciju procesa, ne znači nužno i kvalitetniju kartu podložnosti, što se vidi na primjeru primjene granulometrijskih faktorskih karata, već je potrebno po određenom kriteriju definirati kombinaciju faktorskih karata koje će biti korištene u analizi.

f) S aspekta višestruke podložnosti, klase velike i vrlo velike podložnosti nalaze se u udolini čiju površinu terena velikom većinom prekrivaju tla, a ne izdanci stijena, što istovremeno može značiti kako pojedini površinski procesi karakteristični za tla porječja Dubračine, utječu jedni na druge.

g) Prekomjerna erozija i klizanje mogu biti procesi koji su prostorno povezani i međusobno ovisni, odnosno, mogu biti skupni geodinamički događaji na padini.

Glavni nedostaci bivarijatne statističke metode zonacije

a) Metoda podrazumijeva da su utjecajni faktori međusobno neovisni, što nije uvijek slučaj, na primjer, litologija utječe na kartu udjela frakcije gline u tlu pokrivača.

b) Pojedine klase faktora s vrlo malom površinom u sklopu područja istraživanja, u slučaju postojanja procesa u njima, imat će velike težinske faktore, što može voditi krivom zaključku kako je ta klasa vrlo bitna za zonaciju terena, što ne odgovara realnom, jer je njena površina u prostoru vrlo mala.

c) Pojedine klase faktora mogu zbog mjerila faktorske karte sadržavati određenu površinu istraživanog procesa, koji realno ne može nastati u toj klasi (u ovom radu je to na primjer slučaj puzišta s ID brojem 1 koje se dijelom nalazi u paleogenskim brečama), što rezultira određenim težinskim faktorom te klase koji nije realan.

Primjena rezultata

a) Koncept analize podložnosti površinskim procesima provediv je bilo gdje, bez obzira na geološke značajke prostora, a izbor utjecajnih faktora kao i njihov doprinos karti podložnosti, ovisit će o specifičnostima područja istraživanja i vrsti procesa koji se istražuje.

b) Ovo istraživanje provedeno je u zoni navlake karbonata na fliš, zbog čega se može pretpostaviti postojanje istih površinskih geodinamičkih (inženjerskogeoloških) procesa i u drugim takvim područjima, koja bi onda slijedom toga, također mogla biti predmetom zonacijskih istraživanja. Pojave prekomjerne erozije koja bi bila uzrokovana disperzivnošću materijala, u drugim zonama navlake karbonata na fliš duž jadranske obale, ne treba očekivati,

osim u porječjima potoka Bakarački rov i Ričina, koja uz porječje Dubračine, pripadaju Vinodolskoj dolini.

9. LITERATURA

Ackermann, F. (1999): Airborne Laser Scanning - Present Status and Future Expectations. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing vol. 54, str. 64–67.

Agencija za zaštitu okoliša (2012): CORINE land cover Hrvatska. Karta pokrova zemljišta mjerila 1:100 000.

Aitchison, G.D., Wood, C.C (1965): Some Interactions of Compaction, Penneability, and Post-Construction Deflocculation Affecting the Probability of Piping Failures in Small Dams. Proceedings, 6th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Montreal, Canada, International Society of Soil Mechanics and Foundation Engineering, vol. 2, 442 str.

Aleotti, A., Chowdhury, R. (1999): Landslide hazard assessment: summary review and new perspectives. Bulletin of Engineering Geology and the Environment, vol. 58/1, str. 21-44.

Aljinović, D., Jurak, V., Mileusnić, M., Slovenec, D., Presečki, F. (2010): The origin and composition of flysch deposits as an attribute to the excessive erosion of the Slani Potok Valley ("Salty Creek"), Croatia. Geologia Croatica, 63/3, str. 313-322.

Althuwaynee, O.F., Pradhan, B., Park, H., Lee, J.H. (2014): A novel ensemble bivariate statistical evidential belief function with knowledge-based analytical hierarchy process and multivariate statistical logistic regression for landslide susceptibility mapping. Catena, vol. 114, str. 21-36.

Arbanas, Ţ., Kyoji, S., Hideaki, M., Mihalić, S. (2012): Comprehensive monitoring system on the Grohovo Landslide, Croatia. In Eberhardt, E. et al. (editors): Landslides and engineered slopes: Protecting society through improved understanding. Proceedings of the 11th international and 2nd North American Symposium on landslides. Vancouver, CRC Press, str. 1441-1447

Bates, R., L. Jackson, J. A. (1984): Dictionary of Geological Terms, 3rd ed., American Geol. Inst., Alexandria, Virginia, 571 str.

Bell, F. G (2007): Engineering Geology. Butterworth-Heinemann, Oxford, UK, 593 str.

Benac, Č., Arbanas, Ž., Jardas, B., Kasapović, S., Jurak, V. (1999): Složeno klizište u dolini Rječine. Rudarsko-geološko-naftni zbornik, RGN fakultet Sveučilišta u Zagrebu, vol. 11, str. 81-90.

Benac, Č., Jurak, V., Oštrić, M., Holjević, D., Petrović, G. (2005): Pojava prekomjerne erozije u području Slanog potoka (Vinodolska dolina). Velić i dr. (urednici): Knjiga sažetaka, 3. Hrvatski geološki kongres, str.173-174.

Benac, Č., Mihalić, S., Vivoda, M. (2011): Geological and geomorphological conditions in the area of Rjecina and Dubracina river catchments (Primorsko-goranska county, Croatia). Arbanas et al. (editors): Abstract proceedings of 1st project workshop on Risk identification and land-use planning for disaster mitigation of landslides and floods in Croatia, JICA, str. 22-24.

Benac, Č. (2013): Rječnik pojmova u primjenjenoj geologiji i geološkom inženjerstvu. Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, 112 str.

Bernat, S., Đomlija, P., Mihalić Arbanas, S. (2014): Slope movements and erosion phenomena in the Dubračina River Basin: A geomorphological astrroach. Landslide and Flood Hazard Assessment, Proceedings of the 1st Regional Symposium on Landslides in the Adriatic-Balkan Region. Mihalić Arbanas, S. and Arbanas, Ž. (editors), Zagreb, str. 79-84.

Beven, K.J., Kirkby, M. J. (1979): A physically based, variable contributing area model of basin hydrology. Hydrolological Science Bulletin, vol. 24, str. 43–69.

Blašković, I. (1983): O rasprostranjenosti i položaju pliocenskih i kvartarnih taložina u Vinodolu. Geološki vjesnik, vol. 36, str. 27-35.

Balšković, I., Tišljar, J. (1983): Prominske i Jelar naslage u Vinodolu (Hrvatsko primorje). Geološki vjesnik, vol. 36, str. 37-50.

Blašković, I. (1999): Tectonics of part of the Vinodol walley within the model of the continental crust subduction. Geologia Croatica, vol. 52/2, str. 153 – 189.

Brabb, E.E., Pampeyan, E.H., Bonnila, M.G. (1972): Landslide Susceptibility in san Mateo County, California. U.S. Geol. Surv. Misc. Field Studies Map, MF-360 (reprinted 1978).

Brunsden, D. (1993): Mass movements; the research frontier and beyond: a geomorphologocal astrroach. Geomorphology, vol. 7, str. 85-128.

Carrara, A., Cardinali, M., Guzzetti, F. (1992): Uncertainty in assessing landslide hazard risk, ITC Journal, vol. 2, str. 172-183.

Carrara, A. (1993): Uncertainty in evaluating landslide hazard and risk. In Nemec et al. (eds): Prediction and Perception of Natural Hazards, 101-109. Kluwer Academic Publishers. Printed in Netherlands.

Çevik, E., Topal, T. (2003): GIS-based landslide susceptibility mastring for a problematic segment of the natural gas pipeline, Hendek, (Turkey). Environmental geology, vol. 44, str. 949-962.

Chacón, J., Irigaray, C., Fernández, T., El Hamdouni, R. (2006): Engineering geology maps: landslides and geographical information systems. Bulletin of Engineering Geology and the Environment, vol. 65/4, str. 341-411.

Chaplot, V. (2013): Impact of terrain attributes, parent material and soil types on gully erosion. Geomorphology, vol. 186, str. 1-11.

Che, V.B., Kervyn, M., Suh, C.E., Fontijn, K., Ernst, G.G.J., Del Marmol, M.A.,Trefois, P., Jacobs, P. (2012): Landslide susceptibility assessment in Limbe (SW Cameroon): A field calibrated seed cell and information value method. Catena, vol. 92, str. 83-98.

Chung, C.F., Fabbri, A. (2003): Validation of spatial prediction models for landslide hazard mapping. Natural Hazards, vol. 30, str. 451-472.

Conforti, M., Aucelli, P.P.C., Robustelli, G., Scarciglia, F. (2011): Geomorphology and GIS analysis for mastring gully erosion susceptibility in the Turbolo stream catchment (Northern Calabria, Italy). Natural Hazards, vol. 56, str. 881-898.

Conoscenti, C., Agnesi, V., Angileri, S., Castradonia, C., Rotigliano, E., Märker, M: (2013): A GIS-based astrroach for gully erosion susceptibility modelling: a test in Sicily, Italy. Environmental Earth Sciences, vol. 70, str. 1179-1195.

Corominas, J., van Westen, C., Frattini, P., Cascini, L., Malet, J.P., Fotopoulou, S., Catani, F., van den Eeckhaut, M., Mavrouli, O., Agliardi, F., Pitilakis, K., Winter, M.G., Pastor, M., Ferlisi, S., Tofani, V., Hervas, J., Smith, J.T. (2014): Recommendations for the quantitative analysis of landslide risk. Bulletin of the Engineering geology and the Environment, vol. 73, str. 209-263.

Cruden, D.M. (1991): A simple definition of landslide. Bulletin of the International Association of Engineering geology, vol. 43, str. 27-29.

Državni hidrometeorološki zavod (2011): Karta srednje godišnje količine oborine za razdoblje 1981-2010 za područje sliva Dubračine, neobjavljeno.

Dugonjić Jovančević, S., Arbanas, Ž. (2012): Recent landslides on the Istrian Peninsula, Croatia. Natural Hazards, vol. 62, str. 1323-1338.

Dugonjić Jovančević, S. (2013): Procjena hazarda pojave klizanja u flišu. Doktorska disertacija. Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, 199 str.

Đomlija, P., Bernat, S., Mihalić Arbanas, S., Benac, Č. (2014): Landslide inventory in the area of Dubračina River Basin (Croatia). Third World Landslide Forum, Landslide Science for a Safer Geoenvironment, Vol. 2: Methods of Landslide Studies / Sassa, Kyoji ; Canuti, Paolo ; Yin, Yueping (ur.). Switzerland: Springer International Publishing, str. 837-842.

Faulkner, H. (2013): Badlands in marl lithologies: A field guide to soil dispersion, subsurface erosion and piping-origin gullies. Catena, vol. 106, str. 42-53.

Fell, R., Corominas, J., Bonnard, C., Cascini, L., Leroi, E., Savage, W. (2008): Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land use and planning. Engineering Geology, vol. 102, str. 85-98.

Galli, M., Ardizzone, F., Cardinali, M., Guzzetti, F., Reichenbach, P. (2008): Comparing landslide inventory maps. Geomorphology, vol. 94, str. 268-289.

García-Rodríguez, M.J., Malpica, J.A. (2010): Assessment of earthquake-triggered landslide susceptibility in El Salvador based on an artificial neural network model. Natural Hazards and Earth System Sciences, vol. 10, str. 1307-1315.

Ghosh, S., Carranza, E.J.M., van Westen, C.J., Jetten, V.G., Bhattacharya, D.N. (2011): Selecting and weighting spatial predictors for empirical modeling of landslide susceptibility in the Darjeeling Himalayas (India). Geomorphology, vol. 131, str. 35-56.

Gil, E., Dlugosz, M. (2006): Threshold values of rainfalls triggering selected deep-seated landslides in the Polish flysch Carpathians. Studia Geomorphologica Carpatho-Balcanica, vol 40, str. 21-43.

Grimani, I., Šušnjar, M., Bukovac, J., Milan, A., Nikler, L., Crnolatac, I., Šikić, D., Blašković, I. (1973): Tumač Osnovne geološke karte, M 1: 100 000, list Crikvenica (L 33-102), Savezni geološki zavod, 42 str., Beograd.

Gulam, V. (2012): Erozija ogolina u flišu središnje Istre. Doktorska disertacija, Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zgrebu, 299 str.

Guzzetti, F., Carrara, A., Cardinali, M., Reichenbach, P. (1999): Landslide hazard evaluation: a review of current techniques and their application in a multi-scale study, Central Italy, Geomorphology, vol. 31, str. 181–216

Guzzetti, F., Cardinali, M., Reichenbach, P., Carrara, A. (2000): Comparing landslides maps: a case study in the ustrer Tiber River Basin, Central Italy. Environmental Management, vol. 25 (3), str. 247-363.

Guzzetti, F., (2005): Landslide hazard and risk assessment, PhD thesis, Mathematich-Naturwissenschaftlichen Fakultät, Rheinischen Fridrich-Wilhelms-Universität Bonn, 389 str.

Guzzetti, F., Ardizzone, F., Cardinali, M., Galli, M., Reichenbach, P., Rossi, M. (2008): Distribution of landslides in the Upper Tiber River basin, central Italy. Geomorphology, vol. 96, str. 105-122, Amsterdam.

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, vol. 112, str. 42-66.

Hansen, A. (1984): Landslide hazard analysis, In: Slope Instability, (Eds.) Brunsden, D. and Prior, D. B., John Wiley and Sons, New York, str. 523–602.

Harvey, A. (2006): Badland. U *Encyclopedia of Geomorphology, vol. 1*, (urednik Goudie, A. S.), Taylor and Francis e-Library.

Haugerud, R., Harding, D.J., Johnson, S.Y., Harless, J.L., Weaver, C.S., Sherrod, B.L. (2003): High-resolution topography of the Puget Lowland, Washington-A bonanza for earth science. GSA Today, vol. 13, str. 4-10.

Herak, M., Allegretti, I., Herak, D., Ivančić, I., Kuk, V., Marić, K., Markušić, S., Sović, I. (2011): Karte potresnih područja Republike Hrvatske mjerila 1 : 800 000 za povratne periode 95 i 475 godina. Državna geodetska uprava, Zagreb.

Herak, M., Herak, D., Markušić, S. (1996): Revision of the earthquake catalogue and seismicity of Croatia, 1908-1992. Terra Nova 8, str. 86-94.

Highland, L.M., Bobrowsky, P. (2008): The landslide handbook – A guide to understanding landslides: Reston, Virginia, U.S. Geological Survey Circular 1325, 129 str.

Hrvatski geološki institut (2007a): Geološka karta sliva rijeke Dubračine mjerila 1:25000, neobjavljeno.

Hrvatski geološki institut (2007b): Geološka karta središnjeg dijela sliva rijeke Dubračine mjerila 1:5000, neobjavljeno.

Hrvatski geološki institut (2007c): Geološko-tektonska osnova za studij pojačane erozije u slivu Dubračine, neobjavljeno.

Jaboyedoff, M., Ostrikofer, T., Abellán, A., Derron, M.H., Loye, A., Metzger, R. Pedrazzini, A. (2012): Use of LIDAR in landslide investigations: a review. Natural Hazards, vol. 61, str. 5-28.

Jackson, J. A., Bates, R., L. (1997): Glossary of geology, 4th ed., American Geol. Inst., Alexandria, Virginia, 769 str.

Jade, S., Sarkar, S. (1993): Statistical models for slope instability classification. Engineering geology, vol. 36, str. 91-98.

Jenks, G.F. (1967): The data model concept in statistical mapping. International Yearbook of Cartography, vol. 7, str. 186–190.

Jorgić, M., Šupić, V., Kuk, V., Hadžijevski, D., Pekevski, V., Ribarič V., Vukašinović, M. (1987): Seizmološke karte SFRJ mjerila 1 : 1 000 000 za povratne periode 50, 100, 200, 500, 1 000 i 10 000 godina uz 63 % vjerojatnosti. Zajednica za seizmologiju SFRJ, Beograd.

Jurak, V., Slovenec, D., Mileusnić, M. (2005): Pretjerana erozija fliša – Slani Potok. Excursion Guide Book, 3rd Croatian Geological Congress, Zagreb, str. 51-55.

Knodel, P., C. (1991): Characteristics and problems of dispersive clay soils. Bureau of Reclamation, Denver, USA, 24 str.

Komac, M. (2005): Intenzivne padavine kot sprožilni dejavnik pri pojavljanju plazov v Sloveniji. Geologija, vol. 48/2, str. 263-279.

Komac, M., Ribičič, M. (2006): Landslide susceptibility map of Slovenia at scale 1 : 250,000. Geologija, vol. 49/2, str. 295-309.

Komac, M. (2012): Regional landslide susceptibility model using the Monte Carlo approach – the case of Slovenia. Geological Quarterly, vol. 56/1, str. 41-54.

Leroi, E. (1996): Landslide hazard-Risk maps at different scales: objectives, tools and developments. In: Proc. VII Int. Symp. Landslides, Trondheim, June 1996, vol. 1, str. 35-52.

Lee, S., Choi, J. (2004): Landslide susceptibility mapping using GIS and the weight-of-evidence model. International Journal of Geographical Information Science, vol. 18/8, str. 789-814.

Lee, S., Talib, J.A. (2005): Probabilistic landslide susceptibility and factor effect analysis. Environmental Geology, vol. 47/7, str. 982-990.

Lee, S., Pradhan, B. (2006): Probabilistic landslide hazards and risk mapping on Penang Island, Malaysia. Journal of Earth System Science, vol. 115/6, str. 661-672.

Loparić, I., Pahernik, M. (2012): GIS analiza ugroženosti padina klizištima u području grada Lepoglave. Acta geographica croatica, vol. 38, str. 35-58.

Lupia-Palmieri, E. (2006): Erosion. U *Encyclopedia of Geomorphology, vol. 1*, (urednik Goudie, A. S.), Taylor and Francis e-Library.

Ma, Y. (2011): Regional scale multi-hazard susceptibility assessment: a case study in Mtskheta-Mtianeti, Georgia. Master thesis, Faculty ITC, University of Twente, 76 str.

Malamud, B.D., Donald, L.T., Guzzetti, F., Reichenbach, P. (2004): Landslide inventories and their statistical properties. Earth Surface Processes and Landforms, vol. 29, str. 687-711.

Mathew, J., Jha, V.K., Rawat, G.S. (2007): Weights of evidence modelling for landslide hazard zonation mapping in part of Bhagirathi valley, Uttarakhand. Current Science, vol. 92/5, str. 628-638.

Meten, M., Bhandary, N.P., Yatabe, R. (2014): The application of weights of evidence modelling for landslide susceptibility mapping of Dejen-GohaTsiyon Transect in the Blue Nile Gorge, Central Ethiopia. In Hazarika et al. (editors): International symposium Geohazards: Science, Engineering and Management. Katmandu, November 20-21, 2014, Nepal Geotechnical Society, str. 62-76.

Mihalić, S., Marui, H., Nagai, O., Yagi, H., Toyohiko, M. (2011): Landslide Inventory in the Area of Zagreb City: Effectiveness of Using LiDAR DEM. Proc. of the 2nd World Landslide Forum "Putting Science into Practice", In Sassa, K. (editor), Germany, Springer, str. 1-6.

Mileusnić, M., Slovenec, D., Jurak, V. (2004): Thenardite-efflorescence indicating cause of the excessive flysch erosion, Slani Potok, Croatia. Acta Mineralogica-Petrographica, Abstract Series, Szeged, 75-75.

Minnesota Department of Agriculture (2010): Workshop Exercises for "Digital Terrain Analysis with LIDAR for Clean Water Implementation.

Moore, I. D., Grayson, R. B., Ladson, A. R. (1991): Digital terrain modelling: A review of hydrological, geomorphological, and biological astrlications. Hydrological Process., vol. 5, str. 3-30.

Moore, ID., Gessler, P.E., Nielsen, G.A. Petersen, G.A. (1993): Terrain attributes: estimation methods and scale effects. In Modeling Change in Environmental Systems, edited by A.J. Jakeman M.B. Beck and M. McAleer Wiley , London, str. 189 - 214.

Ožanić, N., Šušanj, I., Ružić, I., Žic, E., Dragičević, N. (2011): Monitoring and analyses for the working group II (WG2) in Rijeka area in Croatian-Japanese project. Ožanić et al. (editors): Book of proceedings of 2nd project workshop on Risk indentification and land-use planning for disaster mitigation of landslides and floods, University of Rijeka, str. 86-91.

Peck, R.B., Hanson, W.E, Thornburn, T.H. (1974): Foundation Engineering. John Wiley and Sons, Ltd, New York, 544 str.

Perroy, R.L., Bookhagen, B., Asner, G.P., Chadwick, O.A. (2010): Comparison of gully erosion estimates using airborne and ground based LiDAR on Santa Cruz Island, California. Geomorphology, vol 118, str. 288-300.

Philip, G.M., Watson, D.F. (1982): A Precise Method for Determining Contoured Surfaces. Australian Petroleum Exploration Association Journal, vol. 22, str. 205-212.

Pike, R.J. (1988): The geometric signature: quantifying landslide-terrain types from digital elevation models. Mathematical Geology, 20 (5), str. 491-511.

Plummer, C. C., McGeary, D., Carlson, D. H. (2005): Physical geology. McGraw-Hill, New York. 580 str.

Podolszki, L. (2014): Stereoskopska analiza klizišta i relativne opasnosti od klizanja na južnim obroncima Medvednice. Doktorska disertacija. Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 322 str.

Pradham, B., Oh, H-J., Buchroithner, M. (2010): Weights-of-evidence model applied to landslide susceptibility mapping in a tropical hilly area. Geomatics, Natural Hazard and Risk, vol 1/3, str. 199-223.

Prelogović, E., Blašković, I., Cvijanović, D., Skoko, D., Aljinović, B. (1981): Seizmotektonske značajke vinodolskog područja. Geološki vjesnik, vol. 33, str. 75-93.

Razak, K.A., Straatsma, M.W., van Westen, C.J. Malet, J.P., de Jong, S.M. (2011): Airborne laser scanning of forested landslides characterization: Terrain model quality and visualization. Geomorphology, 126, str. 186-200.

Reis. S., Yalcin, A., Atasoy, M., Nisanci, R., Bayrak, T., Erduran, M., Sancar, C., Ekercin, S. (2011): Remote sensing and GIS-based landslide susceptibility mapping using frequency ratio and analytical hierarchy methods in Rize province (NE Turkey). Environmental Earth Sciences, vol. 66/7, str. 2063-2073.

Rib, H.T., Liang, T. (1978): Recognition and identification. In: R.L. Schuster, R.J. Krizek (eds). Landslides Analysis and Control. Transportation Research Board Special Report 176, National Academy of Science, Washington, str. 34-80.

Richards, L.A. (1954): Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. U.S. Dept. of Agriculture Handbook No. 60, U.S. Government Printing Office, Washington, D.C.

Rubinić, A., Ožanić, N. (2010): Hidrologija sliva Dubračine. Zbornik radova Građevinskog fakulteta Sveučilišta u Rijeci, XIII, 33-68.

Ružić, I., Šušanj. I., Ožanić, N., Žic, E. (2011): Otjecanja sa sliva slanog potoka i izvora rijeke Dubračine na području Vinodolske doline. 5. hrvatska konferencija o vodama s međunarodnim sudjelovanjem: Hrvatske vode pred izazovom klimatskih promjena, Opatija 18-21.05. Urednici: Biondić i dr. str. 225-237.

Santi, P. M. (1998): Improving the jar slake, slake index and slake durability tests for shales. Environmental and Engineering Geoscience, vol 4/3, str. 385-396.

Saaty, T.L. (1977): A scaling method for priorities in hierarchical structures. Journal of the mathematical psychology, vol. 15, str. 234-281.

Sarkar, S., Archana, K., Martha, T.R. (2013): Landslide susceptibility assessment using Information value method in parts of the Darjeeling Himalayas. Journal Geological Society of India, vol 82, str. 351-362.

Shan, J., Toth, C.K. (2009): Topographic laser ranging and scanning: principles and processing (Shan and Toth editors). CRC Press, Taylor and Francis Group, 590 p.

Sharma, M., Kumar, R. (2008): GIS-based landslide hazard zonation: a case study from the Parwanoo area, Lesser and Outer Himalaya, H.P., India. Bulletin of Engineering Geology and the Environment, vol. 67, str. 129-137.

Sherard, J, L., Dunnigan, L.P., Decker, R.S. (1976): Identification and nature of dispersive soils. Journal of the Geotechnical Engineering Division, vol 102, str. 287-301.

Shultz, W.H. (2004): Landslides Mastred using LiDAR Imagery, Seattle, Washington. US Geological Survey Open-File Report 2004-1396.

Shultz, W.H. (2007): Landslide susceptibility revealed by LiDAR imagery and historical records, Seattle, Washington. Engineering Geology, vol. 89, str. 67-87.

Skempton, A.W. (1953): The colloidal activity of clays. Proceedings Third International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Zurich, 1, 57–61.

Soeters, R., van Westen, C.J. (1996): Slope instability recognition, analysis and zonation. In: Turner, A.K., Schuster, R.L. (eds) Landslides – investigation and mitigation. Special report 247. Transportation Research Board, Washington, str. 129-177.

Soil Science Society of America (2001): Glossary of soil science terms. Soil Science Society of America, Madison, WI.

Steele, E.F. (1976): Characteristicsand Identificationof DispersiveDay Soils. Annual Meeting of American Society of Agricultural Engineers, June 1976.

Süzen, M.L., Doyuran, V. (2004): Data driven bivariate landslide susceptibility assessment using geographical information systems: a method and application to Asarsuyu catchment, Turkey. Engineering geology, vol. 71, str. 303-321.

Šestanović, S. (1993): Osnove inženjerske geologije, GEING, Split, 159 str.

Šušnjar, M., Bukovac, J., Nikler, L., Crnolatac, I., Milan, A., Šikić, D., Grimani, I., Vulić, Ž., Blašković, I. (1970): Osnovna geološka karta, M 1: 100 000, list Crikvenica, Savezni geološki zavod, Beograd.

Terzaghi, K., Peck, R.B. (1961): Die Bodenmechanik in der Baupraxis. Springer, Heidelberg, 431 str.

Thompson, G. R., Turk, J. (1997): Introduction to Physical Geology. Brooks Cole. 432 str.

Thornbury, W.D. (1954): Principles of Geomorphology, New York, Wiley, 618 str.

Tišljar, J. (2004): Sedimentologija klastičnih i silicijskih taložina, Institut za geološka istraživanja, Zagreb, 426 str.

Toševski, A. (2013): Inventar klizišta u slivu rijeke Dubračine, Rudarsko-geološko-naftni zbornik, RGN fakultet Sveučilišta u Zagrebu, vol. 27, str. 1-16.

USBR (2001): Engineering geology field manual. U.S. Bureau of Reclamation, Denver, Colorado, vol. 1, 432 str.

Valentin, C., Poesen, J., Yong, L. (2005): Gully erosion: impacts, factors and control. Catena, vol. 63, str. 132-153.

Varnes, D.J. (1984): International Association of Engineering Geology Commission on Landslides and Other Mass Movements on Slopes. Landslide hazard zonation: a review of principles and practice. Int. Assoc. Eng. Geol., UNESCO Natural hazards Series no. 3, 63 str.

Van Westen, C.J. (1993): Application of geographic information systems to landslide hazard zonation, vol. 1: Theory. International institute for aerospace survey and earth sciences (ITC), Netherlands, 245 str.

Van Westen, C.J. (1997): Statistical landslide hazard analysis. ILWIS Application Guide, ITC, Netherlands, str.73–84.

Van Westen, C.J., Rengers, N., Soeters, R. (2003): Use of geomorphological information in indirect landslide susceptibility assessment. Natural Hazards, vol. 30, str. 399-419.

Van Westen, C.J., Castellanos, E., Kuriakose, S.L. (2008): Spatial data for landslide susceptibility, hazard, and vulnerability assessment: An overview. Engineering Geology, vol. 102, str. 112–131.

Vragović, M., Golub, LJ. (1969): Hornblenda andezit (porfirit) Gornjeg Benkovca kod Fužina, Gorski Kotar. Acta Geol. 6 (Prirodna istraživanja, JAZU, Zagreb, 46, str. 55-66.

Voogd, J.H. (1982): Multicriteria evaluation for urban and regional planning. Delft : Delftsche Uitgevers Maatschappij, 380 p.

Volk, G.M. (1937): Method of Detennination of the Degree of Dispersion of the Day Fraction of Soils. Proceedings, Soil Science Society of America, vol. 2, 561 p.

Vujnović, T. (2005): Identifikacija i kartiranje faktora klizanja na području sliva potoka Starča. Magistarski rad, Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 75 str.

Watson, D. F., Philip, G.M (1985): A Refinement of Inverse Distance Weighted Interpolation." Geoprocessing, vol. 2, str. 315–327.

Wieczorek, G.F. (1996): Landslide triggering mechanisms. In: Turner, A.K., Schuster, R.L. (eds) Landslides – investigation and mitigation. Special report 247. Transportation Research Board, Washington, str. 76-90.

Wischmeier, W.H., Smith, D.D. (1978): Predicting rainfall erosion losses. A guide to conservation planning, USDA agricultural handbook, 537, U.S. Gov. print office, Washington, DC.

WP/WLI (1993): Multilingual landslide glossary. Bitech Publishers Ltd, Richmond, British Columbia, Canada, 59 str.

Yalcin, A., Reis, S., Aydinoglu, A.C., Yomralioglu, T. (2011): A GIS-based comparative study of frequency ratio, analytical hierarchy process, bivariate statistics and logistics regression methods for landslide susceptibility mastring in Trabzon, NE Turkey. Catena, vol. 85, str. 274-287.

Yesilnacar, E., Topal, T. (2005): Landslide susceptibility mapping: A comparison of logistic regression and neural networks methods in a medium scale study, Hendek region (Turkey). Engineering geology, vol. 79, str. 251-266.

Yin, KJ., Yan, TZ. (1988): Statistical prediction model for slope instability of metamorphosed rocks. In: Proc 5th Int Symp on Landslides, vol. 2, Lausanne, Switzerland, 10-15 July 1988, 2: 1269-1272.

ŽIVOTOPIS

Aleksandar Toševski rođen je 29.05.1979. godine u Splitu. Osnovnu školu i opću gimnaziju završio je u Korčuli nakon čega 1997. upisuje Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu. Diplomski rad naslovljen "Sedimentološke, petrološke i mineraloške osobitosti naslaga fliša užeg područja grada Splita i njihovo značenje u inženjerskoj geologiji" izradio je pod mentorstvom doc.dr.sc. Dunje Aljinović, a obranio ga je 2004. godine.

Nakon završetka civilnog vojnog roka, 2005. godine se zapošljava kao znanstveni novak na katedri za geotehniku Građevinsko-arhitektonskog fakulteta Sveučilišta u Splitu. Na katedri radi sljedeće četiri godine gdje sudjeluje u izvođenju nastave i stručnih suradnji fakulteta s privredom.

Od 2009. do 2011. radi kao kooperant tvrtke Konstruktor-Inženjering d.d. na izgradnji trase autoceste od Vrgorca do Ploča.

Početkom 2011. se zapošljava kao znanstveni novak na zavodu za geologiju i geološko inženjerstvo Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu u sklopu hrvatsko-japanskog projekta "Identifikacija rizika i planiranje korištenja zemljišta za ublažavanje nepogoda kod odrona zemlje i poplava u Hrvatskoj" kada i upisuje doktorski studij iz inženjerske geologije.

Na RGN fakultetu radi dvije godine, a od srpnja 2014. je zaposlen u tvrtki Geokon-Zagreb d.d. na poslovima geotehničkih istraživanja za potrebe projektiranja raznih vrsta objekata kao što su temelji, nasute i potporne građevine, retencije, prometnice i sl.

Aktivni je član Međunarodnog društva za mehaniku stijena (ISRM), Međunarodnog društva za mehaniku tla i geotehničko inženjerstvo (ISSMGE), Hrvatskog geotehničkog društva te Hrvatskog geološkog društva.

Oženjen je i ima dvoje djece.

POPIS OBJAVLJENIH RADOVA

Krkač, M., Mihalić, S., Ferić, P., Podolszki, L., Toševski, A., Arbanas, Ž. (2013): Japanese-Croatian Project: preliminary investigations of the Kostanjek landslide. Proc. of the 2nd World Landslide Forum "Landslide Science and Practice". Margttini, C., Canuti, P., Sassa, K. (ur.). Germany, Springer, 385-390.

Pollak, D., Buljan, R., Toševski, A. (2008): General engineering geological characteristics of the Kaštela (Croatia) flysch deposits. The City and its Subterranean Environment, EuroEnGeo, Madrid, str. 83-83.

Pollak, D., Buljan, R., Toševski, A. (2010): Inženjerskogeološke i geotehničke značajke naslaga fliša u području Kaštela. Građevinar: časopis Hrvatskog saveza građevinskih inženjera, vol. 62/8, str. 707-715.

Šegvić, B., Toševski, A., Števanić, D., Biševac, V., Lugović, B. (2006): Altered tephra layers in the Upper Jurassic Lemeš deposits near Maovice (Dalmatia, Croatia): Clay mineralogy and basic soil mechanic properties. 3rd Mid-European Clay Conference (MECC 06). Abstracts Book. Vlahović, I., Tibljaš, D., Durn, G., Biševac, V. (ur.). Zagreb, Faculty of Science, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, str. 104-104.

Šestanović, S., Toševski, A., Mihalić, S., Dečman, A., Ferić, P. (2012): Preliminary Data for Development of the Engineering Geological Map of the City of Split (Croatia). Environmental Earth Sciences, vol. 66/5, str. 1547-1556.

Toševski, A. (2004): Sedimentološke, petrološke i mineraloške osobitosti naslaga fliša užeg područja grada Splita i njihovo značenje u inženjerskoj geologiji. Diplomski rad. Zagreb, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, 74 str. Voditelj: Aljinović, D.

Toševski, A., Pollak, D., Ženko, T., Aljinović, D., Tadej, N. (2011): Some engineering properties of limestone: Tunnel Stražina case study (Croatia). Tunnelling and underground space technology, vol. 26/1, str. 242-251.

Toševski, A., Grgec, D., Padovan, B. (2012): Osnovno o genezi, sastavu i trošenju eocenskog fliša hrvatskog obalnog pojasa. Rudarsko-geološko-naftni zbornik, vol. 25, str. 47-62.

Toševski, A., Wang, C., Krkač, M., (2012). Geological, geomorphological and engineering geological conditions of the Dubracina River Basin, Croatia. Monitoring and analyses for disaster mitigation of landslides, debris flow and floods. Abstract proceedings of the 2nd Japanese-Croatian Project Workshop. Ožanić, N., Arbanas, Ž. Mihalić, S., Hideaki, M. (ur.). Rijeka, University of Rijeka, str. 118-121.

Toševski, A. (2013): Inventar klizišta u slivu rijeke Dubračine. Rudarsko-geološko-naftni zbornik, vol. 27, str. 1-16.

Sveučilište u Zagrebu

Rudarsko-geološko-naftni fakultet

Aleksandar Toševski

PODLOŽNOST PORJEČJA RIJEKE DUBRAČINE POVRŠINSKIM GEODINAMIČKIM PROCESIMA

DOKTORSKI RAD

SVEZAK 2

Zagreb, 2018.

POPIS PRILOGA

Prilog 1. Geološka karta porječja rijeke Dubračine mjerila 1 : 25 000 koju je izradio Hrvatski geološki institut (2007a, 2007b, 2007c, ljubaznošću Hrvatskih voda).

Prilog 2. Karta lokacija uzorkovanja za određivanje granulometrijskog sastava pokrivača.

Prilog 3. Karta lokacija uzorkovanja za određivanje koncentracije iona natrija, kalija, kalcija i magnezija u ekstraktu tla pokrivača.

Prilog 4. Karta lokacija uzorkovanja za određivanje Atterbergovih granica plastičnosti sitnozrnatog tla pokrivača.

Prilog 5. Karta lokacija uzorkovanja za određivanje kohezije, kuta unutarnjeg trenja i mineralnog sastava sitnozrnatog tla pokrivača.

Prilog 6. Karta lokacija uzorkovanja za određivanje modela trošenja sitnozrnatog tla pokrivača nakon procesa "sušenja-vlaženja".

Prilog 7. Karta lokacija uzorkovanja za određivanje aktivnosti sitnozrnatog tla pokrivača.

Prilog 8. Litološka karta porječja Dubračine mjerila 1 : 5 000 (Hrvatski geološki institut, 2007a, 2007b, 2007c).

Prilog 9. Poligon u sklopu kojeg je su interpolirani točkasti podaci granulometrijskog sastava pokrivača prikazan na litološkoj karti porječja Dubračine.

Prilog 10. Karta lokacija meteoroloških postaja.

Prilog 11. Četiri lokacije za koje je terenskom verifikacijom utvrđeno da se ne radi o klizištima.

Prilog 12. Inventar klizišta i puzišta u porječju rijeke Dubračine.

Prilog 13. Karta ogolina u porječju Dubračine.

Prilog 14. Koordinate geometrijskih središta kartiranih jaruga i pripadajuće površine.

Prilog 15. Karta jaruga i pripadajućih "seed cell" poligona u porječju Dubračine.

Prilog 16. Karta sipara i "seed cell" poligona u porječju Dubračine.

Prilog 17. Rezultati granulometrijske analize i klasifikacije uzoraka tla iz pokrivača.

Prilog 18. Preklop lokacija disperzivnih uzoraka, poligona fliša i poligona ogolina.

Prilog 19. Karta lokacija disperzivnih uzoraka i prostorno bliskih uzoraka definirane granulometrije.

Prilog 20. Karakteristične fotografije uzoraka disperzivnih i nedisperzivnih glina tijekom ispitivanja otpornosti na proces sušenje-vlaženje.

Prilog 21. Hi-kvadrat testovi utjecaja faktora na proces klizanja.

Prilog 22. Hi-kvadrat testovi utjecaja faktora na proces puzanja.

Prilog 23. Hi-kvadrat testovi utjecaja faktora na proces prekomjerne erozije.

Prilog 24. Hi-kvadrat testovi utjecaja faktora na proces jaružanja.

Prilog 25. Hi-kvadrat testovi utjecaja faktora na proces odronjavanja.

Prilog 26. Preklopi faktorskih karata i "seed cell" poligona klizišta.

Prilog 27. Težinski faktori klizanja dobiveni upotrebom "seed cell" poligona klizišta.

Prilog 28. Preklopi faktorskih karata i "seed cell" poligona puzišta.

Prilog 29. Težinski faktori puzanja dobiveni upotrebom "seed cell" poligona puzišta.

Prilog 30. Preklopi faktorskih karata i poligona prekomjerne erozije (ogolina).

Prilog 31. Težinski faktori prekomjerne erozije dobiveni upotrebom poligona ogolina.

Prilog 32. Preklopi faktorskih karata i "seed cell" poligona jaruga.

Prilog 33. Težinski faktori jaružanja dobiveni upotrebom "seed cell" poligona jaruga.

Prilog 34. Preklopi faktorskih karata i "seed cell" poligona sipara.

Prilog 35. Težinski faktori odronjavanja dobiveni upotrebom "seed cell" poligona sipara.

Prilog 36. Težine faktorskih karata.

Prilog 37. Karte podložnosti klizanju.

Prilog 38. Karte podložnosti puzanju.

Prilog 39. Karte podložnosti prekomjernoj eroziji.

Prilog 40. Karte podložnosti jaružanju.

Prilog 41. Karte podložnosti odronjavanju.

Prilog 42. Karta višestruke podložnosti površinskim procesima.

Prilog 43. Predefinirani položaj čeone pukotine klizišta s ID brojevima 42 i 43.

GEOLOŠKA KARTA SLIVA DUBRAČINE

M 1 : 25 000

Kartu izradio: Hrvatski geološki institut
Zavod za geologiju
2007. godina

Dubravko Matičec
Ladislav Fuček
Tvrtko Korbar
Nenad Oštrić
Damir Palenik

Obrada u GIS-u:
Ajka Sorša

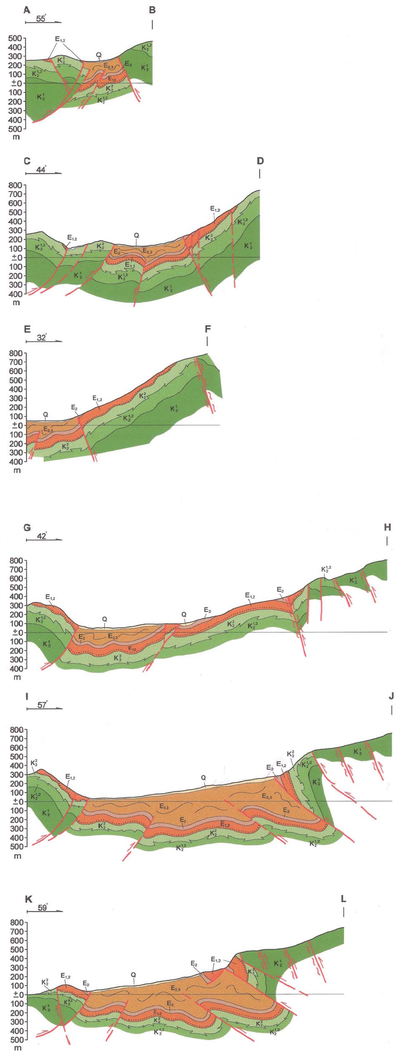
N
W E
S

Legenda

- Qal aluvij
- Qdpr2 srednjezrnasti deluvijalno - proluvijalni obronački materijal
- Qdpr1 krupnozrnasti deluvijalno - proluvijalni obronački materijal
- Qdpr siparišne breče
- $E_{2,3}$ eocenske fliške naslage
- E_2 prijelazne naslage
- Pgbč Jelar - karbonatne breče
- $E_{1,2}$ paleogenski foraminiferski vapnenci
- $K_2^{2,3}$ rekristalizirani vapnenci gornje krede
- $K_2^{1,2}$ pelagički vapnenci gornje krede
- K_2^{1} rudistni vapnenci
- sipar
- položaj sloja
- horizontalni sloj
- položaj prebačenog sloja
- normalna geološka granica
- transgresivna geološka granica
- prebačena transgresivna geološka granica
- pretpostavljena geološka granica
- os antiklinale
- os antiklinale sa smjerom lonjenja
- prebačena antiklinala
- os sinklinale
- utvrđeni rasjed višeg reda
- utvrđeni rasjed
- reverzni rasjed višeg reda
- reverzni rasjed
- pretpostavljeni rasjed višeg reda
- pretpostavljeni rasjed
- pretpostavljeni reverzni rasjed višeg reda
- pretpostavljeni reverzni rasjed
- spušteni blok
- utvrđeni rasjed s relativnim kretanjem krila
- tektonski drobljena zona
- geološki profili
- bunar
- izvor
- kaptaža

PREGLEDNI GEOLOŠKI PROFILI

M 1:25 000



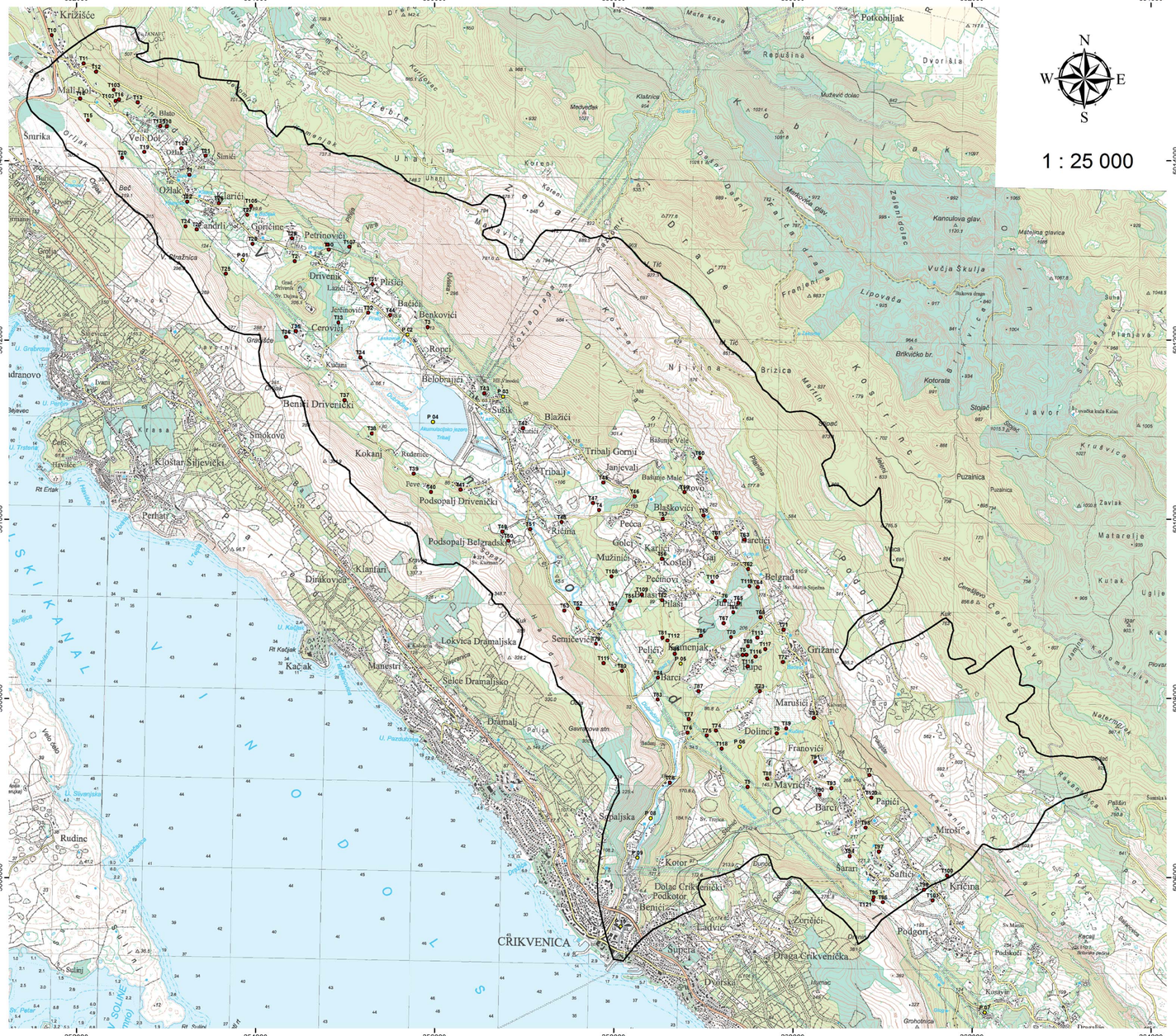
PRILOG 1

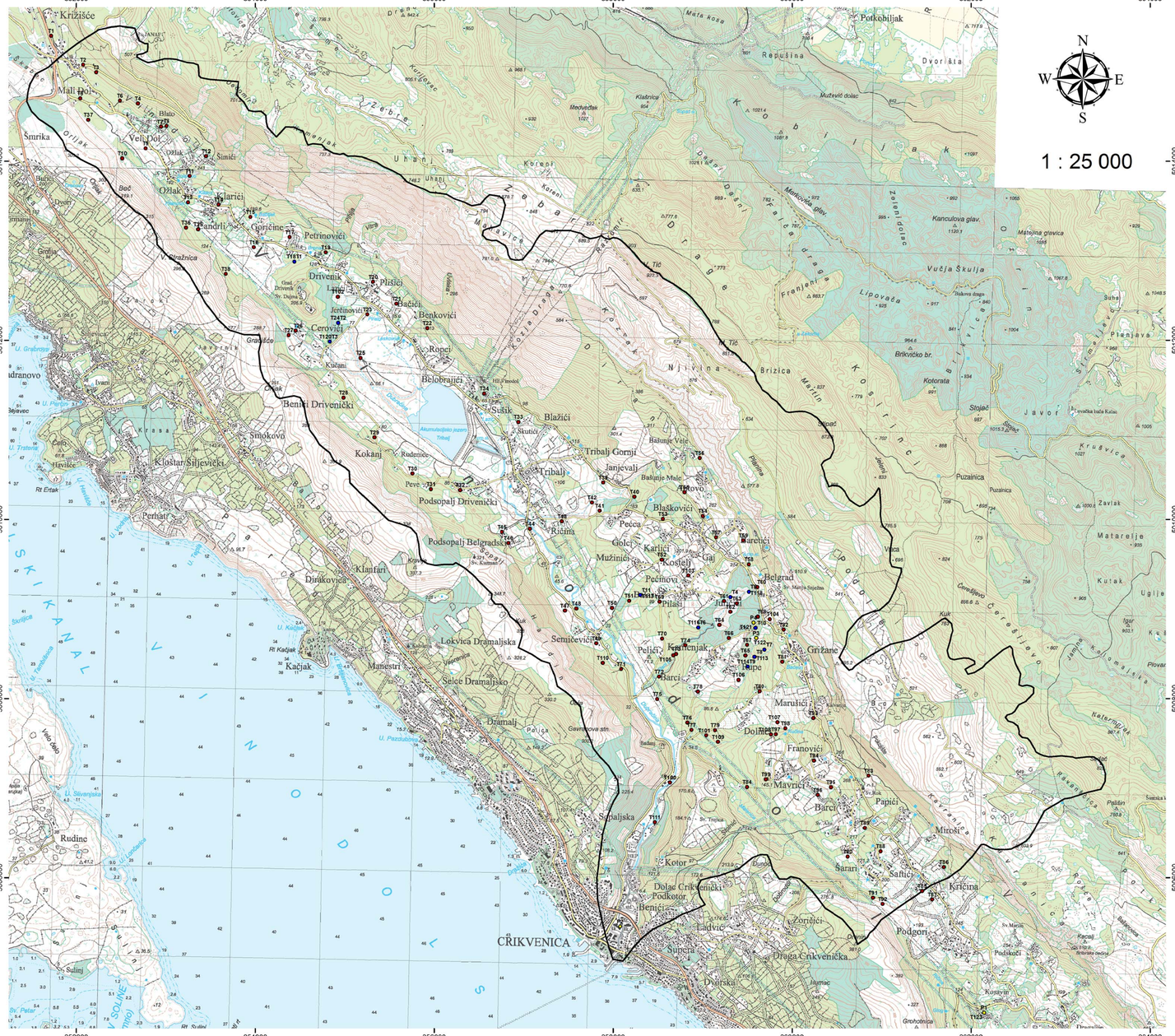
GEOLOŠKA KARTA PORJEČJA DUBRAČINE
M 1 : 25 000

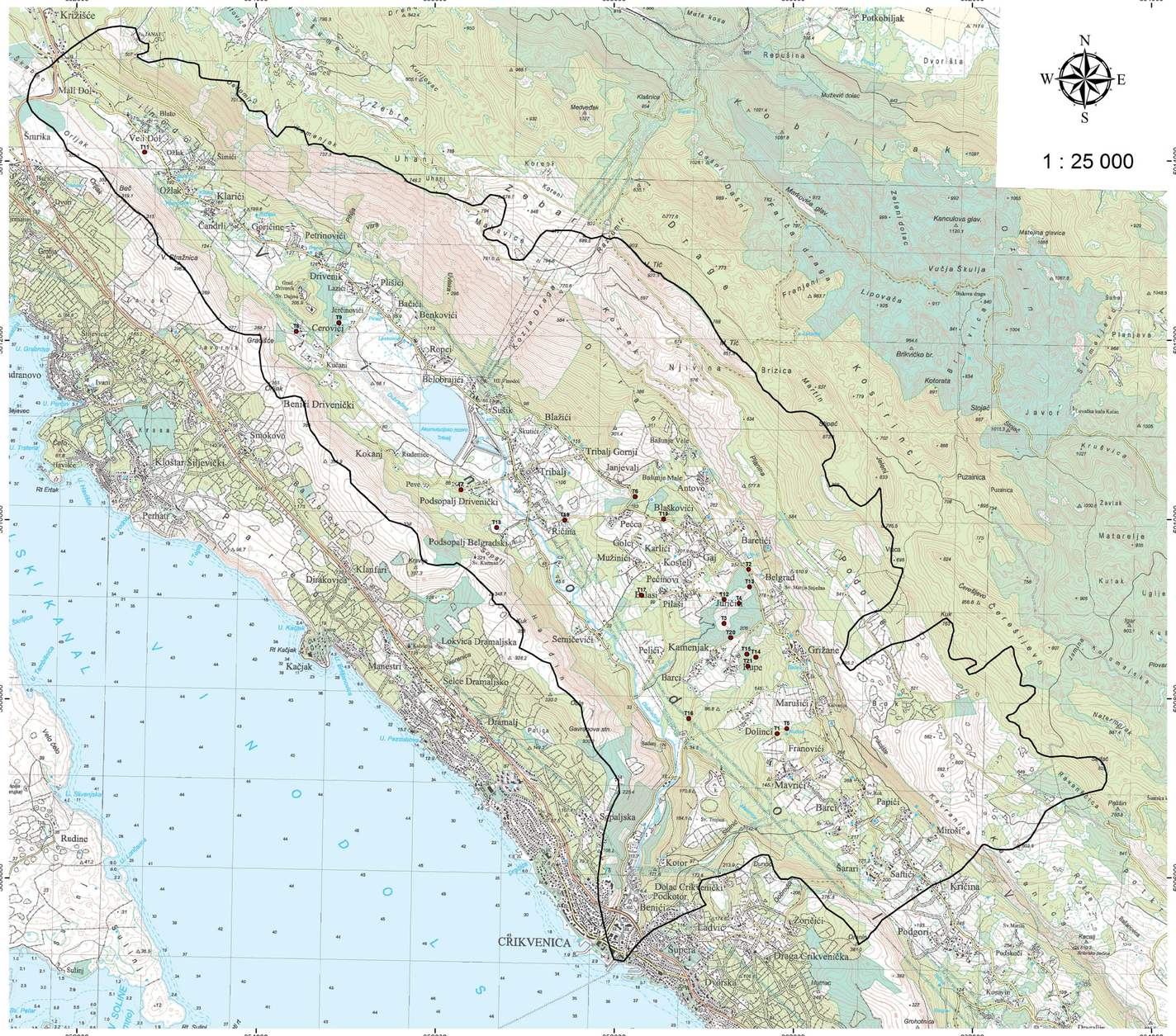
(Hrvatski geološki institut, 2007a; 2007b; 2007c)

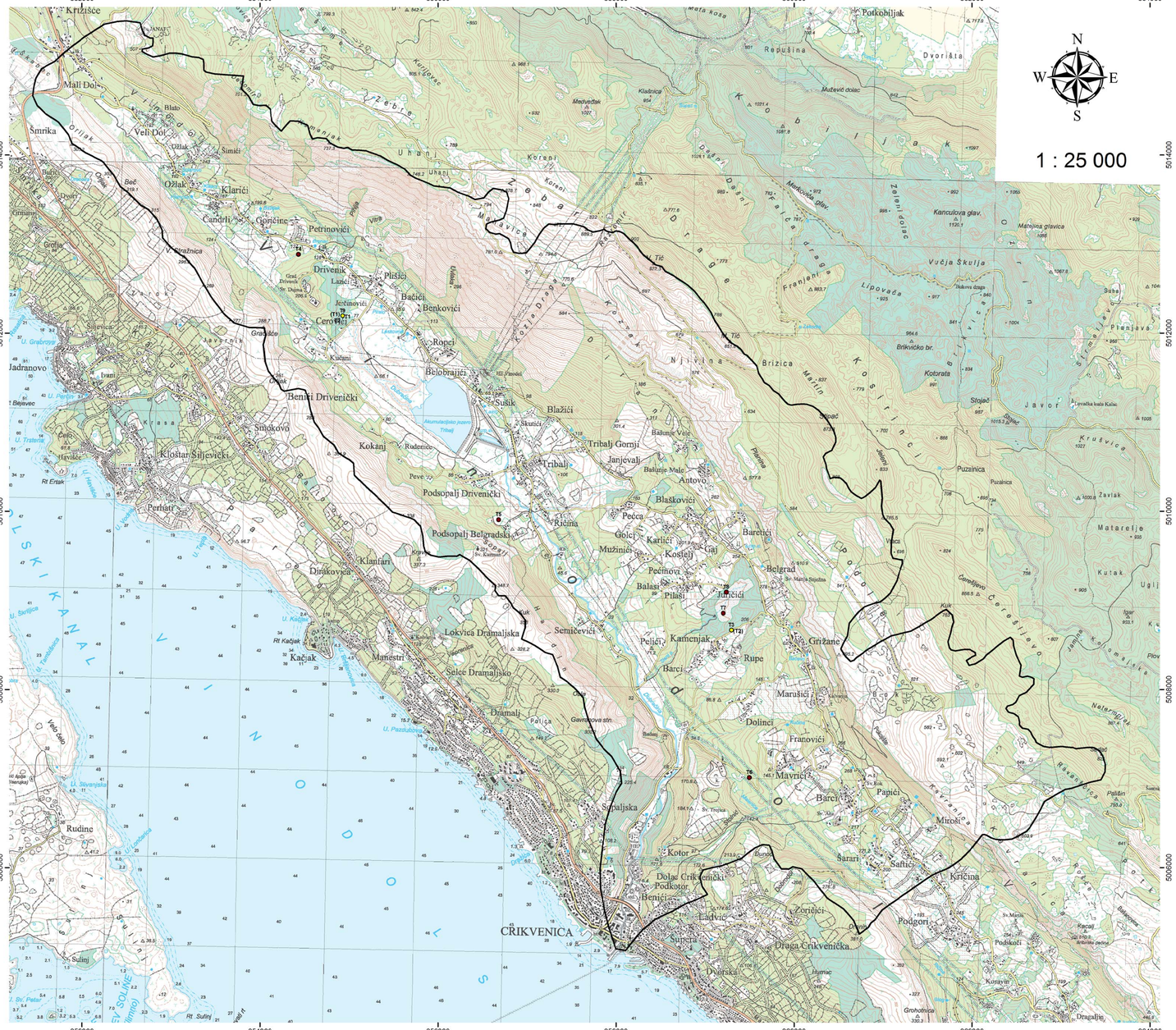
LEGENDA:

područje koje su isti autori dodatno kartirali u mjerilu 1 : 5 000


352000
354000
356000
358000
360000
362000
364000
5014000
5012000
5010000
5008000
5006000
N
W
E
S
1 : 25 000
Križišće
Mali Hotel
Veli Dol
Smrika
Ožlak
Andrli
Petrinovići
Drivenik
Plišići
Benkovići
Cerovići
Ropci
Belobrajići
Benići Drivenički
Blažići
Tribalj Gornji
Tribalj
Janjevali
Blaškovići
Pecca
Ričina
Podsopalj Drivenički
Podsopalj Belgradski
Smoković
Kokanj
Klanfari
Klošter Siljevički
Perhati
Dinakovica
Lokvica Dramaljska
Kačak
Manestri
Selce Dramaljsko
Dramalj
Sapaljska
Rudine
Suhanj
ČRIKVENICA
Dolac Črikvenički
Podkotor
Benići
Ladvić
Draga Črikvenička
Dvorski
Kotor
Mavrići
Barci
Franovići
Dolinci
Maruši
Grižane
Belgrad
Pilasi
Kosteji
Gaj
Mužinići
Pećinovi
Golci
Karlići
Baretići
Kamenjak
Pelići
Semičevići
Pupe
Papići
Miroši
Šarari
Šaftići
Kričina
Podgori
Kosavin
Podskali
Ladvić
Žorići
Dvorski
Sv. Marija Sajetna
Sv. Kuzma
Sv. Trojica
Sv. Petar
Sv. Mihovil
Sv. Marija
Sv. Martin
Sv. Ivan
Sv. Mihajlo
Sv. Jakov
Sv. Ana
Sv. Nikola
Sv. Juraj
Sv. Vid
Sv. Duh
Sv. Lovreč


352000
354000
356000
358000
360000
362000
364000
5014000
5012000
5010000
5008000
5006000
N
W
E
S
1 : 25 000
Križišće
Mali Dol
Velo Dol
Smrika
Ozlak
Sinići
Vilarići
Sandrli
Goričine
Petrinovići
Driven
Plišići
Bačići
Benkovići
Cerovići
Ropci
Belobrajići
Benići Drivenički
Ivani
Smokovo
Kokanj
Rudenice
Podsopalj Drivenički
Klanfari
Dikakovica
Lokvica Dramaljska
Manestri
Selce Dramaljsko
Dramalj
Kačjak
Rudine
Suhinj
Sv. Petar
Perlatt
Klošter Siljevički
Havidić
Ivanići
Siljevići
Grabrovac
Jarački
Krasa
Ćerić
Blažići
Skutići
Tribalj Gornji
Janjevalj
Tribalj
Ričina
Podsopalj Belgradski
Belgrad
Pećmovi
Golci
Karlići
Kosleji
Gaj
Mužinići
Pecca
Blaškovići
Novo
Bašunje Velo
Bašunje Malo
Pilasi
Jurkovići
Grižane
Semičevići
Pelići
Krmenjak
Lipe
Barci
Marušići
Franovići
Mavrići
Papići
Miroši
Šapaljska
Kotor
Dolac Crikvenički
Podkotor
Benići
Ledvice
Supetra
Zorići
Sarari
Šatići
Križina
Podgori
Druga Crikvenička
Dvorska
Kostrivin
Podskučić
Sv. Marcin
Kacalj
Grohotnica
Humac
Puzarica
Zavlak
Matarelje
Kuťak
Ugljen
Brizica
Martin
Njivina
Javor
Krušvica
Stojač
Kotorata
Brkvicko br.
Vučja Škulja
Kanculova glav.
Matošina glavica
Zelenji dolac
Frenjevača
Lipovača
Suha
Planjava
Strmi dol
Mutvić dolac
Klašnica
Medvedjak
Repušina
Dvorišta
Potkobiljak
Kobilnjak
Uhani
Korenić
Zebe
Mala Kosa
Dabar
Desni
Kurijovac
Mali Tić
Veli Tić
Kozja Draga
Kosirinci
Dolina
Ozlak
Bečić
Dvori
Grdina
Grabrovac
Jarački
Ćerić
Ivani
Siljevići
Havidić
Rt Ertak
Rt Kačjak
Rt Kalvarija
Rt Sv. Petar
Rt Sv. Kuzma
Rt Sv. Trojica
Rt Sv. Marak
Rt Sv. Marak
Rt Sv. Marak


352000
354000
356000
358000
360000
362000
364000
5014000
5012000
5010000
5008000
5006000
N
W
E
S
1 : 25 000
Križišće
Mali Dol
Veli Dol
Blato
Smrika
Ozlak
Klarići
Candrli
Gorićine
Petrinovići
Drivenik
Plišići
Bačići
Benkovići
Jeremovići
Cerovići
Ropci
Kućani
Blobrajići
Benti Driveničći
Smokovo
Kloštar Siljevički
Perhati
Kokanj
Rudenice
Peve
Podsopalj Driveničći
Podsopalj Belgradski
Klanfari
Dirakovica
Kačjak
Manestri
Lokvica Dramaljska
Selce Dramaljsko
Dramalj
Rudine
Sulinj
Sv. Petar
Šušnji
Blažići
Skutići
Tribalji Gornji
Tribalj
Janjevali
Podsopalj Driveničći
Ričina
Pećca
Golci
Karlići
Mužinići
Pećnovi
Pilaši
Semičevići
Peliši
Kamenjak
Barci
Grižane
Belgrad
Juričići
Lipe
Marušići
Dolinci
Franovići
Mavrići
Barci
Papići
Mirоši
Sopaljska
Kotor
Dolac Crikvenički
Pockotor
Benići
Ladvić
Supetarska Draga
Dvorska
Crikvenica
Suha
Njivina
Brizica
Martin
Sopač
Javor
Puzarica
Vrca
Matarelje
Kuťak
Ugljе
Kotorata
Brkvičko br.
Kanculova glav.
Mistojna glavica
Vučja Škulja
Lipovača
Franjeni
Zelenjdolac
Repušina
Dvorišta
Potkobiljak
Mužević dolac
Klašnica
Medvedjak
Uhani
Zebarje
Kozja Draga
Dolac
Kozarak
Orlja
Vrbnik
Vrbnička
Grabišće
Ivanci
Cerovi
Rt Ertak
Rt Kačjak
Rt Sulinj
Rt Crikvenica
Vinodolski kanal
Vinodolsko
Crikvenica
Grohotnica
Kosinjin
Podgori
Šaršići
Krčina
Mirоši
Papići
Barci
Sarari
Zorićići
Ravanica
Karanjina
Kvarnerić
Jurića Kolomajska
Cerovljevo
Klik
Natermonjak
Plavar
Pilidan
Kacaj
Sv. Marija
Pučišnći
Sv. Mikula
Sv. Trojica
Sv. Kuk
Sv. Kuzam
Sv. Marija Sujetna
Sv. Petar
Sv. Mikula
Sv. Kuk
Sv. Trojica


352000
354000
356000
358000
360000
362000
364000
5014000
5012000
5010000
5008000
5006000
N
W
E
S
1 : 25 000
Križišće
Potkobiljak
Mali Dol
Veli Dol
Smrika
Ozlak
Klarići
Candrli
Goričine
Petrinovići
Drivenik
Plišići
Bačići
Benkovići
Cerovci
Ropci
Kućani
Jadranovo
Beljobrajići
Benkri Driveničkl
Sušik
Blažići
Skutići
Smokovo
Kokanj
Rudenice
Tribalj Gornji
Janjevali
Tribalj
Peve
Podsopalj Drivenički
Blaškovići
Pecca
Ričina
Antovo
Podsopalj Belgradski
Goloci
Karlići
Mužinići
Kosteli
Gaj
Baretići
Belgrad
Klanfari
Drakovca
Pečnovi
Balaši
Pilaši
Jurjičići
Lokvica Dramaljska
Semičevići
Pelići
Kamenjak
Grižane
Kačjak
Manestri
Selce Dramaljsko
Rupe
Barci
Marušići
Dramalj
Dolinci
Franovići
Mavrići
Rudinc
Sopaljska
Papići
Barci
Mrcoši
Kotor
Šarari
Saftići
Kričina
Dolac Crikvenički
Podkotor
Benići
Zorićici
Ladvić
Podgori
CRIKVENICA
Sunčica
Draga Crikvenička
Podskoći
Dubračina
Kanculova glav.
Matejina glavica
Vučja Škulja
Brikvičko br.
Kotorata
Stojač
Javor
Puzarica
Matarelje
Kutak
Planjava
Suha
Kruščica
Zavlak
Sulinj
Dubrava
Jadranovo
Smokovo
Klobučar Siljevički
Perhati
Rt Ertak
Rt Kačjak
Rt Sulinj
Veli Sabo
Mali Sabo
Rt Petar
Vinodol
Vinodolski kanal
Crikvenički zaljev
Kvarnerić
Kvarner
Kozjak
Oštrica
Njivina
Brizica
Matlin
Kosirinci
Jasenci
Palanka
Lipovača
Frenjerija
Zelenidolac
Mučkovića gliv.
Mužević dolac
Kladnica
Medvedjak
Korani
Uhanj
Zebrica
Mahovica
Kozja draga
Dražni Dešan
Kobilnjak
Repušina
Dvorišta
Marta kosa
Orlijak
Vrbnik
Grmača
Grobnik
Grabrovac
Vrbnička
Gradišće
Ivani
Crnci
Trstenik
Havišće
Rt Ertak
Kačjak
Manestri
Selce Dramaljsko
Dramalj
Palica
Gavranova stn.
Rt Kačjak
Rt Sulinj
Rt Petar
Veli Sabo
Mali Sabo
Vinodol
Vinodolski kanal
Crikvenički zaljev
Kvarnerić
Kvarner
Sv. Marija Sojčina
Sv. Kuzam
Sv. Trojica
Sv. Rok
Sv. Marak
Sv. Mihovil
Sv. Juraj
Sv. Petar
Sv. Ivan
Sv. Nikola
Sv. Ivan Krstitelj
Sv. Ivan Zelina
Sv. Ivan Zelina
Sv. Ivan Krstitelj
Sv. Nikola
Sv. Ivan
Sv. Petar
Sv. Juraj
Sv. Mihovil
Sv. Rok
Sv. Trojica
Sv. Kuzam
Sv. Marija Sojčina
Sv. Marak
Sv. Ivan
Sv. Petar
Sv. Nikola
Sv. Ivan Krstitelj

oznaka uzorka	E	N	dubina uzorkovanja "od" (cm)	dubina uzorkovanja "do" (cm)
T1	354927	5012195	100	110
T2	359296	5008668	10	20
T3	359394	5009064	10	20
T4	356756	5009861	20	30
T5	359499	5007012	20	30
T6	359597	5009256	60	70
T7	359419	5008493	15	25
T8	359502	5008359	5	15
T9	359239	5009094	15	25
T10	359206	5008829	10	20

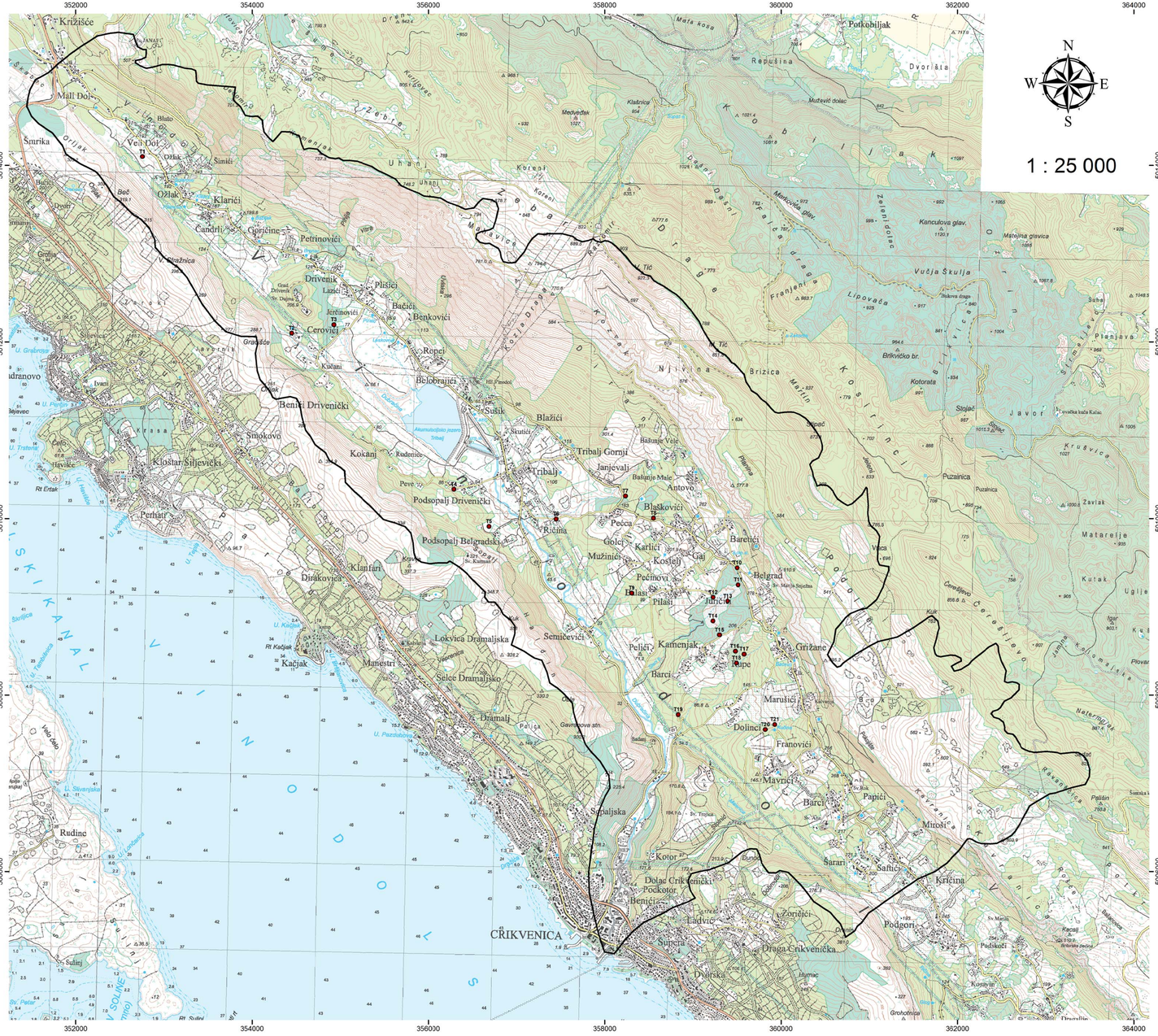
PRILOG 6

KARTA LOKACIJA UZORKOVANJA ZA ODREĐIVANJE MODELA TROŠENJA SITNOZRNATOG TLA POKRIVAČA NAKON PROCESA "SUŠENJA-VLAŽENJA"

LEGENDA:

lokacija uzorkovanja

granica porječja Dubračine



oznaka uzorka	E	N	Atterbergove granice: dubina uzorkovanja "od" (cm)	Atterbergove granice: dubina uzorkovanja "do" (cm)	granulometrija: dubina uzorkovanja "od" (cm)	granulometrija: dubina uzorkovanja "do" (cm)
T1	352758	5014099	25	35	30	53
T2	354449	5012099	20	30	25	48
T3	354927	5012195	100	110	100	123
T4	356289	5010330	100	110	100	123
T5	356686	5009911	25	35	20	43
T6	357448	5009994	20	30	15	38
T7	358233	5010253	20	30	30	53
T8	358552	5010004	80	90	80	103
T9	358306	5009156	25	35	40	50
T10	359501	5009442	20	30	20	43
T11	359513	5009249	15	25	60	65
T12	359229	5009106	15	25	5	15
T13	359394	5009064	10	20	10	33
T14	359226	5008839	10	20	10	33
T15	359300	5008681	30	40	10	33
T16	359480	5008497	10	20	15	25
T17	359581	5008464	10	20	0	10
T18	359493	5008362	10	20	10	15
T19	358833	5007778	15	25	0	23
T20	359821	5007608	35	45	35	45
T21	359927	5007666	20	30	30	53

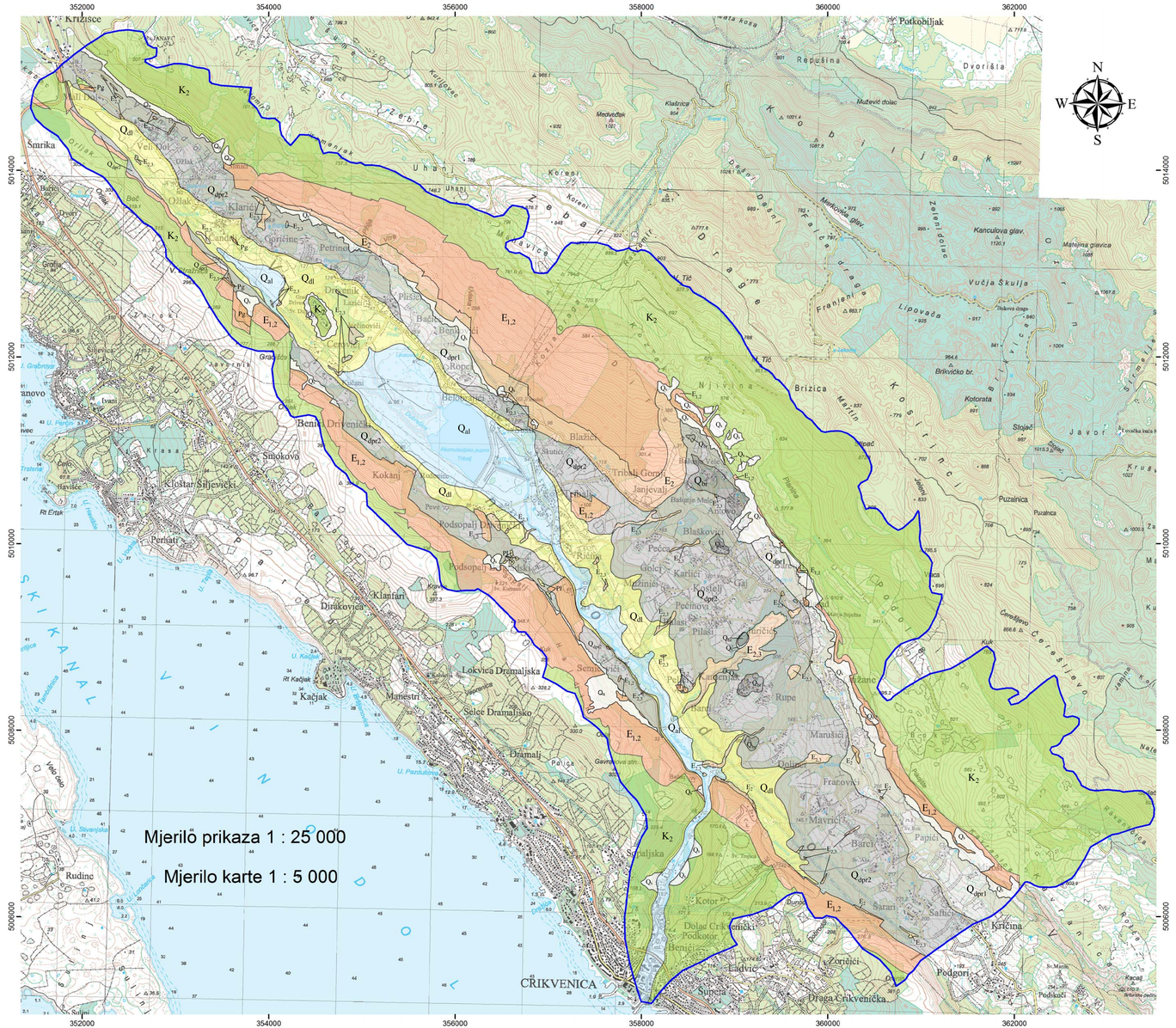
PRILOG 7

KARTA LOKACIJA UZORKOVANJA ZA ODREĐIVANJE AKTIVNOSTI SITNOZRNATOG TLA POKRIVAČA

LEGENDA:

lokacija uzorkovanja

granica porječja Dubračine



blokovi i šljunci, Q_s, sipar

gline i šljunci, Q_{al}, aluvij

gline, prahovi i pijesci, Q_{dl}, deluvij

šljunci, Q_{dpr2}, deluvij-proluvij

šljunci i blokovi, Q_{dpr1}, deluvij-proluvij

siparne breče, Q_{br}

gline, Pl

izmjena lapora, pješčenjaka i biokalkrudita, $E_{2,3}$, fliš

izmjena lapora i vapnenaca, E_2, prijelazne naslage

Jelar breče, Pg

vapnenci, $E_{1,2}$

vapnenci, K_2

granica litoloških jedinica, bez obzira na geološki karakter granice

granica porječja Dubračine

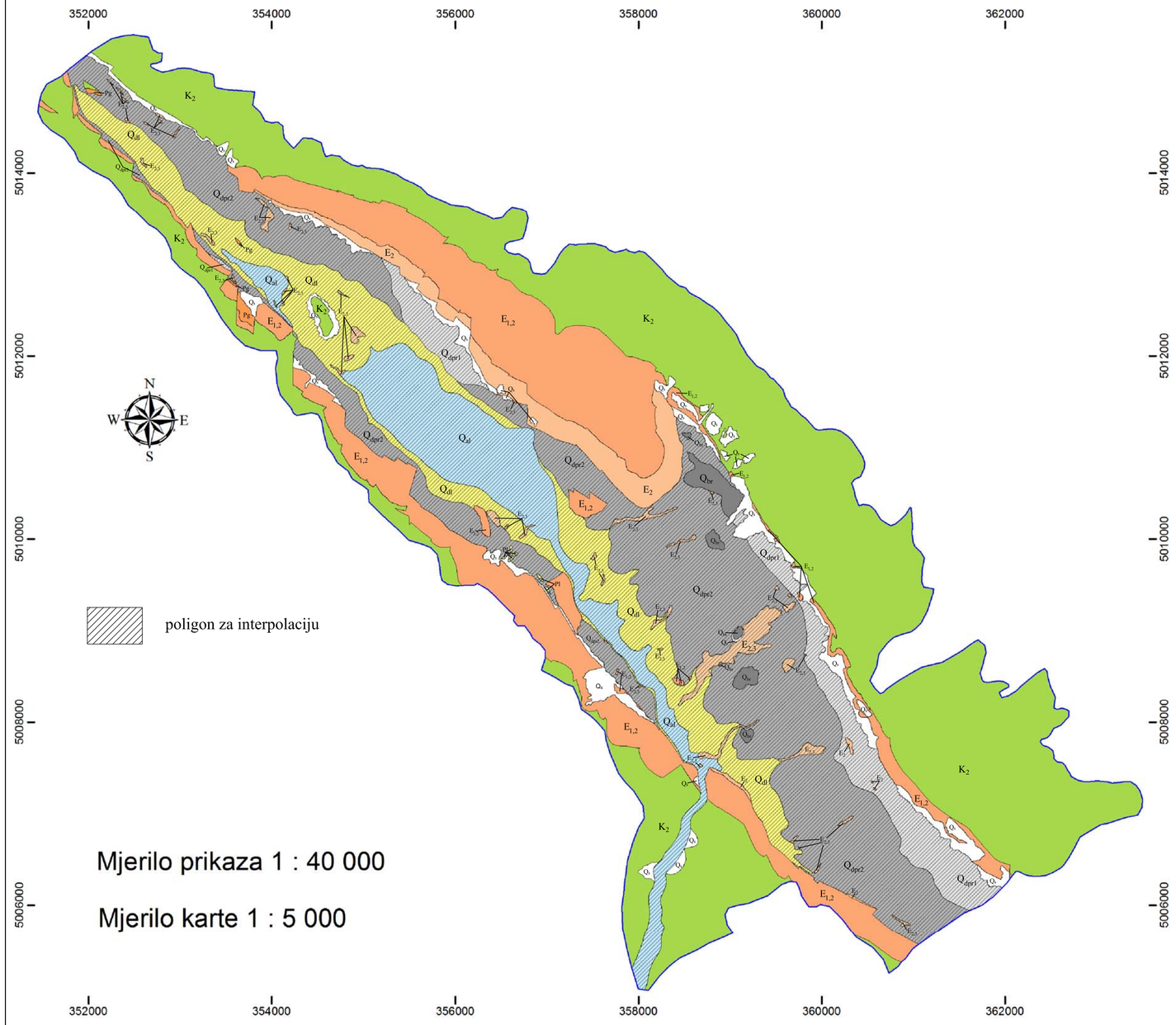
PRILOG 8

LITOLOŠKA KARTA PORJEČJA DUBRAČINE
M 1 : 5 000

(Hrvatski geološki institut, 2007a; 2007b; 2007c)

PRILOG 9

POLIGON U SKLOPU KOJEG SU INTERPOLIRANI TOČKASTI PODACI GRANULOMETRIJKSOG SASTAVA POKRIVAČA PRIKAZAN NA LITOLOŠKOJ KARTI PORJEČJA DUBRAČINE



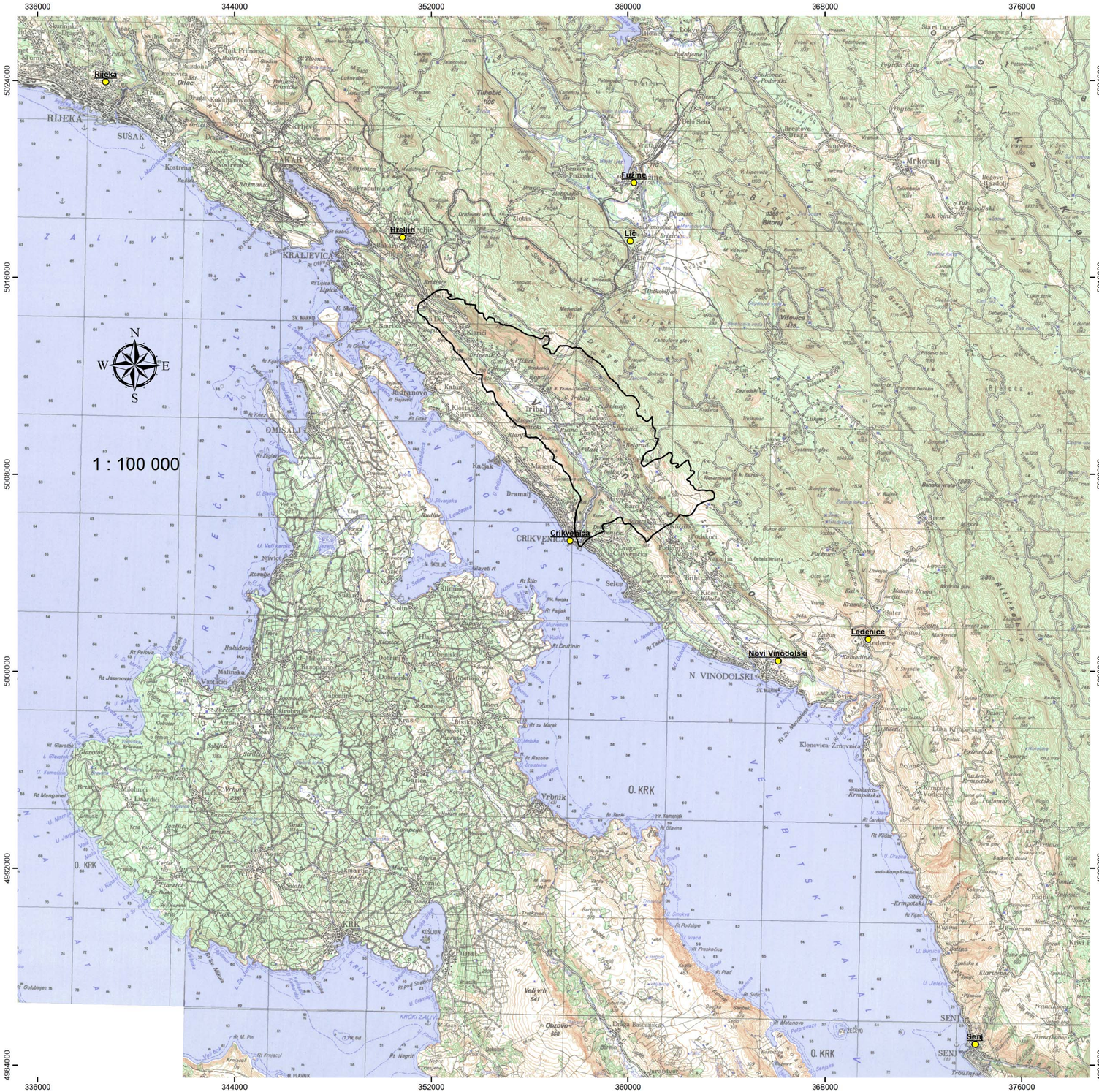
- blokovi i šljunci, Q_s, sipar
- gline i šljunci, Q_{al}, aluvij
- gline, prahovi i pijesci, Q_{dl}, deluvij
- šljunci, Q_{dpr2}, deluvij-proluvij
- šljunci i blokovi, Q_{dpr1}, deluvij-proluvij
- siparne breče, Q_{br}
- gline, Pl
- izmjena lapora, pješčenjaka i biokalkrudita, $E_{2,3}$, fliš
- izmjena lapora i vapnenaca, E_2, prijelazne naslage
- Jelar breče, Pg
- vapnenci, $E_{1,2}$
- vapnenci, K_2
- granica litoloških jedinica, bez obzira na geološki karakter granice

PRILOG 10

KARTA LOKACIJA METEOROLOŠKIH POSTAJA

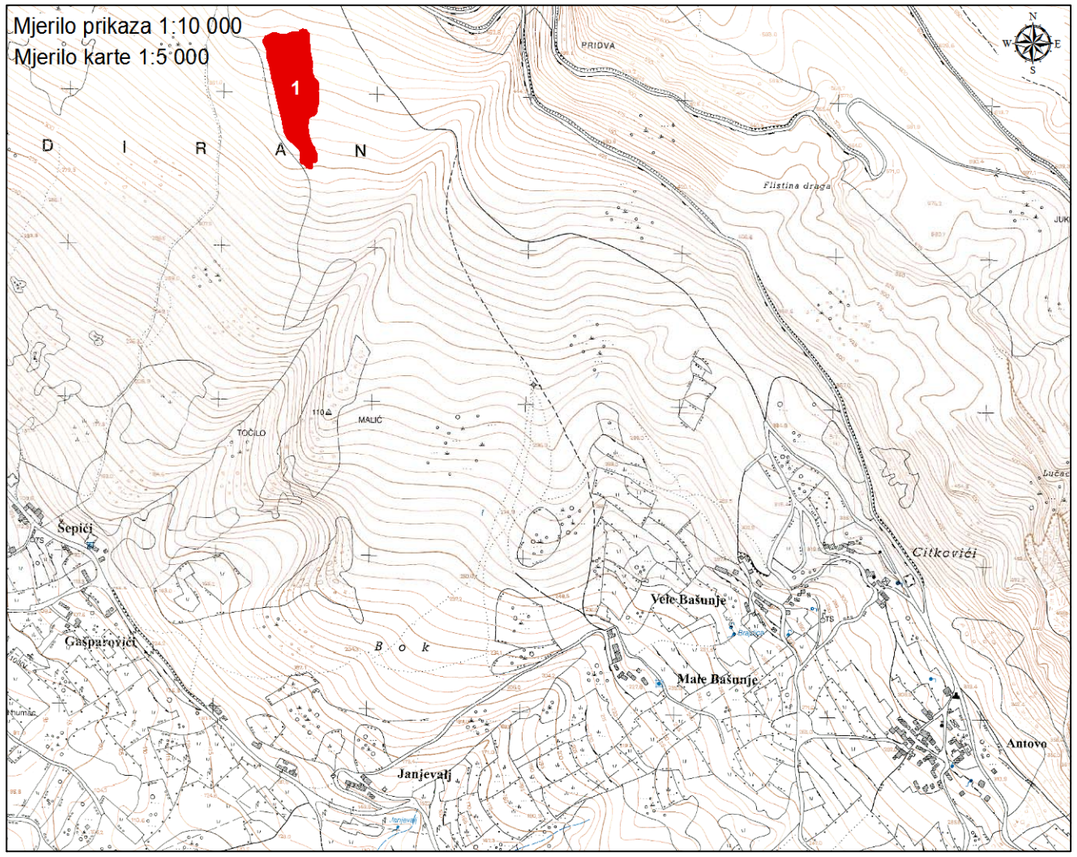
LEGENDA:

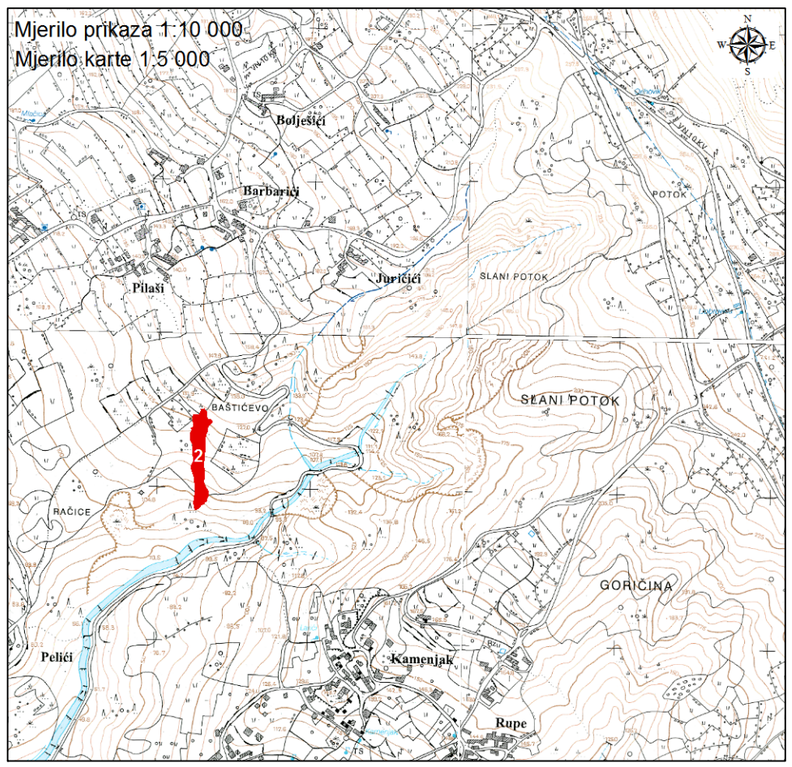
- lokacija meteorološke postaje
- granica porječja Dubračine

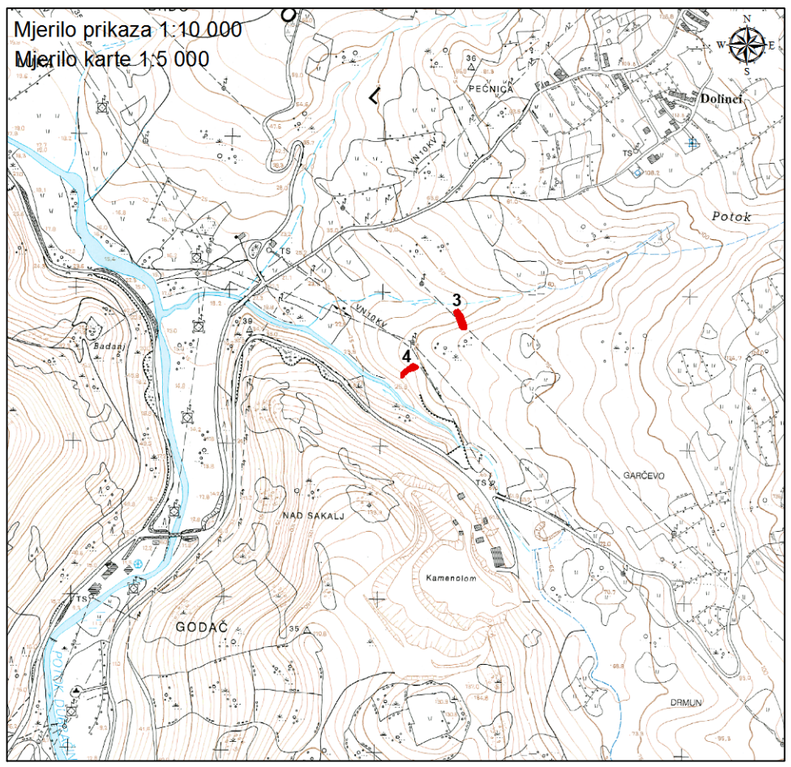


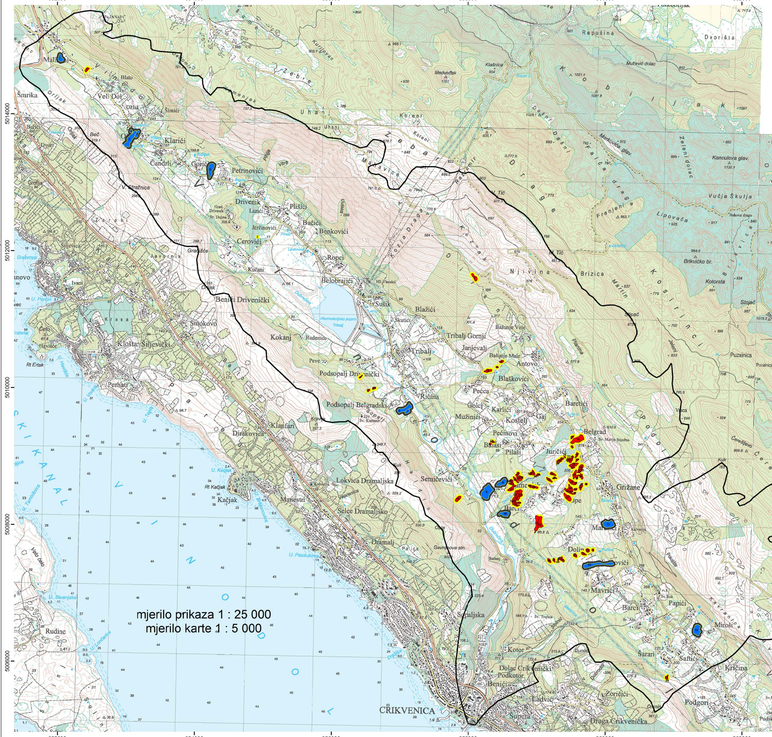
PRILOG 11

ČETIRI LOKACIJE ZA KOJE JE TERENSKOM VERIFIKACIJOM UTVRĐENO DA SE NE RADI O KLIZIŠTIMA









ID broj klizišta	Precijenjena duljina klizne plohe (klase prema Šestanović, 1993)	Model klizanja	Precijenjena aktivnost klizišta (klase prema WP/WLI, 1993)	Precijenjena relativna starost klizišta	Površina klizišta (m^2)	Volumen klizišta (m^3) (izračun prema Guzzetti i dr., 2008)	Širina pokrovnate mase klizišta (m)	Visinska razlika čela i nožice klizišta (m)	Tlocrtna duljina klizišta (m)	Stvarna duljina klizišta niz padinu (m)	Nagib padine (°)	Azimut smjera klizanja (°)	Način detekcije klizišta	Terenska verifikacija daljinski kartiranih klizišta
1	1-5	kombinirano	trajno umirino	vrlo staro	2285	5011	38	15	80	81	11	219	DEM	DA
2	< 1	rotacijsko	privremeno umirino	recentno	17	5	4	3	5	9	21	108	terenski	-
3	1-5	kombinirano	aktivno	recentno	8282	13417	53	20	70	73	16	181	DEM	DA
4	1-5				1930	1746	22	17	68	70	14	47	DEM	NE
5	1-5	rotacijsko	privremeno umirino	staro	544	700	23	14	33	36	23	20	DEM	DA
6	1-5	rotacijsko	privremeno umirino	staro	691	985	27	18	47	50	21	18	DEM	DA
7	1-5	rotacijsko	privremeno umirino	staro	1214	2261	33	20	47	51	23	31	DEM	DA
8	1-5				1808	3908	37	25	67	71	18	259	DEM	NE
9	1-5	rotacijsko	aktivno	recentno	877	1386	30	14	42	44	18	288	DEM	DA
10	1-5	kombinirano	privremeno umirino	staro	3974	12075	50	25	155	137	10	264	DEM	DA
11	1-5	rotacijsko	privremeno umirino	recentno	695	994	17	17	48	51	20	240	DEM	DA
12					496	413	18	13	38	40	19	245	DEM	NE
13	1-5	kombinirano	privremeno umirino	staro	785	1285	30	16	33	37	26	269	DEM	DA
14	1-5	kombinirano	privremeno umirino	staro	4416	14044	50	43	111	119	21	42	DEM	DA
15	1-5	kombinirano	aktivno	recentno	1430	2793	31	26	72	77	20	220	terenski	-
16	5-20	kombinirano	privremeno umirino	staro	13333	68374	82	75	210	223	20	242	DEM	DA
17	1-5	kombinirano	aktivno	recentno	988	1644	27	20	43	47	25	327	DEM	DA
18	1-5	kombinirano	privremeno umirino	staro	2098	4836	40	30	88	93	19	211	terenski	-
19					838	1299	28	15	38	41	22	159	DEM	NE
20	1-5	kombinirano	privremeno umirino	recentno	1368	2621	30	26	68	73	21	227	DEM	DA
21					2470	6110	42	25	75	79	18	198	DEM	NE
22					624	851	16	15	51	53	16	194	DEM	NE
23	1-5	kombinirano	privremeno umirino	staro	1291	2412	27	14	58	60	14	180	terenski	-
24	1-5	kombinirano	privremeno umirino	recentno	548	707	21	12	36	38	18	312	terenski	-
25	1-5	kombinirano	privremeno umirino	recentno	923	1492	24	19	50	53	21	284	terenski	-
26	1-5	kombinirano	privremeno umirino	recentno	2576	6489	42	32	84	90	21	247	terenski	-
27	1-5	kombinirano	privremeno umirino	recentno	560	729	20	18	39	43	25	270	DEM	DA
28	5-20	kombinirano	privremeno umirino	recentno	4169	12923	50	40	133	139	17	104	terenski	-
29	5-20	kombinirano	privremeno umirino	recentno	2667	6820	43	32	95	100	19	289	terenski	-
30	5-20	kombinirano	aktivno	staro	3594	10456	52	31	113	117	15	215	terenski	-
31	1-5	kombinirano	privremeno umirino	staro	720	1665	20	18	42	46	23	257	DEM	DA
32	1-5	kombinirano	privremeno umirino	staro	775	1161	21	17	50	53	19	262	DEM	DA
33	1-5	kombinirano	privremeno umirino	recentno	1264	2340	37	19	44	48	23	287	terenski	-
34	5-20	kombinirano	aktivno	recentno	4414	14035	48	36	141	146	14	197	terenski	-
35	1-5	kombinirano	privremeno umirino	recentno	1530	3077	33	25	64	69	21	228	DEM	DA
36	5-20	kombinirano	privremeno umirino	recentno	3020	8149	49	25	89	92	16	166	DEM	DA
37	1-5	kombinirano	privremeno umirino	recentno	501	622	19	15	36	39	23	228	DEM	DA
38	1-5	kombinirano	aktivno	recentno	5008	16817	54	37	128	133	16	128	terenski	-
39	1-5	kombinirano	privremeno umirino	recentno	420	483	14	17	41	44	23	191	terenski	-
40	1-5	kombinirano	aktivno	recentno	3335	9397	42	35	128	133	15	150	terenski	-
41	1-5	kombinirano	aktivno	recentno	2431	5972	42	28	87	91	18	127	terenski	-
42	1-5	kombinirano	privremeno umirino	recentno	3543	10244	31	42	158	163	15	121	terenski	-
43	5-20	kombinirano	stabiliziran	recentno (4.8.2006)	7013	27241	65	39	133	158	14	137	terenski	-
44					828	1277	30	13	29	32	24	229	DEM	NE
45					1493	2971	32	22	53	57	23	258	DEM	NE
46	1-5	kombinirano	privremeno umirino	recentno	1586	3219	26	25	76	80	18	173	DEM	DA
47	1-5	kombinirano	privremeno umirino	recentno	1127	1986	24	18	55	58	18	179	DEM	DA
48					625	853	23	14	33	36	23	155	DEM	NE
49	1-5	kombinirano	privremeno umirino	recentno	2801	7316	41	40	99	106	22	293	terenski	-
50	1-5	kombinirano	privremeno umirino	staro	1248	2298	22	24	73	77	18	266	terenski	-
51	1-5	kombinirano	privremeno umirino	recentno	2949	6827	34	36	111	117	18	305	terenski	-
52	1-5	kombinirano	privremeno umirino	recentno	3491	7655	51	24	81	84	17	175	terenski	-
53	1-5	kombinirano	privremeno umirino	recentno	1020	1721	32	17	44	47	21	184	terenski	-
54	1-5	kombinirano	privremeno umirino	recentno	711	1027	21	23	43	51	27	297	terenski	-
55	1-5	kombinirano	privremeno umirino	recentno	691	985	23	18	38	42	25	297	terenski	-
56	1-5	rotacijsko	privremeno umirino	recentno	208	176	12	12	22	25	29	297	terenski	-
57	1-5	kombinirano	privremeno umirino	recentno	1656	2866	37	16	50	53	18	196	DEM	DA
58	1-5	kombinirano	aktivno	recentno	1731	3672	33	20	74	77	15	136	terenski	-
59	1-5	kombinirano	privremeno umirino	recentno	4146	12830	46	27	123	126	12	140	terenski	-
60	1-5	kombinirano	privremeno umirino	recentno	2736	7074	28	31	118	122	15	139	terenski	-
61	1-5	kombinirano	privremeno umirino	recentno	1303	2444	30	15	59	61	14	151	terenski	-
62	1-5	kombinirano	privremeno umirino	recentno	590	786	20	10	35	36	16	130	DEM	DA
63	1-5	kombinirano	privremeno umirino	recentno	2643	6722	34	27	105	108	14	118	terenski	-
64	1-5	kombinirano	privremeno umirino	recentno	4083	12352	52	19	107	109	10	56	terenski	-
65					768	1146	23	8	52	57	9	261	DEM	NE
66	5-20	kombinirano	privremeno umirino	staro	3658	10522	41	31	128	132	14	272	DEM	DA
67					5305	19258	63	28	110	114	14	258	DEM	NE
68	1-5	kombinirano	privremeno umirino	recentno	1119	2488	29	21	64	67	18	280	DEM	DA
69	1-5	kombinirano	privremeno umirino	recentno	3414	9718	51	35	122	127	16	261	DEM	DA
70	1-5	kombinirano	aktivno	recentno	3537	10219	45	31	101	109	16	269	DEM	DA
71	1-5	kombinirano	aktivno	recentno	2063	4771	28	32	108	113	17	265	DEM	DA
72	1-5	kombinirano	privremeno umirino	recentno	1006	1688	27	22	67	71	18	269	DEM	DA
73	1-5	kombinirano	aktivno	recentno	2661	6798	28	41	132	138	17	270	DEM	DA
74	1-5	kombinirano	privremeno umirino	recentno	2675	6849	34	30	110	114	15	280	DEM	DA
75					16254	46940	64	47	232	237	11	187	DEM	NE
76	1-5	kombinirano	privremeno umirino	staro	8308	34724	83	37	167	172	12	179	DEM	DA
77	1-5	kombinirano	privremeno umirino	recentno	1000	1673	30	16	42	45	21	349	terenski	-
78	1-5	kombinirano	privremeno umirino	recentno	2429	5965	51	20	60	63	18	331	DEM	DA
79	1-5	kombinirano	privremeno umirino	recentno	2297	5506	39	28	87	91	18	293	DEM	DA
80	1-5	kombinirano	privremeno umirino	recentno	2398	5857	48	18	69	71	15	309	terenski	-
81	1-5	kombinirano	privremeno umirino	staro	1682	3521	34	22	84	87	15	332	terenski	-
82	1-5	kombinirano	privremeno umirino	staro	1319	2488	31	18	54	57	19	332	terenski	-
83	1-5	kombinirano	privremeno umirino	staro	150	111	10	7	19	20	20	342	DEM	DA
84	1-5	kombinirano	privremeno umirino	staro	369	401	12	14	38	41	20	324	DEM	DA
85	1-5	kombinirano	privremeno umirino	staro	1541	3109	29	21	66	69	18	336	DEM	DA
86	1-5	kombinirano	privremeno umirino	recentno	1919	4384	32	22	74	77	17	327	DEM	DA
87	1-5	kombinirano	privremeno umirino	recentno	1317	2482	26	17	68	70	18	32	DEM	DA
88	1-5	kombinirano	privremeno umirino	recentno	447	528	16	11	38	40	16	3	DEM	DA

ID broj puzišta	Površina puzišta (m^2)	Širina pokrovnate mase puzišta (m)	Visinska razlika čela i nožice puzišta (m)	Tlocrtna duljina puzišta (m)	Stvarna duljina puzišta niz padinu (m)	Nagib padine (°)	Azimut smjera puzanja (°)	Način detekcije puzišta	Terenska verifikacija daljinski kartiranih puzišta
1	6737	85	19	120	121	9	176	DEM	DA
2	1856	42	9	60	61	9	179	DEM	DA
3	13691	92	45	293	296	9	214	DEM	DA
4	4261	44	20	119	121	10	207	DEM	DA
5	12657	85	37	226	229	9	190	DEM	DA
6	12453	85	33	223	225	8	63	DEM	DA
7	3339	43	16	88	89	10	56	DEM	DA
8	9362	75	26	172	174	9	239	terenski	-
9	23636	155	29	205	207	8	220	DEM	DA
10	8412	76	24	150	152	9	276	DEM	NE
11	13355	108	36	156	160	13	256	DEM	DA
12	37984	66	66	437	442	9	265	DEM	DA
13	12653	110	26	166	168	9	180	DEM	DA

PRILOG 12

INVENTAR KLIZIŠTA I PUZIŠTA

LEGENDA:

klizište s pripadajućim ID brojem i "seed cell" poligonom

puzište s pripadajućim ID brojem i "seed cell" poligonom

granica porječja Dubračine

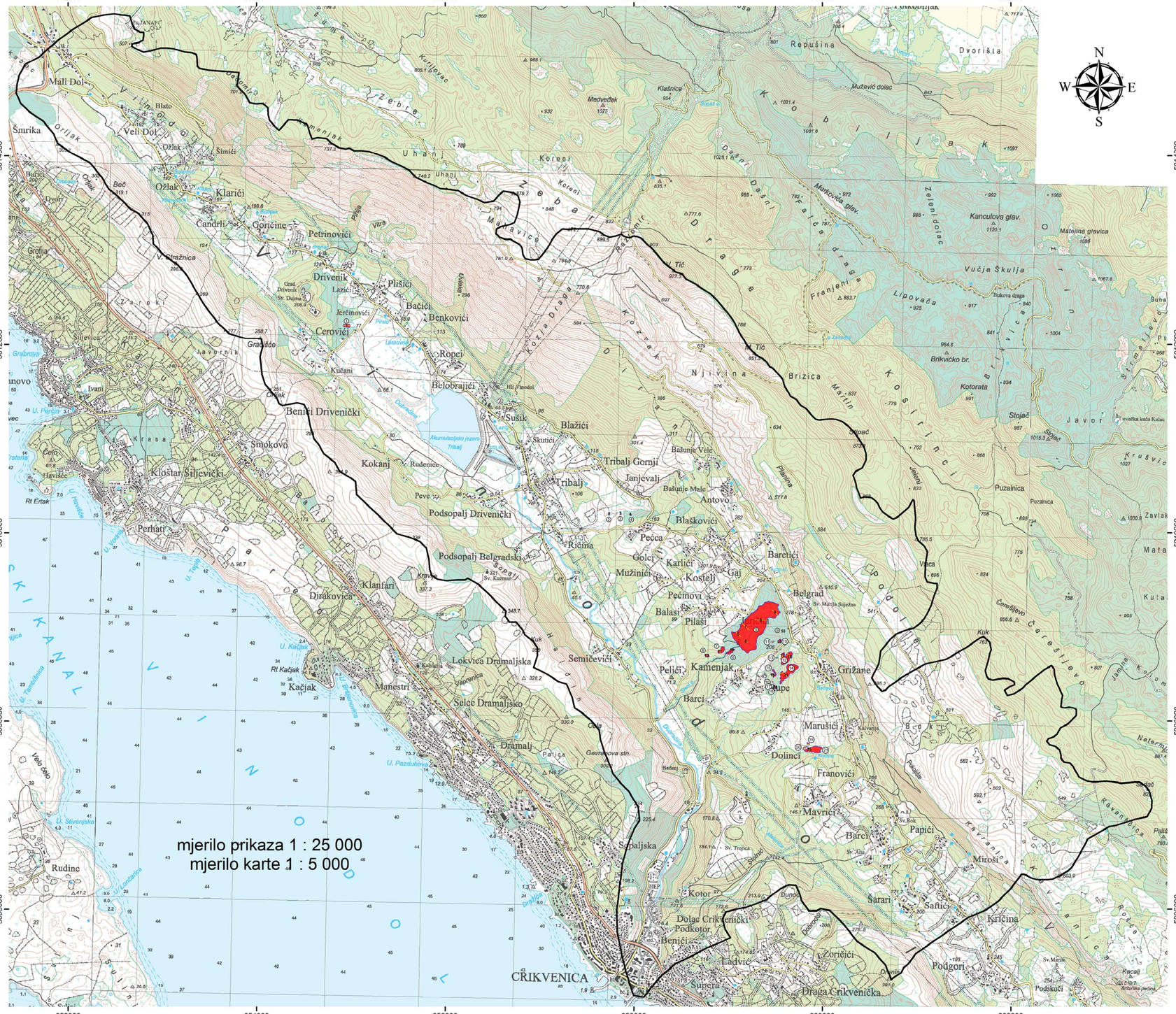
PRILOG 13

KARTA OGOLINA

LEGENDA:

- ogolina s pripadajućim ID brojem
- 17 — profilna linija na kojoj je izračunat nagib padine s pripadajućim ID brojem
- granica porječja Dubračine

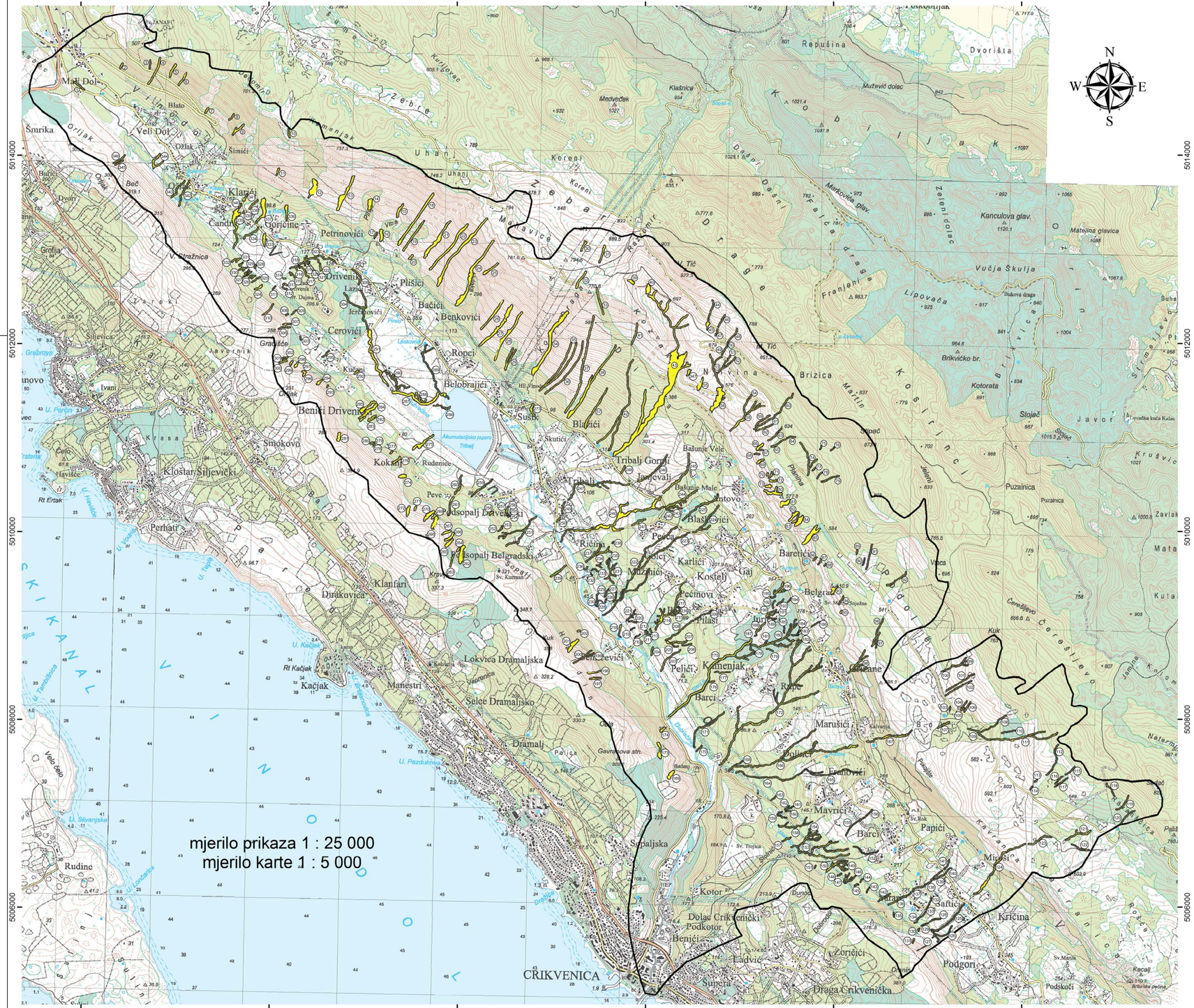
mjerilo prikaza 1 : 25 000
mjerilo karte 1 : 5 000



PRILOG 14

KOORDINATE GEOMETRIJSKIH SREDIŠTA KARTIRANIH JARUGA I PRIPADAJUĆE POVRŠINE

ID broj jaruge	Koordinata "E"	Koordinata "N"	Površina (m^2)
1	351976	5014745	712
2	352429	5014953	409
3	352734	5014965	283
4	352793	5014898	2451
5	352975	5014909	1532
6	353082	5014812	1364
7	353339	5014477	491
8	353604	5014405	432
9	353668	5014274	1713
10	354211	5014233	378
11	354093	5013829	446
12	354475	5013652	7103
13	354797	5013574	8023
14	355073	5013481	2998
15	355384	5013412	1724
16	355194	5013153	2533
17	355135	5013148	220
18	355558	5013317	7698
19	355533	5013141	2607
20	355509	5012916	627
21	355770	5013079	8215
22	355932	5013044	7375
23	356013	5012961	12614
24	356141	5012681	14815
25	356347	5012784	1836
26	356386	5012313	4265
27	356447	5012198	10015
28	356528	5012081	7631
29	356554	5011833	2340
30	357347	5013042	829
31	357547	5012967	1346
32	357309	5012669	1719
33	357514	5012455	1701
34	356986	5012019	17690
35	357100	5011742	6166
36	357177	5011712	2915
37	357321	5011731	6437
38	357385	5011517	9992
39	357849	5012654	1253
40	358030	5012573	2935
41	357890	5012100	1198
42	357724	5011269	5817
43	358173	5011565	83965
44	358702	5012365	636
45	358662	5012204	1151
46	358808	5012238	459
47	358757	5012115	218
48	358936	5012085	538
49	358841	5011927	356
50	358873	5011997	49
51	358891	5011852	135
52	358933	5011823	220
53	358773	5011731	2923
54	359116	5011429	183
55	358580	5011556	2583
56	358773	5014407	11531
57	357441	5011263	3240
58	359076	5011250	4368
59	359243	5011180	639
60	359494	5011367	830
61	359286	5011169	1061
62	359264	5011102	609
63	359381	5011026	608
64	359546	5011003	295
65	359412	5010935	535
66	359217	5010900	1180
67	359217	5010868	218
68	359186	5010821	191
69	359216	5010744	865
70	359296	5010604	213
71	359335	5010595	416
72	359356	5010535	490
73	359310	5010478	1099
74	359732	5010758	1651
75	359866	5010890	84
76	359991	5010877	110
77	359794	5010662	88
78	359849	5010595	184
79	359966	5010559	425
80	359363	5010413	3076
81	359481	5010298	3133
82	359580	5010163	2112
83	359595	5010121	760
84	359637	5010110	3753
85	359759	5009958	7519
86	359803	5009704	158
87	359856	5009674	216
88	359912	5009642	88
89	360250	5009783	138
90	360323	5009675	159
91	360380	5009728	568
92	360677	5009485	825
93	359999	5009375	1789
94	360080	5009264	313
95	360081	5009144	245
96	360464	5008902	1483
97	360460	5008818	231
98	360272	5008588	2129
99	361361	5008592	654
100	361204	5008531	251
101	361349	5008393	712
102	361327	5008335	669
103	361239	5008116	88
104	361384	5008147	367
105	361377	5008104	131
106	361425	5008134	384
107	361169	5007941	577
108	361747	5007973	499
109	361563	5007851	1269
110	361860	5007866	315
111	362044	5007808	3253
112	362345	5007562	782
113	362153	5007344	72
114	362103	5007271	84
115	362519	5007449	263
116	362397	5007356	235
117	362421	5007329	333
118	362939	5007265	420
119	363085	5007103	434
120	363121	5006967	440
121	362618	5006776	1503
122	362621	5006631	425
123	362190	5006714	908
124	361699	5006376	4977
125	361234	5005867	975
126	361140	5005715	664
127	361108	5005636	13
128	361085	5005871	122
129	360969	5005819	78
130	360909	5005761	58
131	360852	5005647	135
132	361029	5006063	132
133	360996	5005995	49
134	360922	5005890	269
135	360640	5005922	76
136	360675	5006074	625
137	360867	5006189	482
138	360952	5006221	51
139	361079	5006312	859
140	361224	5006398	175
141	361209	5006450	229
142	360534	5006101	383
143	360365	5006186	99
144	360299	5006288	83
145	360244	5006240	67
146	360178	5006293	333
147	360133	5006310	403
148	360061	5006346	125
149	360035	5006439	2379
150	359985	5006460	75
151	359805	5006431	36
152	360337	5006597	304
153	359859	5006631	5862
154	359762	5006793	39
155	360241	5006890	527
156	360399	5007022	64
157	359501	5006724	202
158	359578	5006871	896
159	359443	5006977	228
160	359516	5007025	52
161	359530	5007056	106
162	359508	5007063	55
163	359362	5007159	149
164	359366	5007395	2024
165	360021	5007431	558
166	359625	5007634	7668
167	360596	5007811	2381
168	358993	5007533	222
169	358268	5007409	2414
170	358570	5007689	166
171	358650	5007922	1367
172	359384	5008215	15137
173	358149	5007661	2611
174	358183	5007890	853
175	358719	5008478	12078
176	358705	5008402	201
177	358815	5008501	543
178	359130	5008742	293
179	359323	5008739	153
180	359418	5008855	3515
181	359277	5008814	104
182	359551	5008837	336
183	359592	5008896	164
184	359630	5008927	87
185	359475	5008953	128
186	359806	5009013	161
187	359172	5008892	50
188	359223	5008974	698
189	359344	5009072	174
190	359327	5009122	859
191	359393	5009140	69
192	359358	5009225	187
193	359433	5009244	213
194	359531	5009267	105
195	359357	5009299	118
196	359428	5009377	1411
197	357464	5008437	596
198	357441	5008497	917
199	357419	5008685	199
200	357334	5008659	603
201	357227	5008785	3666
202	357292	5008940	101
203	358234	5008622	1023
204	358070	5008727	375
205	358313	5008779	152
206	358440	5008793	204
207	358316	5008818	929
208	358360	5008940	986
209	358618	5009112	419
210	357920	5008890	62
211	358027	5008906	87
212	358009	5008933	109
213	358056	5008944	80
214	358231	5009152	3865
215	358293	5009109	146
216	358332	5009141	303
217	358347	5009193	62
218	357730	5008956	588
219	357863	5008962	52
220	357865	5009041	143
221	357856	5009106	347
222	357977	5009621	6440
223	358394	5009951	357
224	358649	5010100	1771
225	358593	5010262	1753
226	357671	5009264	57
227	357687	5009321	115
228	357575	5009260	84
229	357585	5009348	204
230	357488	5009272	279
231	357630	5009566	1386
232	357429	5009543	33
233	357465	5009589	121
234	357510	5009634	145
235	357598	5009685	143
236	357370	5009604	168
237	357512	5009772	1945
238	357653	5009882	58
239	357075	5009572	950
240	357732	5010148	17158
241	357927	5010100	829
242	358255	5010223	209
243	358260	5010250	273
244	358368	5010315	2688
245	358360	5010583	2725
246	358095	5010650	1341
247	357476	5010483	3061
248	357761	5010652	416
249	357123	5010247	510
250	357077	5010123	227
251	356635	5009976	2512
252	356457	5010017	143
253	356471	5010041	98
254	356548	5010159	30
255	356536	5010174	32
256	356531	5010184	44
257	356529	5010223	439
258	356363	5010196	467
259	356256	5010456	738
260	356020	5010482	870
261	355934	5010297	941
262	356044	5009749	5536
263	355944	5009693	641
264	356011	5009806	366
265	355909	5009871	2137
266	355925	5009938	1631
267	355886	5009989	1115
268	355764	5010094	3821
269	355751	5010158	534
270	355697	5010171	3035
271	355556	5010246	388
272	355478	5010219	1790
273	356796	5011297	1541
274	355421	5010585	1852
275	355622	5010931	3251
276	355357	5010754	971
277	355301	5010839	198
278	355116	5010922	78
279	355104	5010933	66
280	355094	5010939	184
281	354742	5011003	1733
282	355098	5011194	355
283	355093	5011207	693
284	355055	5011270	4438
285	355035	5011320	2749
286	355848	5011320	727
287	355561	5011425	8646
288	355601	5011418	1107
289	355767	5011637	2908
290	355345	5011598	1554
291	355103	5011953	9775
292	354930	5011692	438
293	354622	5011539	70
294	354531	5011582	936
295	354602	5011883	207
296	354376	5011677	660
297	354364	5011702	150
298	354289	5011768	609
299	354236	5011790	385
300	354152	5011803	543
301	354164	5011826	128
302	354169	5011848	182
303	354335	5012055	115
304	354892	5012433	954
305	354946	5012712	663
306	354162	5012167	389
307	354184	5012295	427
308	354191	5012301	78
309	354262	5012329	213
310	353993	5012353	676
311	354053	5012592	95
312	354165	5012584	176
313	354170	5012625	154
314	354163	5012689	119
315	354245	5012731	288
316	354289	5012795	137
317	354381	5012758	580
318	354327	5012810	88
319	354382	5012839	72
320	354413	5012850	85
321	354420	5012865	74
322	354547	5012804	434
323	354457	5012882	2226
324	353894	5012594	726
325	353859	5012677	317
326	353819	5012710	338
327	353787	5012743	192
328	353852	5012814	118
329	353756	5012742	321
330	353724	5012793	481
331	353700	5012840	250
332	353652	5012886	575
333	353950	5013109	1845
334	353808	5013170	906
335	353644	5013308	5949
336	354185	5013416	1686
337	353937	5013438	5967
338	353833	5013478	536
339	353729	5013394	109
340	353697	5013462	144
341	353741	5013540	669
342	353088	5013597	955
343	353028	5013635	878
344	352798	5013928	2137
345	352405	5013921	310
346	352409	5013955	452
347	358460	5011691	832



PRILOG 15

KARTA JARUGA I "SEED CELL" POLIGONA

LEGENDA:

jaruga s pripadajućim ID brojem i "seed cell" poligonom

granica porječja Dubračine

PRILOG 16

KARTA SIPARA I "SEED CELL" POLIGONA

LEGENDA:

- sipar s pripadajućim ID brojem
- "seed cell" poligon
- 17 — profilna linija na kojoj je izračunat kut nagiba odlaganja materijala sipara s pripadajućim ID brojem
- granica porječja Dubračine

mjerilo prikaza 1 : 25 000
mjerilo karte 1 : 5 000

352000 354000 356000 358000 360000 362000

5014000 5012000 5010000 5008000 5006000

Oznaka uzorka	Udio šljunka (%)	Udio pijeska (%)	Udio praha (%)	Udio gline (%)	Udio šljunka i pijeska (%)	Udio praha i gline (%)	ISO klasa	ISO oznaka	ID litološke jedinice (vidi tablicu 4-1)
T1	66,93	7,97	18,47	6,63	74,9	25,1	prahoviti šljunak	siGr	9
T2	0,00	7,19	55,59	37,22	7,19	92,81	prahovita glina	siCl	10
T3	87,16	9,75	2,25	0,84	96,91	3,09	šljunak	Gr	8
T4	0,06	6,22	47,33	46,39	6,28	93,72	glina	Cl	9
T5	0,09	2,84	71,91	25,16	2,93	97,07	prahovita glina	siCl	9
T6	0,00	3,04	60,14	36,82	3,04	96,96	prahovita glina	siCl	5
T7	82,24	5,85	7,95	3,96	88,09	11,91	šljunak	Gr	8
T8	0,52	0,83	71,57	27,08	1,35	98,65	prahovita glina	siCl	9
T9	0,66	7,28	51,81	40,25	7,94	92,06	glina	Cl	10
T10	0,11	17,49	58,64	23,77	17,6	82,41	prahovita glina	siCl	9
T11	50,95	7,59	25,84	15,62	58,54	41,46	šljunkovito glinoviti prah	grclSi	9
T12	0,79	24,17	57,39	17,64	24,96	75,03	pjeskovito glinoviti prah	saclSi	5
T13	0,17	17,34	53,88	28,60	17,51	82,48	prahovita glina	siCl	9
T14	1,31	26,68	49,01	23,00	27,99	72,01	pjeskovito prahovita glina	sasiCl	10
T15	0,00	18,96	45,17	35,87	18,96	81,04	prahovita glina	siCl	9
T16	6,28	26,92	47,34	19,46	33,20	66,80	pjeskovito glinoviti prah	saclSi	9
T17	5,35	28,64	43,83	22,18	33,99	66,01	pjeskovito glinoviti prah	saclSi	5
T18	2,99	14,74	47,86	34,41	17,73	82,27	prahovita glina	siCl	9
T19	0,00	15,68	51,39	32,92	15,68	84,31	prahovita glina	siCl	10
T20	0,84	9,21	63,97	25,98	10,05	89,95	prahovita glina	siCl	9
T21	87,28	5,99	2,83	3,90	93,27	6,73	šljunak	Gr	9
T22	36,04	4,94	29,72	29,29	40,98	59,01	šljunkovito glinoviti prah	grclSi	10
T23	0,00	19,05	52,00	28,95	19,05	80,95	prahovita glina	siCl	5
T24	0,00	9,74	45,01	45,25	9,74	90,26	glina	Cl	9
T25	6,20	30,41	40,53	22,86	36,61	63,39	pjeskovito glinoviti prah	saclSi	9
T26	50,24	9,96	25,66	14,13	60,20	39,79	prahoviti šljunak	siGr	9
T27	4,99	19,58	51,81	23,62	24,57	75,43	prahovita glina	siCl	5
T28	15,18	8,33	42,32	34,17	23,51	76,49	prahovita glina	siCl	10
T29	55,41	16,45	14,98	13,15	71,86	28,13	prahoviti šljunak	siGr	9
T30	69,43	2,47	14,07	14,03	71,90	28,10	prahoviti šljunak	siGr	9
T31	57,59	7,20	20,35	14,86	64,79	35,21	prahoviti šljunak	siGr	9
T32	60,24	7,28	19,15	13,33	67,52	32,48	prahoviti šljunak	siGr	10
T33	0,00	3,89	62,83	33,28	3,89	96,11	prahovita glina	siCl	5
T34	4,42	6,92	68,75	19,91	11,34	88,66	glinoviti prah	clSi	11
T35	8,60	7,94	56,96	26,50	16,54	83,46	prahovita glina	siCl	10
T36	34,09	4,92	35,42	25,56	39,01	60,98	šljunkovito glinoviti prah	grclSi	9
T37	16,87	14,83	37,18	31,12	31,70	68,30	prahovita glina	siCl	9
T38	24,88	19,18	32,65	23,29	44,06	55,94	šljunkovito glinoviti prah	grclSi	9
T39	24,62	31,53	32,03	11,82	56,15	43,85	šljunkovito pjeskoviti prah	grsaSi	10
T40	1,54	15,29	56,04	27,13	16,83	83,17	prahovita glina	siCl	9
T41	0,00	0,72	64,46	34,82	0,72	99,28	prahovita glina	siCl	5
T42	68,00	6,02	14,95	11,03	74,02	25,98	prahoviti šljunak	siGr	9
T43	65,44	5,13	14,25	15,18	70,57	29,43	glinoviti šljunak	clGr	9
T44	76,75	8,47	7,58	7,20	85,22	14,78	šljunak	Gr	10
T45	30,43	12,61	37,40	19,55	43,04	56,95	šljunkovito glinoviti prah	grclSi	9
T46	0,07	0,41	67,94	31,58	0,48	99,52	prahovita glina	siCl	5
T47	0,00	6,45	59,66	33,89	6,45	93,55	prahovita glina	siCl	9
T48	10,35	5,65	41,40	42,61	16,00	84,01	glina	Cl	10
T49	0,45	2,15	55,64	41,76	2,60	97,40	glina	Cl	9
T50	33,76	3,75	33,53	28,95	37,51	62,48	šljunkovito glinoviti prah	grclSi	9
T51	64,33	7,51	8,01	20,15	71,84	28,16	glinoviti šljunak	clGr	10
T52	30,82	5,28	31,26	32,64	36,10	63,90	šljunkovito prahovita glina	grsiCl	11
T53	33,62	3,46	35,03	27,90	37,08	62,93	šljunkovito glinoviti prah	grclSi	9
T54	0,07	7,54	49,12	43,27	7,61	92,39	glina	Cl	10
T55	0,22	10,40	55,33	34,04	10,62	89,37	prahovita glina	siCl	5
T56	40,63	7,40	29,16	22,82	48,03	51,98	šljunkovito glinoviti prah	grclSi	9
T57	8,18	6,34	52,90	32,58	14,52	85,48	prahovita glina	siCl	9
T58	55,98	7,72	19,34	16,95	63,70	36,29	prahoviti šljunak	siGr	9
T59	38,47	3,85	31,11	26,56	42,32	57,67	šljunkovito glinoviti prah	grclSi	9
T60	46,14	4,45	19,25	30,15	50,59	49,40	šljunkovito prahovita glina	grsiCl	9
T61	30,25	5,69	37,07	26,99	35,94	64,06	šljunkovito glinoviti prah	grclSi	9
T62	6,43	4,19	57,27	32,11	10,62	89,38	prahovita glina	siCl	5
T63	38,56	11,84	25,91	23,69	50,40	49,60	šljunkovito glinoviti prah	grclSi	8
T64	1,27	5,63	56,54	36,56	6,90	93,10	prahovita glina	siCl	5

Oznaka uzorka	Udio šljunka (%)	Udio pijeska (%)	Udio praha (%)	Udio gline (%)	Udio šljunka i pijeska (%)	Udio praha i gline (%)	ISO klasa	ISO oznaka	ID litološke jedinice (vidi tablicu 4-1)
T65	0,00	2,02	50,05	47,94	2,02	97,99	glina	Cl	5
T66	0,37	29,84	49,30	20,49	30,21	69,79	pjeskovito glinoviti prah	saclSi	5
T67	0,00	4,78	58,51	36,71	4,78	95,22	prahovita glina	siCl	5
T68	3,87	24,33	50,95	20,84	28,20	71,79	pjeskovito glinoviti prah	saclSi	9
T69	42,32	4,47	26,08	27,14	46,79	53,22	šljunkovito prahovita glina	grsiCl	9
T70	0,00	3,11	59,72	37,17	3,11	96,89	prahovita glina	siCl	9
T71	79,51	4,65	8,86	6,97	84,16	15,83	prahoviti šljunak	siGr	8
T72	49,59	5,68	26,70	18,03	55,27	44,73	šljunkovito glinoviti prah	grclSi	9
T73	36,05	4,89	35,77	23,29	40,94	59,06	šljunkovito glinoviti prah	grclSi	9
T74	25,97	4,66	37,83	31,54	30,63	69,37	šljunkovito glinoviti prah	grclSi	9
T75	32,42	3,67	35,82	28,09	36,09	63,91	šljunkovito glinoviti prah	grclSi	10
T76	1,40	3,70	59,60	35,30	5,10	94,90	prahovita glina	siCl	5
T77	0,15	5,99	56,52	37,34	6,14	93,86	prahovita glina	siCl	10
T78	60,43	18,49	15,36	5,72	78,92	21,08	prahoviti šljunak	siGr	11
T79	28,35	3,56	33,02	35,07	31,91	68,09	šljunkovito prahovita glina	grsiCl	9
T80	33,43	9,14	31,07	26,37	42,57	57,44	šljunkovito glinoviti prah	grclSi	9
T81	42,89	3,20	27,79	26,12	46,09	53,91	šljunkovito glinoviti prah	grclSi	9
T82	17,57	9,38	39,00	34,06	26,95	73,06	prahovita glina	siCl	9
T83	0,00	7,14	54,64	38,23	7,14	92,87	prahovita glina	siCl	10
T84	0,00	6,71	50,60	42,69	6,71	93,29	glina	Cl	5
T85	19,04	20,41	43,49	17,06	39,45	60,55	pjeskovito glinoviti prah	saclSi	5
T86	0,00	4,21	59,99	35,79	4,21	95,78	prahovita glina	siCl	5
T87	24,52	5,68	39,14	30,66	30,20	69,80	šljunkovito glinoviti prah	grclSi	9
T88	66,12	4,40	9,26	20,22	70,52	29,48	glinoviti šljunak	clGr	9
T89	0,00	3,88	55,32	40,80	3,88	96,12	glina	Cl	5
T90	9,63	8,50	46,75	35,13	18,13	81,88	prahovita glina	siCl	9
T91	66,90	4,86	8,85	19,38	71,76	28,23	glinoviti šljunak	clGr	9
T92	71,20	15,24	9,04	4,51	86,44	13,55	šljunak	Gr	8
T93	39,23	9,28	30,25	21,25	48,51	51,50	šljunkovito glinoviti prah	grclSi	9
T94	16,38	4,10	42,16	37,36	20,48	79,52	prahovita glina	siCl	9
T95	0,00	44,35	48,01	7,64	44,35	55,65	pjeskovito glinoviti prah	saclSi	5
T96	6,40	25,31	40,44	27,85	31,71	68,29	pjeskovito glinoviti prah	saclSi	9
T97	5,44	7,52	43,75	43,29	12,96	87,04	glina	Cl	9
T98	49,31	2,19	24,60	23,89	51,50	48,49	šljunkovito glinoviti prah	grclSi	9
T99	22,75	6,02	44,05	27,18	28,77	71,23	šljunkovito glinoviti prah	grclSi	9
T100	47,53	8,90	25,34	18,24	56,43	43,58	šljunkovito glinoviti prah	grclSi	8
T101	65,35	4,72	9,74	20,19	70,07	29,93	glinoviti šljunak	clGr	9
T102	0,05	28,28	49,44	22,23	28,33	71,67	pjeskovito prahovita glina	sasiCl	9
T103	0,00	44,26	41,73	14,00	44,26	55,74	pjeskovito glinoviti prah	saclSi	9
T104	35,12	9,48	34,41	20,99	44,60	55,40	šljunkovito glinoviti prah	grclSi	9
T105	1,44	7,64	43,35	47,57	9,08	90,92	glina	Cl	5
T106	78,21	6,00	11,13	4,66	84,21	15,79	šljunak	Gr	9
T107	84,34	6,15	6,97	2,54	90,50	9,50	šljunak	Gr	9
T108	31,76	7,24	40,38	20,62	39,00	61,00	šljunkovito glinoviti prah	grclSi	10
T109	0,28	2,05	57,33	40,34	2,32	97,68	glina	Cl	5
T110	65,41	6,16	14,79	13,64	71,57	28,43	prahoviti šljunak	siGr	9
T111	8,56	5,32	44,30	41,82	13,88	86,12	glina	Cl	9
T112	0,35	2,23	58,54	38,88	2,58	97,42	prahovita glina	siCl	9
T113	3,40	13,26	51,57	31,78	16,65	83,35	prahovita glina	siCl	5
T114	0,00	1,46	61,74	36,80	1,46	98,54	prahovita glina	siCl	9
T115	0,00	0,24	58,29	41,47	0,24	99,76	glina	Cl	9
T116	0,18	8,36	60,28	31,18	8,54	91,46	prahovita glina	siCl	9
T117	0,00	4,70	59,71	35,59	4,70	95,30	prahovita glina	siCl	9
T118	0,42	13,17	44,92	41,48	13,60	86,40	glina	Cl	10
T119	0,00	2,49	63,72	33,79	2,49	97,51	prahovita glina	siCl	9
T120	82,11	4,62	9,82	3,45	86,73	13,27	šljunak	Gr	8
T121	4,09	12,03	51,07	32,81	16,12	83,88	prahovita glina	siCl	9

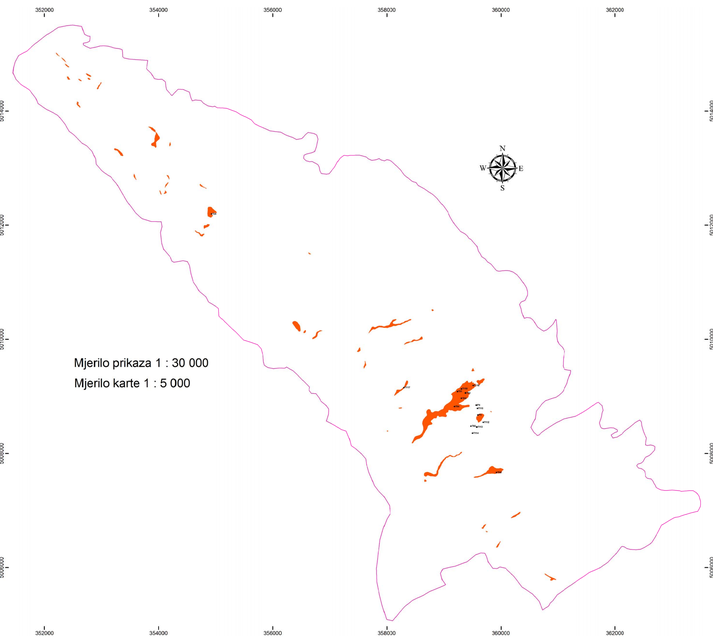
PRILOG 17

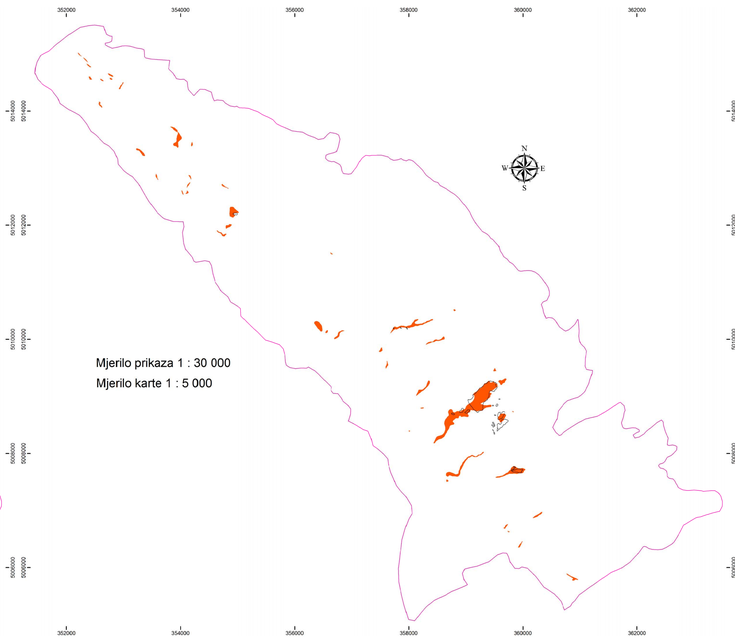
REZULTATI GRANULOMETRIJSKE ANALIZE I KLASIFIKACIJE UZORAKA TLA IZ POKRIVAČA

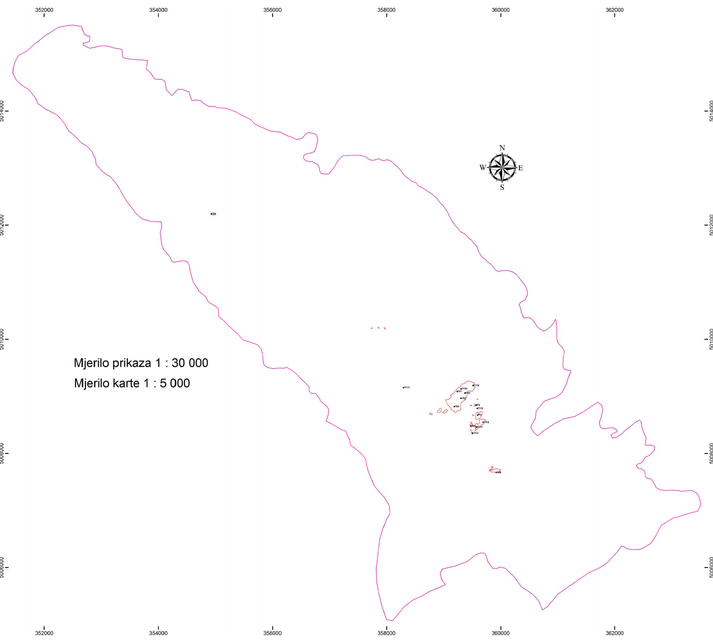
Napomena

Uzorak oznake T41 se prema litološkoj karti nalazi u jedinici koju izgrađuju foraminiferski vapnenci. Temeljem terenskog kartiranja određeno je da pripada jedinici flišnih sedimenata, kako je i definirano u ovom prilogu.

Uzorci oznaka T10 i T101 se nalaze izvan područja istraživanja, a na temelju litološke karte i terenskog kartiranja, određeno je da pripadaju jedinici s ID brojem 9 stratigrafske oznake Q_{dpr2}, kako je i definirano u ovom prilogu.







PRILOG 18

PREKLOP LOKACIJA DISPERZIVNIH UZORAKA, POLIGONA FLIŠA I POLIGONA OGOLINA

fliš

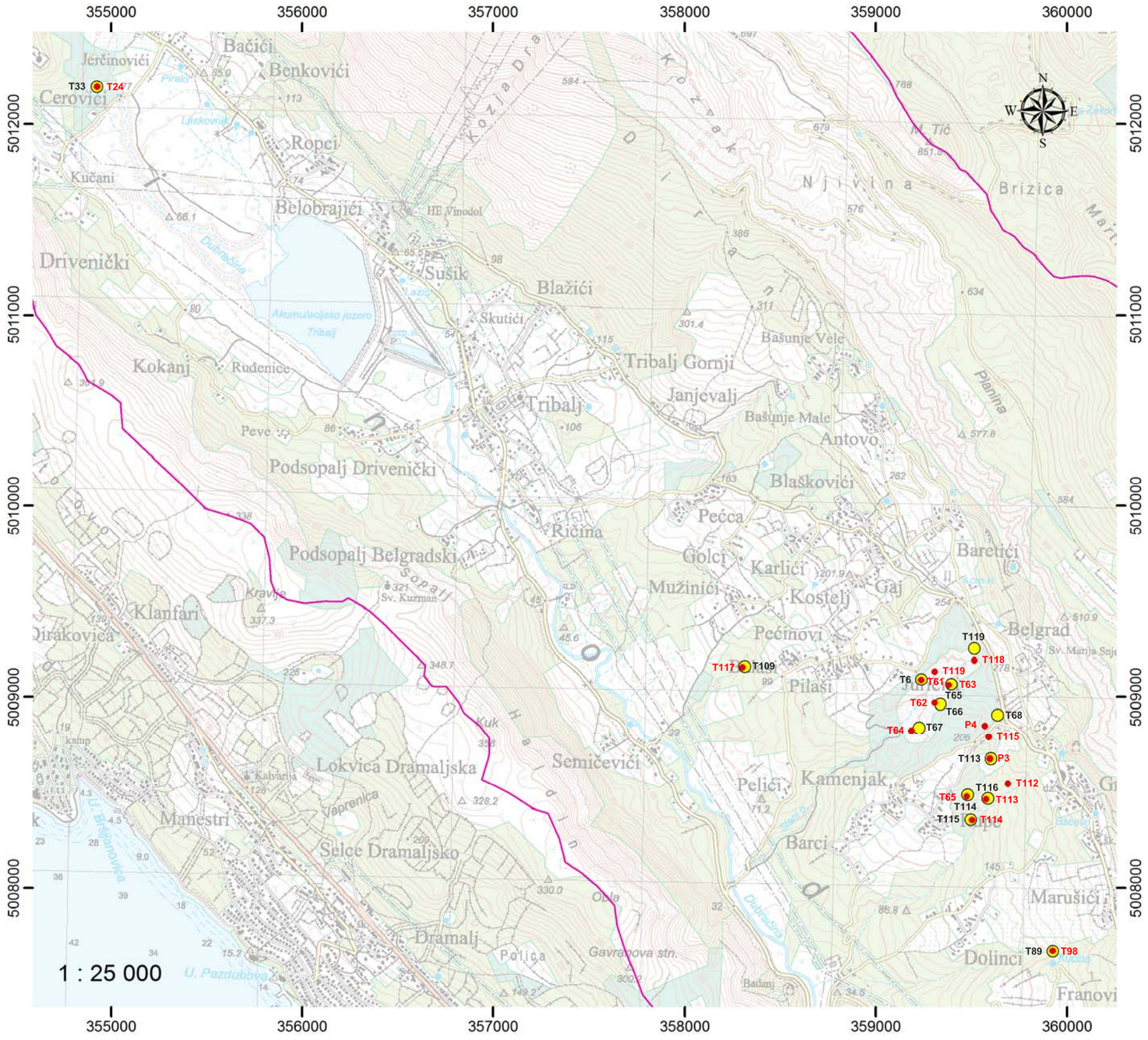
ogolina

T24 lokacija disperzivnog uzorka s pripadajućom oznakom iz tablice 6-13

granica porječja Dubračine

PRILOG 19

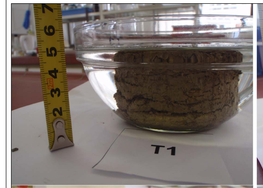
KARTA LOKACIJA DISPERZIVNIH UZORAKA I PROSTORNO BLISKIH UZORAKA DEFINIRANOG GRANULOMETRIJSKOG SASTAVA

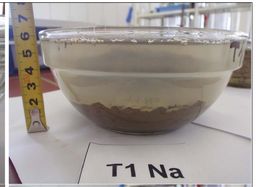


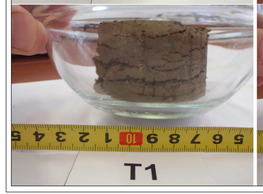
LEGENDA:

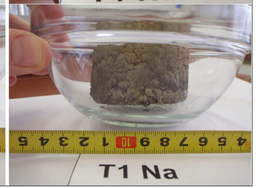
T119 — lokacija uzorka definiranog granulometrijskog sastava s pripadajućom oznakom iz priloga 17

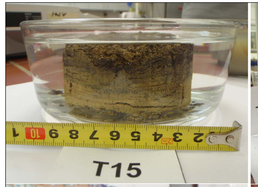
T115 — lokacija disperzivnog uzorka s pripadajućom oznakom iz tablice 6-12

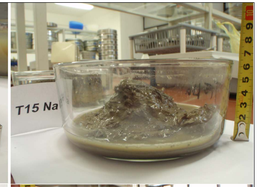


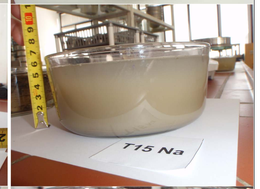


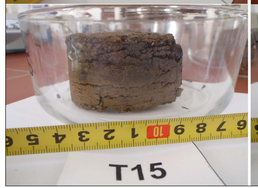


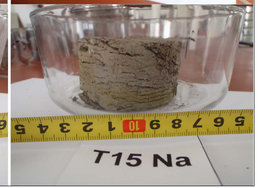


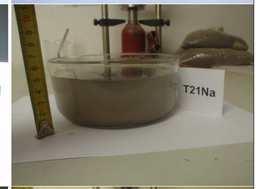












nedisperzivni uzorak nakon 24 sata u vodi	disperzivni uzorak nakon 24 sata u vodi
nedisperzivni uzorak nakon pola sata u vodi	disperzivni uzorak nakon pola sata u vodi
nedisperzivni uzorak nakon sušenja	disperzivni uzorak nakon sušenja

PRILOG 20

KARAKTERISTIČNE FOTOGRAFIJE UZORAKA DISPERZIVNIH I NEDISPERZIVNIH GLINA TIJEKOM ISPITIVANJA OTPORNOSTI NA PROCES SUŠENJE-VLAŽENJE

PRILOG 21

HI-KVADRAT TESTOVI UTJECAJA FAKTORA NA PROCES KLIZANJA

H_0 = pokrov zemljišta nema utjecaj na pojavu klizišta

kod klase pokrova	površina klase pokrova (m^2)	A (udio površine klase pokrova u ukupnoj površini)	broj klizišta (opažena frekvencija) (f_{op})	očekivani broj klizišta (očekivana frekvencija) (A * ukupni broj klizišta) (f_{ot})	$f_{op} - f_{ot}$	$(f_{op} - f_{ot})^2$	$\frac{(f_{op} - f_{ot})^2}{f_{ot}}$	utjecaj klase pokrova na pojavu procesa klizanja
112	2053664	0,0471	0	4,15	-4,15	17,20	4,15	-
231	1300199	0,0298	0	2,63	-2,63	6,90	2,63	-
243	2037558	0,0468	0	4,12	-4,12	16,93	4,12	-
311	21156973	0,8856	64	42,73	21,27	452,47	10,59	+
312	890399	0,0204	23	1,80	21,20	449,51	249,97	+
313	813378	0,0187	1	1,64	-0,64	0,41	0,25	-
321	2705484	0,0621	0	5,46	-5,46	29,86	0,00	-
323	4925477	0,1130	0	9,95	-9,95	98,95	9,95	-
324	4902714	0,1125	0	9,90	-9,90	98,04	9,90	-
333	2369441	0,0544	0	4,79	-4,79	22,90	0,00	-
512	417748	0,0096	0	0,84	-0,84	0,71	0,84	-
						$\Sigma = \chi^2$	**292,40**	

Broj stupnjeva slobode u ovom slučaju je 10, granična vrijednost χ^2 za 5 % vjerojatnosti odbacivanja hipoteze kada je istinita je 18,307. Dobiveni χ^2 je veći od granične pa hipoteze odbacujemo, što znači da pokrov ima utjecaj na pojavu klizišta.

H_0 = litologija nema utjecaj na pojavu klizišta

stratigrafska seraska litološka jedinica	površina litološke jedinice (m^2)	A (udio površine litološke jedinice u ukupnoj površini)	broj klizišta (opažena frekvencija) (f_{op})	očekivani broj klizišta (očekivana frekvencija) (A * ukupni broj klizišta) (f_{ot})	$f_{op} - f_{ot}$	$(f_{op} - f_{ot})^2$	$\frac{(f_{op} - f_{ot})^2}{f_{ot}}$	utjecaj litološke jedinice na pojavu procesa klizanja
Q_k	1375025	0,0316	0	2,78	-2,78	7,71	2,78	-
Q_{al}	3021750	0,0693	0	6,10	-6,10	37,24	6,10	-
Q_{pl}	3072000	0,0889	16	7,82	8,18	66,91	8,56	+
Q_{hol}	9039167	0,2074	51	18,26	32,74	1072,20	58,73	+
Q_{hol}	1772874	0,0407	0	3,58	-3,58	12,82	3,58	-
Q_{hl}	281134	0,0065	0	0,57	-0,57	0,32	0,57	-
Pl	9560	0,0002	0	0,02	-0,02	0,00	0,02	-
$E_{1,2}$	469641	0,0108	20	0,95	19,05	362,96	382,67	+
E_2	1128316	0,0259	0	2,28	-2,28	5,19	2,28	-
Pg	48481	0,0011	0	0,10	-0,10	0,01	0,10	-
$E_{1,2}$	6754396	0,1550	1	13,64	-12,64	159,80	11,71	-
K_2	13808037	0,3626	0	31,91	-31,91	1018,31	31,91	-
						$\Sigma = \chi^2$	**509,01**	

Broj stupnjeva slobode u ovom slučaju je 11, granična vrijednost χ^2 za 5 % vjerojatnosti odbacivanja hipoteze kada je istinita je 19,675. Dobiveni χ^2 je veći od granične pa hipoteze odbacujemo, što znači da litologija ima utjecaj na pojavu klizišta.

H_0 = nagib padine nema utjecaj na pojavu klizišta

klasa nagiba padine (°)	površina klase nagiba padine (m^2)	A (udio površine klase nagiba padine u ukupnoj površini)	broj klizišta (opažena frekvencija) (f_{op})	očekivani broj klizišta (očekivana frekvencija) (A * ukupni broj klizišta) (f_{ot})	$f_{op} - f_{ot}$	$(f_{op} - f_{ot})^2$	$\frac{(f_{op} - f_{ot})^2}{f_{ot}}$	utjecaj klase nagiba padine na pojavu procesa klizanja
0-5	6254838	0,1436	5	12,63	-7,63	58,26	4,61	-
5-10	8334777	0,1913	13	16,83	-3,83	14,69	0,87	-
10-15	7118967	0,1634	21	14,38	6,62	43,85	3,05	+
15-20	5251221	0,1205	19	10,61	8,39	70,47	6,64	+
20-25	4389129	0,1007	19	8,86	10,14	102,73	11,59	+
25-30	4029923	0,0925	10	8,14	1,86	3,47	0,43	+
30-40	5960540	0,1368	1	12,04	-11,04	121,84	10,12	-
40-50	1491561	0,0342	0	3,01	-3,01	9,07	3,01	-
50-90	742179	0,0170	0	1,50	-1,50	2,25	1,50	+
						$\Sigma = \chi^2$	**41,83**	

Broj stupnjeva slobode u ovom slučaju je 8, granična vrijednost χ^2 za 5 % vjerojatnosti odbacivanja hipoteze kada je istinita je 15,507. Dobiveni χ^2 je veći od granične pa hipoteze odbacujemo, što znači da nagib padine ima utjecaj na pojavu klizišta.

H_0 = disperziranost površine terena nema utjecaj na pojavu klizišta

disperziranost površine terena	površina klase (m^2)	A (udio površine klase disperziranosti u ukupnoj površini)	broj klizišta (opažena frekvencija) (f_{op})	očekivani broj klizišta (očekivana frekvencija) (A * ukupni broj klizišta) (f_{ot})	$f_{op} - f_{ot}$	$(f_{op} - f_{ot})^2$	$\frac{(f_{op} - f_{ot})^2}{f_{ot}}$	utjecaj disperziranosti površine terena na pojavu procesa klizanja
nedisperzivna	43398542	0,9960	69	87,65	-18,65	347,73	3,97	-
disperzivna	174492	0,0040	19	0,35	18,65	347,73	986,75	+
						$\Sigma = \chi^2$	**990,71**	

Broj stupnjeva slobode u ovom slučaju je 1, granična vrijednost χ^2 za 5 % vjerojatnosti odbacivanja hipoteze kada je istinita je 3,841. Dobiveni χ^2 je veći od granične pa hipoteze odbacujemo, što znači da disperzivnost površine terena ima utjecaj na pojavu klizišta.

H_0 = srednja godišnja količina oborine nema utjecaj na pojavu klizišta

klasa količine oborine (mm)	površina klase količine oborine (m^2)	A (udio površine klase količine oborine u ukupnoj površini)	broj klizišta (opažena frekvencija) (f_{op})	očekivani broj klizišta (očekivana frekvencija) (A * ukupni broj klizišta) (f_{ot})	$f_{op} - f_{ot}$	$(f_{op} - f_{ot})^2$	$\frac{(f_{op} - f_{ot})^2}{f_{ot}}$	utjecaj klase količine oborine na pojavu procesa klizanja
1260-1400	5011092	0,1150	25	10,12	14,88	221,40	21,88	+
1400-1600	19055053	0,4373	61	38,48	22,52	506,99	13,17	+
1600-1800	10289821	0,2362	2	20,78	-18,78	352,74	16,97	-
1800-2000	7444769	0,1709	0	15,04	-15,04	226,06	15,04	-
2000-2600	1772299	0,0407	0	3,58	-3,58	12,81	3,58	-
						$\Sigma = \chi^2$	**70,64**	

Broj stupnjeva slobode u ovom slučaju je 4, granična vrijednost χ^2 za 5 % vjerojatnosti odbacivanja hipoteze kada je istinita je 9,488. Dobiveni χ^2 je veći od granične pa hipoteze odbacujemo, što znači da srednja godišnja količina oborine ima utjecaj na pojavu klizišta.

H_0 = smjer nagiba padine nema utjecaj na pojavu klizišta

klasa smjera nagiba padine	površina klase smjera nagiba padine (m^2)	A (udio površine klase smjera nagiba padine u ukupnoj površini)	broj klizišta (opažena frekvencija) (f_{op})	očekivani broj klizišta (očekivana frekvencija) (A * ukupni broj klizišta) (f_{ot})	$f_{op} - f_{ot}$	$(f_{op} - f_{ot})^2$	$\frac{(f_{op} - f_{ot})^2}{f_{ot}}$	utjecaj klase smjera nagiba padine na pojavu procesa klizanja
horizontalan teren	227978	0,0052	0	0,46	-0,46	0,21	0,46	-
N	2604885	0,0470	12	4,14	7,86	61,84	14,95	+
NE	4743727	0,1089	3	9,58	-6,58	43,30	4,52	-
E	2577249	0,0591	3	5,21	-2,21	4,86	0,93	-
SE	2799009	0,0642	7	5,65	1,35	1,81	0,32	+
S	7527373	0,1728	15	15,20	-0,20	0,04	0,003	-
SW	14700135	0,3374	13	29,69	-16,69	278,52	9,38	-
W	6540586	0,1501	24	13,21	10,79	116,43	8,81	+
NW	2407993	0,0553	11	4,86	6,14	37,66	7,74	+
						$\Sigma = \chi^2$	**47,13**	

Broj stupnjeva slobode u ovom slučaju je 8, granična vrijednost χ^2 za 5 % vjerojatnosti odbacivanja hipoteze kada je istinita je 15,507. Dobiveni χ^2 je veći od granične pa hipoteze odbacujemo, što znači da smjer nagiba padine ima utjecaj na pojavu klizišta.

H_0 = udaljenost od disperzivnog morka nema utjecaj na pojavu klizišta

klasa udaljenosti (m)	površina klase udaljenosti (m^2)	A (udio površine klase udaljenosti u ukupnoj površini)	broj klizišta (opažena frekvencija) (f_{op})	očekivani broj klizišta (očekivana frekvencija) (A * ukupni broj klizišta) (f_{ot})	$f_{op} - f_{ot}$	$(f_{op} - f_{ot})^2$	$\frac{(f_{op} - f_{ot})^2}{f_{ot}}$	utjecaj klase udaljenosti od disperzivnog morka na pojavu procesa klizanja
0-100	399694	0,0092	33	0,81	32,19	1036,38	1283,88	+
100-200	685847	0,0157	11	1,39	9,61	92,45	66,74	+
200-300	864704	0,0198	5	1,75	3,25	10,59	6,06	+
vile od 300	41622789	0,9552	39	84,06	-45,06	2030,52	24,16	-
						$\Sigma = \chi^2$	**1380,84**	

Broj stupnjeva slobode u ovom slučaju je 3, granična vrijednost χ^2 za 5 % vjerojatnosti odbacivanja hipoteze kada je istinita je 7,815. Dobiveni χ^2 je veći od granične pa hipoteze odbacujemo, što znači da udaljenost od disperzivnog morka ima utjecaj na pojavu klizišta.

H_0 = udaljenost od izvora nema utjecaj na pojavu klizišta

klasa udaljenosti (m)	površina klase udaljenosti (m^2)	A (udio površine klase udaljenosti u ukupnoj površini)	broj klizišta (opažena frekvencija) (f_{op})	očekivani broj klizišta (očekivana frekvencija) (A * ukupni broj klizišta) (f_{ot})	$f_{op} - f_{ot}$	$(f_{op} - f_{ot})^2$	$\frac{(f_{op} - f_{ot})^2}{f_{ot}}$	utjecaj klase udaljenosti od izvora nema utjecaj na pojavu klizišta
0-100	2168869	0,0498	9	4,38	4,62	21,34	4,87	+
100-200	5243004	0,1203	10	10,59	-0,59	0,34	0,03	-
200-300	5727925	0,1315	31	11,57	19,43	377,60	32,64	+
vile od 300	30434236	0,6985	38	61,46	-23,46	550,09	8,96	-
						$\Sigma = \chi^2$	**46,50**	

Broj stupnjeva slobode u ovom slučaju je 3, granična vrijednost χ^2 za 5 % vjerojatnosti odbacivanja hipoteze kada je istinita je 7,815. Dobiveni χ^2 je veći od granične pa hipoteze odbacujemo, što znači da udaljenost od izvora ima utjecaj na pojavu klizišta.

H_0 = udaljenost od prometnice nema utjecaj na pojavu klizišta

klasa udaljenosti (m)	površina klase udaljenosti (m^2)	A (udio površine klase udaljenosti u ukupnoj površini)	broj klizišta (opažena frekvencija) (f_{op})	očekivani broj klizišta (očekivana frekvencija) (A * ukupni broj klizišta) (f_{ot})	$f_{op} - f_{ot}$	$(f_{op} - f_{ot})^2$	$\frac{(f_{op} - f_{ot})^2}{f_{ot}}$	utjecaj klase udaljenosti od prometnice na pojavu procesa klizanja
0-100	14837278	0,3405	31	29,97	1,03	1,07	0,04	+
100-200	9352517	0,2146	39	18,89	20,11	404,48	21,41	+
200-300	6442304	0,1479	18	13,01	4,99	24,89	1,91	+
vile od 300	12940936	0,2970	0	26,14	-26,14	683,06	26,14	-
						$\Sigma = \chi^2$	**49,50**	

Broj stupnjeva slobode u ovom slučaju je 3, granična vrijednost χ^2 za 5 % vjerojatnosti odbacivanja hipoteze kada je istinita je 7,815. Dobiveni χ^2 je veći od granične pa hipoteze odbacujemo, što znači da udaljenost od prometnice ima utjecaj na pojavu klizišta.

H_0 = udaljenost od rasjeda nema utjecaj na pojavu klizišta

klasa udaljenosti (m)	površina klase udaljenosti (m^2)	A (udio površine klase udaljenosti u ukupnoj površini)	broj klizišta (opažena frekvencija) (f_{op})	očekivani broj klizišta (očekivana frekvencija) (A * ukupni broj klizišta) (f_{ot})	$f_{op} - f_{ot}$	$(f_{op} - f_{ot})^2$	$\frac{(f_{op} - f_{ot})^2}{f_{ot}}$	utjecaj klase udaljenosti od rasjeda nema utjecaj na pojavu procesa klizanja
0-50	4053550	0,0930	4	8,19	-4,19	17,53	2,14	-
50-100	14668644	0,0796	4	7,00	-3,00	9,01	1,29	-
100-150	3063238	0,0703	0	6,19	-6,19	38,27	6,19	-
vile od 150	329089402	0,7571	80	66,63	13,37	178,88	2,68	+
						$\Sigma = \chi^2$	**12,30**	

Broj stupnjeva slobode u ovom slučaju je 3, granična vrijednost χ^2 za 5 % vjerojatnosti odbacivanja hipoteze kada je istinita je 7,815. Dobiveni χ^2 je veći od granične pa hipoteze odbacujemo, što znači da udaljenost od rasjeda ima utjecaj na pojavu klizišta.

H_0 = udaljenost od vodotoka nema utjecaj na pojavu klizišta

klasa udaljenosti (m)	površina klase udaljenosti (m^2)	A (udio površine klase udaljenosti u ukupnoj površini)	broj klizišta (opažena frekvencija) (f_{op})	očekivani broj klizišta (očekivana frekvencija) (A * ukupni broj klizišta) (f_{ot})	$f_{op} - f_{ot}$	$(f_{op} - f_{ot})^2$	$\frac{(f_{op} - f_{ot})^2}{f_{ot}}$	utjecaj klase udaljenosti od vodotoka na pojavu procesa klizanja
0-50	4053550	0,0930	35	8,19	26,81	718,96	87,82	+
50-100	14668644	0,0796	28	7,00	21,00	440,93	62,98	+
100-150	3063238	0,0703	11	6,19	4,81	23,17	3,75	+
vile od 150	329089402	0,7571	14	66,63	-52,63	2769,42	41,57	-
						$\Sigma = \chi^2$	**196,11**	

Broj stupnjeva slobode u ovom slučaju je 3, granična vrijednost χ^2 za 5 % vjerojatnosti odbacivanja hipoteze kada je istinita je 7,815. Dobiveni χ^2 je veći od granične pa hipoteze odbacujemo, što znači da udaljenost od vodotoka ima utjecaj na pojavu klizišta.

H_0 = udio frakcije gline u pokrivaču nema utjecaj na pojavu klizišta

klasa udjela (%)	površina klase udjela (m^2)	A (udio površine klase udjela u ukupnoj površini)	broj klizišta (opažena frekvencija) (f_{op})	očekivani broj klizišta (očekivana frekvencija) (A * ukupni broj klizišta) (f_{ot})	$f_{op} - f_{ot}$	$(f_{op} - f_{ot})^2$	$\frac{(f_{op} - f_{ot})^2}{f_{ot}}$	utjecaj klase udjela gline u pokrivaču na pojavu procesa klizanja
izdanci stijena	24012409	0,5511	1	48,50	-47,50	2255,81	46,52	-
0-11,5	4233947	0,0765	1	6,73	-5,73	32,87	4,88	-
12-24	5532866	0,1270	13	11,17	1,83	3,33	0,30	+
24-36	8476207	0,1945	51	17,12	33,88	1147,95	67,06	+
36-48	2217606	0,0509	22	4,48	17,52	307,00	68,55	+
						$\Sigma = \chi^2$	**187,30**	

Broj stupnjeva slobode u ovom slučaju je 4, granična vrijednost χ^2 za 5 % vjerojatnosti odbacivanja hipoteze kada je istinita je 9,488. Dobiveni χ^2 je veći od granične pa hipoteze odbacujemo, što znači da udio frakcije gline u pokrivaču ima utjecaj na pojavu klizišta.

H_0 = udio frakcije praha u pokrivaču nema utjecaj na pojavu klizišta

klasa udjela (%)	površina klase udjela (m^2)	A (udio površine klase udjela u ukupnoj površini)	broj klizišta (opažena frekvencija) (f_{op})	očekivani broj klizišta (očekivana frekvencija) (A * ukupni broj klizišta) (f_{ot})	$f_{op} - f_{ot}$	$(f_{op} - f_{ot})^2$	$\frac{(f_{op} - f_{ot})^2}{f_{ot}}$	utjecaj klase udjela praha u pokrivaču na pojavu procesa klizanja
izdanci stijena	24012409	0,5511	1	48,50	-47,50	2255,81	46,52	-
0-18	4211241	0,0966	0	8,51	-8,51	72,34	8,51	-
18-36	4616881	0,1060	3	9,32	-6,32	40,00	4,29	-
36-54	7453955	0,1711	42	15,05	26,95	726,09	48,23	+
54-72	3278549	0,0752	42	6,62	35,38	1251,65	189,03	+
						$\Sigma = \chi^2$	**296,58**	

Broj stupnjeva slobode u ovom slučaju je 4, granična vrijednost χ^2 za 5 % vjerojatnosti odbacivanja hipoteze kada je istinita je 9,488. Dobiveni χ^2 je veći od granične pa hipoteze odbacujemo, što znači da udio frakcije praha u pokrivaču ima utjecaj na pojavu klizišta.

H_0 = udio frakcije pijeska u pokrivaču nema utjecaj na pojavu klizišta

klasa udjela (%)	površina klase udjela (m^2)	A (udio površine klase udjela u ukupnoj površini)	broj klizišta (opažena frekvencija) (f_{op})	očekivani broj klizišta (očekivana frekvencija) (A * ukupni broj klizišta) (f_{ot})	$f_{op} - f_{ot}$	$(f_{op} - f_{ot})^2$	$\frac{(f_{op} - f_{ot})^2}{f_{ot}}$	utjecaj klase udjela pijeska u pokrivaču na pojavu procesa klizanja
izdanci stijena	24012409	0,5511	1	48,50	-47,50	2255,81	46,52	-
0-11,5	16013645	0,3675	56	32,34	23,66	559,74	17,31	+
11,5-23	2878002	0,0661	26	5,81	20,19	407,54	70,12	+
23-34,5	628737	0,0144	4	1,27	2,73	7,45	5,87	+
34,5-46	40242	0,0009	1	0,08	0,92	0,84	10,39	+
						$\Sigma = \chi^2$	**150,19**	

Broj stupnjeva slobode u ovom slučaju je 4, granična vrijednost χ^2 za 5 % vjerojatnosti odbacivanja hipoteze kada je istinita je 9,488. Dobiveni χ^2 je veći od granične pa hipoteze odbacujemo, što znači da udio frakcije pijeska u pokrivaču ima utjecaj na pojavu klizišta.

H_0 = udio frakcije ljunka u pokrivaču nema utjecaj na pojavu klizišta

klasa udjela (%)	površina klase udjela (m^2)	A (udio površine klase udjela u ukupnoj površini)	broj klizišta (opažena frekvencija) (f_{op})	očekivani broj klizišta (očekivana frekvencija) (A * ukupni broj klizišta) (f_{ot})	$f_{op} - f_{ot}$	$(f_{op} - f_{ot})^2$	$\frac{(f_{op} - f_{ot})^2}{f_{ot}}$	utjecaj klase udjela ljunka u pokrivaču na pojavu procesa klizanja
izdanci stijena	24012409	0,5511	1	48,50	-47,50	2255,81	46,52	-
0-22	8320452	0,1915	83	17,21	65,79	4328,60	251,55	+
22-44	5299046	0,1216	4	10,70	-6,70	44,92	4,20	-
44-66	2939240	0,0675	0	5,94	-5,94	35,24	5,94	-
66-88	2801888	0,0643	0	5,66	-5,66	32,02	5,66	-
						$\Sigma = \chi^2$	**313,86**	

Broj stupnjeva slobode u ovom slučaju je 4, granična vrijednost χ^2 za 5 % vjerojatnosti odbacivanja hipoteze kada je istinita je 9,488. Dobiveni χ^2 je veći od granične pa hipoteze odbacujemo, što znači da udio frakcije ljunka u pokrivaču ima utjecaj na pojavu klizišta.

H_0 = zakrivljenost površine terena nema utjecaj na pojavu klizišta

klasa zakrivljenosti	površina klase zakrivljenosti (m^2)	A (udio površine klase zakrivljenosti u ukupnoj površini)	broj klizišta (opažena frekvencija) (f_{op})	očekivani broj klizišta (očekivana frekvencija) (A * ukupni broj klizišta) (f_{ot})	$f_{op} - f_{ot}$	$(f_{op} - f_{ot})^2$	$\frac{(f_{op} - f_{ot})^2}{f_{ot}}$	utjecaj klase zakrivljenosti terena na pojavu procesa klizanja
vrlo konkavno	1874592	0,0430	3	3,79	-0,79	0,62	0,16	-
konkavno	19714577	0,4525	39	39,82	-0,82	0,67	0,02	-
horizontalan teren	14300757	0,0328	1	2,89	-1,89	3,57	1,24	-
konveksno	18569292	0,4262	45	37,50	7,50	56,20	1,50	+
vrlo konveksno	1982917	0,0455	0	4,00	-4,00	16,04	4,00	-
						$\Sigma = \chi^2$	**6,92**	

Broj stupnjeva slobode u ovom slučaju je 4, granična vrijednost χ^2 za 5 % vjerojatnosti odbacivanja hipoteze kada je istinita je 9,488. Dobiveni χ^2 je manji od granične pa hipoteze prihvaćamo, što znači da zakrivljenost površine terena nema utjecaj na pojavu klizišta.

PRILOG 22

HI-KVADRAT TESTOVI UTJECAJA FAKTORA NA PROCES PUZANJA

H_0 = pokrov zemljišta nema utjecaj na pojavu puzilta

kod klase pokrova	površina klase pokrova (m^2)	A (udio površine klase pokrova u ukupnoj površini)	broj puzilta (opažena frekvencija) (f_{op})	očekivani broj puzilta (očekivana frekvencija) (A * ukupni broj puzilta) ($f_{oč}$)	$f_{op} - f_{oč}$	$(f_{op} - f_{oč})^2$	$\frac{(f_{op} - f_{oč})^2}{f_{oč}}$	utjecaj klase pokrova na pojavu procesa puzanja
112	2053664	0,0471	2	0,61	1,39	1,92	3,14	+
231	1300199	0,0298	0	0,39	-0,39	0,15	0,39	-
243	2037558	0,0468	1	0,61	0,39	0,15	0,25	+
311	21156973	0,4856	10	6,31	3,69	13,60	2,15	+
312	890399	0,0204	0	0,27	-0,27	0,07	0,27	-
313	813378	0,0187	0	0,24	-0,24	0,06	0,24	-
321	2705484	0,0621	0	0,81	-0,81	0,65	0,00	-
323	4925477	0,1130	0	1,47	-1,47	2,16	1,47	-
324	4902714	0,1125	0	1,46	-1,46	2,14	1,46	-
333	2369441	0,0544	0	0,71	-0,71	0,50	0,00	-
512	417748	0,0096	0	0,12	-0,12	0,02	0,12	-
						$\Sigma = \chi^2$	**9,50**	

Broj stupnjeva slobode u ovom slučaju je 10, granična vrijednost χ^2 za 5 % vjerojatnosti odbacivanja hipoteze kada je istinita je 18,307.
Dobiveni χ^2 je manji od granične pa hipotezu prihvaćamo, što znači da pokrov nema utjecaj na pojavu puzilta.

H_0 = litologija nema utjecaj na pojavu puzilta

stratigrafska seraska litološka jedinica	površina litološke jedinice (m^2)	A (udio površine litološke jedinice u ukupnoj površini)	broj puzilta (opažena frekvencija) (f_{op})	očekivani broj puzilta (očekivana frekvencija (A * ukupni broj puzilta) ($f_{oč}$)	$f_{op} - f_{oč}$	$(f_{op} - f_{oč})^2$	$\frac{(f_{op} - f_{oč})^2}{f_{oč}}$	utjecaj litološke jedinice na pojavu procesa puzanja
Q_k	1375023	0,0316	0	0,41	-0,41	0,17	0,41	-
Q_{al}	3021758	0,0693	0	0,90	-0,90	0,81	0,90	-
Q_{dl}	3072000	0,0889	6	1,16	4,84	23,47	20,32	+
Q_{hol}	9039167	0,2074	6	2,70	3,30	10,91	4,05	+
Q_{hol}	1772874	0,0407	1	0,53	0,47	0,22	0,42	+
Q_{lk}	281134	0,0065	0	0,08	-0,08	0,01	0,08	-
Pl	9560	0,0002	0	0,00	0,00	0,00	0,00	-
$T_{1,2}$	469641	0,0108	0	0,14	-0,14	0,02	0,14	-
T_2	1128316	0,0259	0	0,34	-0,34	0,11	0,34	-
Pg_2	48481	0,0011	0	0,01	-0,01	0,00	0,01	-
$T_{1,2}$	6754396	0,1550	0	2,02	-2,02	4,06	2,02	-
K_1	13800637	0,3626	0	4,71	-4,71	22,22	4,71	-
						$\Sigma = \chi^2$	**33,40**	

Broj stupnjeva slobode u ovom slučaju je 11, granična vrijednost χ^2 za 5 % vjerojatnosti odbacivanja hipoteze kada je istinita je 19,675.
Dobiveni χ^2 je veći od granične pa hipotezu odbacujemo, što znači da litologija nema utjecaj na pojavu puzilta.

H_0 = nagib padine nema utjecaj na pojavu puzilta

klasa nagiba padine (°)	površina klase nagiba padine (m^2)	A (udio površine klase nagiba padine u ukupnoj površini)	broj puzilta (opažena frekvencija) (f_{op})	očekivani broj puzilta (očekivana frekvencija (A * ukupni broj puzilta) ($f_{oč}$)	$f_{op} - f_{oč}$	$(f_{op} - f_{oč})^2$	$\frac{(f_{op} - f_{oč})^2}{f_{oč}}$	utjecaj klase nagiba padine na pojavu procesa puzanja
0-5	6254838	0,1436	0	1,87	-1,87	3,48	1,87	-
5-10	8334777	0,1913	6	2,49	3,51	12,34	4,96	+
10-15	7118967	0,1634	3	2,12	0,88	0,77	0,36	+
15-20	5251221	0,1205	3	1,57	1,43	2,05	1,31	+
20-25	4389129	0,1007	1	1,31	-0,31	0,10	0,07	-
25-30	4029823	0,0925	0	1,20	-1,20	1,44	1,20	-
30-40	5960540	0,1368	0	1,78	-1,78	3,16	1,78	-
40-50	1491561	0,0342	0	0,45	-0,45	0,20	0,45	-
50-90	743179	0,0170	0	0,22	-0,22	0,05	0,22	-
						$\Sigma = \chi^2$	**12,22**	

Broj stupnjeva slobode u ovom slučaju je 8, granična vrijednost χ^2 za 5 % vjerojatnosti odbacivanja hipoteze kada je istinita je 15,507.
Dobiveni χ^2 je manji od granične pa hipotezu prihvaćamo, što znači da nagib padine nema utjecaj na pojavu puzilta.

H_0 = disperziranost površine terena nema utjecaj na pojavu puzilta

disperziranost površine terena	površina klase (m^2)	A (udio površine klase u ukupnoj površini)	broj puzilta (opažena frekvencija) (f_{op})	očekivani broj puzilta (očekivana frekvencija (A * ukupni broj puzilta) ($f_{oč}$)	$f_{op} - f_{oč}$	$(f_{op} - f_{oč})^2$	$\frac{(f_{op} - f_{oč})^2}{f_{oč}}$	utjecaj disperziranosti površine terena na pojavu procesa puzanja
nedisperzirna	43398542	0,9960	13	12,95	0,05	0,00	0,00	-
disperzirna	174492	0,0040	0	0,05	-0,05	0,00	0,05	+
						$\Sigma = \chi^2$	**0,05**	

Broj stupnjeva slobode u ovom slučaju je 1, granična vrijednost χ^2 za 5 % vjerojatnosti odbacivanja hipoteze kada je istinita je 3,841.
Dobiveni χ^2 je manji od granične pa hipotezu prihvaćamo, što znači da disperziranost površine terena nema utjecaj na pojavu puzilta.

H_0 = srednja godišnja količina oborine nema utjecaj na pojavu puzilta

klasa količine oborine (mm)	površina klase količine oborine u ukupnoj površini	A (udio površine klase količine oborine u ukupnoj površini)	broj puzilta (opažena frekvencija) (f_{op})	očekivani broj puzilta (očekivana frekvencija (A * ukupni broj puzilta) ($f_{oč}$)	$f_{op} - f_{oč}$	$(f_{op} - f_{oč})^2$	$\frac{(f_{op} - f_{oč})^2}{f_{oč}}$	utjecaj klase količine oborine na pojavu procesa puzanja
1260-1400	5011092	0,1150	3	1,50	1,50	2,26	1,51	+
1400-1600	19055053	0,4373	6	5,69	0,31	0,10	0,02	+
1600-1800	10289821	0,2362	4	3,07	0,93	0,86	0,28	+
1800-2000	7444769	0,1709	0	2,22	-2,22	4,93	2,22	-
2000-2600	1772299	0,0407	0	0,53	-0,53	0,28	0,53	-
						$\Sigma = \chi^2$	**4,56**	

Broj stupnjeva slobode u ovom slučaju je 4, granična vrijednost χ^2 za 5 % vjerojatnosti odbacivanja hipoteze kada je istinita je 9,488.
Dobiveni χ^2 je manji od granične pa hipotezu prihvaćamo, što znači da srednja godišnja količina oborine nema utjecaj na pojavu puzilta.

H_0 = smjer nagiba padine nema utjecaj na pojavu puzilta

klasa smjera nagiba padine	površina klase smjera nagiba padine (m^2)	A (udio površine klase smjera nagiba padine u ukupnoj površini)	broj puzilta (opažena frekvencija) (f_{op})	očekivani broj puzilta (očekivana frekvencija (A * ukupni broj puzilta) ($f_{oč}$)	$f_{op} - f_{oč}$	$(f_{op} - f_{oč})^2$	$\frac{(f_{op} - f_{oč})^2}{f_{oč}}$	utjecaj klase smjera nagiba padine na pojavu procesa puzanja
horizontalan teren	225978	0,0052	0	0,07	-0,07	0,005	0,07	-
N	2608085	0,0670	0	0,61	-0,61	0,37	0,61	-
NE	4743727	0,1089	0	1,42	-1,42	2,00	1,42	-
E	2577249	0,0591	2	0,77	1,23	1,52	1,97	+
SE	2799609	0,0642	0	0,84	-0,84	0,70	0,84	-
S	7527373	0,1728	2	2,25	-0,25	0,06	0,03	+
SW	14780135	0,3374	5	4,39	0,61	0,38	0,09	+
W	6340586	0,1501	4	1,95	2,05	4,20	2,15	+
NW	2407993	0,0553	0	0,72	-0,72	0,52	0,72	-
						$\Sigma = \chi^2$	**7,88**	

Broj stupnjeva slobode u ovom slučaju je 8, granična vrijednost χ^2 za 5 % vjerojatnosti odbacivanja hipoteze kada je istinita je 15,507.
Dobiveni χ^2 je manji od granične pa hipotezu prihvaćamo, što znači da smjer nagiba padine nema utjecaj na pojavu puzilta.

H_0 = nadjelonost od disperzirnog snorka nema utjecaj na pojavu puzilta

klasa nadjelonosti (m)	površina klase nadjelonosti (m^2)	A (udio površine klase nadjelonosti u ukupnoj površini)	broj puzilta (opažena frekvencija) (f_{op})	očekivani broj puzilta (očekivana frekvencija) (A * ukupni broj puzilta) ($f_{oč}$)	$f_{op} - f_{oč}$	$(f_{op} - f_{oč})^2$	$\frac{(f_{op} - f_{oč})^2}{f_{oč}}$	utjecaj klase nadjelonosti od disperzirnog snorka na pojavu procesa puzanja
0-100	399694	0,0092	0	0,12	-0,12	0,01	0,12	-
100-200	685847	0,0157	0	0,20	-0,20	0,04	0,20	-
200-300	864704	0,0198	1	0,26	0,74	0,55	2,13	+
više od 300	41622789	0,9552	12	12,42	-0,42	0,17	0,01	-
						$\Sigma = \chi^2$	**2,47**	

Broj stupnjeva slobode u ovom slučaju je 3, granična vrijednost χ^2 za 5 % vjerojatnosti odbacivanja hipoteze kada je istinita je 7,815.
Dobiveni χ^2 je manji od granične pa hipotezu prihvaćamo, što znači da nadjelonost od disperzirnog snorka nema utjecaj na pojavu puzilta.

H_0 = nadjelonost od izvora nema utjecaj na pojavu puzilta

klasa nadjelonosti (m)	površina klase nadjelonosti (m^2)	A (udio površine klase nadjelonosti u ukupnoj površini)	broj puzilta (opažena frekvencija) (f_{op})	očekivani broj puzilta (očekivana frekvencija) (A * ukupni broj puzilta) ($f_{oč}$)	$f_{op} - f_{oč}$	$(f_{op} - f_{oč})^2$	$\frac{(f_{op} - f_{oč})^2}{f_{oč}}$	utjecaj klase nadjelonosti od izvora na pojavu procesa puzanja
0-100	2168869	0,0498	1	0,65	0,35	0,12	0,19	+
100-200	5243084	0,1203	6	1,56	4,44	19,68	12,58	+
200-300	5727925	0,1315	1	1,71	-0,71	0,50	0,29	-
više od 300	30434236	0,6985	5	9,08	-4,08	16,65	1,83	-
						$\Sigma = \chi^2$	**14,90**	

Broj stupnjeva slobode u ovom slučaju je 3, granična vrijednost χ^2 za 5 % vjerojatnosti odbacivanja hipoteze kada je istinita je 7,815.
Dobiveni χ^2 je veći od granične pa hipotezu odbacujemo, što znači da udaljenost od izvora ima utjecaj na pojavu puzilta.

H_0 = udaljenost od prometnice nema utjecaj na pojavu puzilta

klasa udaljenosti (m)	površina klase udaljenosti (m^2)	A (udio površine klase udaljenosti u ukupnoj površini)	broj puzilta (opažena frekvencija) (f_{op})	očekivani broj puzilta (očekivana frekvencija (A * ukupni broj puzilta) ($f_{oč}$)	$f_{op} - f_{oč}$	$(f_{op} - f_{oč})^2$	$\frac{(f_{op} - f_{oč})^2}{f_{oč}}$	utjecaj klase udaljenosti od prometnice na pojavu procesa puzanja
0-100	14833778	0,3405	8	4,43	3,57	12,77	2,88	+
100-200	9352517	0,2146	5	2,79	2,21	4,88	1,75	+
200-300	6442304	0,1479	0	1,92	-1,92	3,69	1,92	-
više od 300	12940936	0,2970	0	3,86	-3,86	14,91	3,86	-
						$\Sigma = \chi^2$	**10,42**	

Broj stupnjeva slobode u ovom slučaju je 3, granična vrijednost χ^2 za 5 % vjerojatnosti odbacivanja hipoteze kada je istinita je 7,815.
Dobiveni χ^2 je veći od granične pa hipotezu odbacujemo, što znači da udaljenost od prometnice ima utjecaj na pojavu puzilta.

H_0 = udaljenost od rasjeda nema utjecaj na pojavu puzilta

klasa udaljenosti (m)	površina klase udaljenosti (m^2)	A (udio površine klase udaljenosti u ukupnoj površini)	broj puzilta (opažena frekvencija) (f_{op})	očekivani broj puzilta (očekivana frekvencija (A * ukupni broj puzilta) ($f_{oč}$)	$f_{op} - f_{oč}$	$(f_{op} - f_{oč})^2$	$\frac{(f_{op} - f_{oč})^2}{f_{oč}}$	utjecaj klase udaljenosti od rasjeda na pojavu procesa puzanja
0-50	4053550	0,0930	1	1,21	-0,21	0,04	0,04	-
50-100	3466044	0,0796	1	1,03	-0,03	0,00	0,00	-
100-150	3063238	0,0703	2	0,91	1,09	1,18	1,29	+
više od 150	32989402	0,7571	9	9,84	-0,84	0,71	0,07	-
						$\Sigma = \chi^2$	**1,40**	

Broj stupnjeva slobode u ovom slučaju je 3, granična vrijednost χ^2 za 5 % vjerojatnosti odbacivanja hipoteze kada je istinita je 7,815.
Dobiveni χ^2 je manji od granične pa hipotezu prihvaćamo, što znači da udaljenost od rasjeda nema utjecaj na pojavu puzilta.

H_0 = udaljenost od vodotoka nema utjecaj na pojavu puzilta

klasa udaljenosti (m)	površina klase udaljenosti (m^2)	A (udio površine klase udaljenosti u ukupnoj površini)	broj puzilta (opažena frekvencija) (f_{op})	očekivani broj puzilta (očekivana frekvencija (A * ukupni broj puzilta) ($f_{oč}$)	$f_{op} - f_{oč}$	$(f_{op} - f_{oč})^2$	$\frac{(f_{op} - f_{oč})^2}{f_{oč}}$	utjecaj klase udaljenosti od vodotoka na pojavu procesa puzanja
0-50	4053550	0,0930	0	1,21	-1,21	1,46	1,21	-
50-100	3466044	0,0796	2	1,03	0,97	0,93	0,90	+
100-150	3063238	0,0703	4	0,91	3,09	9,52	10,42	+
više od 150	32989402	0,7571	7	9,84	-2,84	8,08	0,82	-
						$\Sigma = \chi^2$	**13,35**	

Broj stupnjeva slobode u ovom slučaju je 3, granična vrijednost χ^2 za 5 % vjerojatnosti odbacivanja hipoteze kada je istinita je 7,815.
Dobiveni χ^2 je veći od granične pa hipotezu odbacujemo, što znači da udaljenost od vodotoka ima utjecaj na pojavu puzilta.

H_0 = udio frakcije gline u pokrivaču nema utjecaj na pojavu puzilta

klasa udjela (%)	površina klase udjela (m^2)	A (udio površine klase udjela u ukupnoj površini)	broj puzilta (opažena frekvencija) (f_{op})	očekivani broj puzilta (očekivana frekvencija (A * ukupni broj puzilta) ($f_{oč}$)	$f_{op} - f_{oč}$	$(f_{op} - f_{oč})^2$	$\frac{(f_{op} - f_{oč})^2}{f_{oč}}$	utjecaj klase udjela gline u pokrivaču na pojavu procesa puzanja
izdanci stijena	24012409	0,5511	0	7,16	-7,16	51,32	7,16	-
0-12	3333947	0,0765	0	0,99	-0,99	0,99	0,99	-
12-24	5532866	0,1270	5	1,65	3,35	11,22	6,80	+
24-36	8476207	0,1945	7	2,53	4,47	19,99	7,91	+
36-48	2217606	0,0509	1	0,66	0,34	0,11	0,17	+
						$\Sigma = \chi^2$	**23,03**	

Broj stupnjeva slobode u ovom slučaju je 4, granična vrijednost χ^2 za 5 % vjerojatnosti odbacivanja hipoteze kada je istinita je 9,488.
Dobiveni χ^2 je veći od granične pa hipotezu odbacujemo, što znači da udio frakcije gline u pokrivaču ima utjecaj na pojavu puzilta.

H_0 = udio frakcije praha u pokrivaču nema utjecaj na pojavu puzilta

klasa udjela (%)	površina klase udjela (m^2)	A (udio površine klase udjela u ukupnoj površini)	broj puzilta (opažena frekvencija) (f_{op})	očekivani broj puzilta (očekivana frekvencija (A * ukupni broj puzilta) ($f_{oč}$)	$f_{op} - f_{oč}$	$(f_{op} - f_{oč})^2$	$\frac{(f_{op} - f_{oč})^2}{f_{oč}}$	utjecaj klase udjela praha u pokrivaču na pojavu procesa puzanja
izdanci stijena	24012409	0,5511	0	7,16	-7,16	51,32	7,16	-
0-18	4211241	0,0966	1	1,26	-0,26	0,07	0,05	-
18-36	4616881	0,1060	7	1,38	5,62	31,61	22,95	+
36-54	7453955	0,1711	4	2,22	1,78	3,15	1,42	+
54-72	3278549	0,0752	1	0,98	0,02	0,00	0,00	+
						$\Sigma = \chi^2$	**31,59**	

Broj stupnjeva slobode u ovom slučaju je 4, granična vrijednost χ^2 za 5 % vjerojatnosti odbacivanja hipoteze kada je istinita je 9,488.
Dobiveni χ^2 je veći od granične pa hipotezu odbacujemo, što znači da udio frakcije praha u pokrivaču ima utjecaj na pojavu puzilta.

H_0 = udio frakcije pijeska u pokrivaču nema utjecaj na pojavu puzilta

klasa udjela (%)	površina klase udjela (m^2)	A (udio površine klase udjela u ukupnoj površini)	broj puzilta (opažena frekvencija) (f_{op})	očekivani broj puzilta (očekivana frekvencija (A * ukupni broj puzilta) ($f_{oč}$)	$f_{op} - f_{oč}$	$(f_{op} - f_{oč})^2$	$\frac{(f_{op} - f_{oč})^2}{f_{oč}}$	utjecaj klase udjela pijeska u pokrivaču na pojavu procesa puzanja
izdanci stijena	24012409	0,5511	0	7,16	-7,16	51,32	7,16	-
0-11,5	16013645	0,3675	11	4,78	6,22	38,72	8,10	+
11,5-23	2878002	0,0661	1	0,86	0,14	0,02	0,02	+
23-34,5	628737	0,0144	1	0,19	0,81	0,66	3,52	+
34,5-46	40242	0,0009	0	0,01	-0,01	0,00	0,01	-
						$\Sigma = \chi^2$	**18,82**	

Broj stupnjeva slobode u ovom slučaju je 4, granična vrijednost χ^2 za 5 % vjerojatnosti odbacivanja hipoteze kada je istinita je 9,488.
Dobiveni χ^2 je veći od granične pa hipotezu odbacujemo, što znači da udio frakcije pijeska u pokrivaču ima utjecaj na pojavu puzilta.

H_0 = udio frakcije ilijenka u pokrivaču nema utjecaj na pojavu puzilta

klasa udjela (%)	površina klase udjela (m^2)	A (udio površine klase udjela u ukupnoj površini)	broj puzilta (opažena frekvencija) (f_{op})	očekivani broj puzilta (očekivana frekvencija (A * ukupni broj puzilta) ($f_{oč}$)	$f_{op} - f_{oč}$	$(f_{op} - f_{oč})^2$	$\frac{(f_{op} - f_{oč})^2}{f_{oč}}$	utjecaj klase udjela ilijenka u pokrivaču na pojavu procesa puzanja
izdanci stijena	24012409	0,5511	0	7,16	-7,16	51,32	7,16	-
0-22	8520452	0,1955	3	2,54	0,46	0,21	0,08	+
22-44	5299046	0,1216	4	1,58	2,42	5,85	3,70	+
44-66	2939240	0,0675	6	0,88	5,12	26,25	29,93	+
66-88	2801888	0,0643	0	0,84	-0,84	0,70	0,84	-
						$\Sigma = \chi^2$	**41,71**	

Broj stupnjeva slobode u ovom slučaju je 4, granična vrijednost χ^2 za 5 % vjerojatnosti odbacivanja hipoteze kada je istinita je 9,488.
Dobiveni χ^2 je veći od granične pa hipotezu odbacujemo, što znači da udio frakcije ilijenka u pokrivaču ima utjecaj na pojavu puzilta.

H_0 = zakrivljenost površine terena nema utjecaj na pojavu puzilta

klasa zakrivljenosti	površina klase zakrivljenosti (m^2)	A (udio površine klase zakrivljenosti u ukupnoj površini)	broj puzilta (opažena frekvencija) (f_{op})	očekivani broj puzilta (očekivana frekvencija (A * ukupni broj puzilta) ($f_{oč}$)	$f_{op} - f_{oč}$	$(f_{op} - f_{oč})^2$	$\frac{(f_{op} - f_{oč})^2}{f_{oč}}$	utjecaj klase zakrivljenosti terena na pojavu procesa puzanja
srlo konkavno	1874592	0,0430	1	0,56	0,44	0,19	0,35	+
konkavno	19714557	0,4523	9	5,88	3,12	9,72	1,65	+
horizontalan teren	14430757	0,0328	0	0,43	-0,43	0,18	0,43	-
konveksno	18569292	0,4262	3	5,54	-2,54	6,45	1,16	-
srlo konveksno	1982817	0,0455	0	0,59	-0,59	0,35	0,59	-
						$\Sigma = \chi^2$	**4,18**	

Broj stupnjeva slobode u ovom slučaju je 4, granična vrijednost χ^2 za 5 % vjerojatnosti odbacivanja hipoteze kada je istinita je 9,488.
Dobiveni χ^2 je manji od granične pa hipotezu prihvaćamo, što znači da zakrivljenost površine terena nema utjecaj na pojavu puzilta.

PRILOG 23

HI-KVADRAT TESTOVI UTJECAJA FAKTORA NA PROCES PREKOMJERNE EROZIJE

H_0 = pokrov zemljišta nema utjecaj na pojavu prekomjerne erozije (ogoljina)

kod klase pokrova	površina klase pokrova (m^2)	A (udio površine klase pokrova u ukupnoj površini)	broj ogoljina (opažena frekvencija) (f_{oi})	očekivani broj ogoljina (očekivana frekvencija) (A * ukupni broj ogoljina) (f_{ei})	$f_{oi} - f_{ei}$	$(f_{oi} - f_{ei})^2$	$\frac{(f_{oi} - f_{ei})^2}{f_{ei}}$	utjecaj klase pokrova na pojavu procesa prekomjerne erozije
112	2053664	0,0471	0	1,23	-1,23	1,50	1,23	-
231	1300199	0,0298	0	0,78	-0,78	0,60	0,78	-
243	2037558	0,0468	1	1,22	-0,22	0,05	0,04	-
311	21156973	0,4856	13	12,62	0,38	0,14	0,01	+
312	890399	0,0204	11	0,53	10,47	109,59	206,27	+
313	813378	0,0187	1	0,49	0,51	0,26	0,55	+
321	2705484	0,0621	0	1,61	-1,61	2,61	0,00	-
323	4925477	0,1130	0	2,94	-2,94	8,64	2,94	-
324	4902714	0,1125	0	2,93	-2,93	8,56	2,93	-
333	2369441	0,0544	0	1,41	-1,41	2,00	0,00	-
512	417748	0,0096	0	0,25	-0,25	0,06	0,25	-
						$\Sigma = \chi^2$	**214,98**	

Broj stupnjeva slobode u ovom slučaju je 10, granična vrijednost χ^2 za 5 % vjerojatnosti odbacivanja hipoteze kada je istinita je 18,307. Dobiveni χ^2 je veći od granične pa hipotezu odbacujemo, što znači da pokrov ima utjecaj na pojavu prekomjerne erozije.

H_0 = litologija nema utjecaj na pojavu prekomjerne erozije (ogoljina)

stratigrafska seruska litološka jedinica	površina litološke jedinice (m^2)	A (udio površine litološke jedinice u ukupnoj površini)	broj ogoljina (opažena frekvencija) (f_{oi})	očekivani broj ogoljina (očekivana frekvencija) (A * ukupni broj ogoljina) (f_{ei})	$f_{oi} - f_{ei}$	$(f_{oi} - f_{ei})^2$	$\frac{(f_{oi} - f_{ei})^2}{f_{ei}}$	utjecaj litološke jedinice na pojavu procesa prekomjerne erozije
Q_k	1375023	0,0316	0	0,82	-0,82	0,67	0,82	-
Q_p	3021758	0,0693	0	1,80	-1,80	3,25	1,80	-
Q_{dl}	3072000	0,0889	1	2,31	-1,31	1,72	0,74	-
Q_{hol}	9039167	0,2074	12	5,39	6,61	43,64	8,09	+
Q_{hol}	1772874	0,0407	0	1,06	-1,06	1,12	1,06	-
Q_h	281134	0,0065	0	0,17	-0,17	0,03	0,17	-
Pl	9560	0,0002	0	0,01	-0,01	0,00	0,01	-
$E_{1,2}$	469641	0,0108	13	0,28	12,72	161,79	577,35	+
E_2	1128314	0,0259	0	0,67	-0,67	0,45	0,67	-
Pg_2	48481	0,0011	0	0,03	-0,03	0,00	0,03	-
$E_{1,2}$	6754396	0,1550	0	4,03	-4,03	16,24	4,03	-
K_1	13800637	0,3626	0	9,43	-9,43	88,89	9,43	-
						$\Sigma = \chi^2$	**604,20**	

Broj stupnjeva slobode u ovom slučaju je 11, granična vrijednost χ^2 za 5 % vjerojatnosti odbacivanja hipoteze kada je istinita je 19,675. Dobiveni χ^2 je veći od granične pa hipotezu odbacujemo, što znači da litologija ima utjecaj na pojavu prekomjerne erozije.

H_0 = nagib padine nema utjecaja na pojavu prekomjerne erozije (ogoljina)

klasa nagiba padine (°)	površina klase nagiba padine (m^2)	A (udio površine klase nagiba padine u ukupnoj površini)	broj ogoljina (opažena frekvencija) (f_{oi})	očekivani broj ogoljina (očekivana frekvencija) (A * ukupni broj ogoljina) (f_{ei})	$f_{oi} - f_{ei}$	$(f_{oi} - f_{ei})^2$	$\frac{(f_{oi} - f_{ei})^2}{f_{ei}}$	utjecaj klase nagiba padine na pojavu procesa prekomjerne erozije
0-5	6254838	0,1436	1	3,73	-2,73	7,47	2,00	-
5-10	8334777	0,1913	1	4,97	-3,97	15,79	3,17	-
10-15	7118967	0,1634	2	4,25	-2,25	5,05	1,19	-
15-20	5251221	0,1205	4	3,13	0,87	0,75	0,24	+
20-25	4389129	0,1007	2	2,62	-0,62	0,38	0,15	-
25-30	4029823	0,0925	7	2,40	4,60	21,12	8,79	+
30-40	5960540	0,1368	8	3,56	4,44	19,74	5,55	+
40-50	1491561	0,0342	1	0,89	0,11	0,01	0,01	+
50-90	743179	0,0170	0	0,44	-0,44	0,20	0,44	-
						$\Sigma = \chi^2$	**21,54**	

Broj stupnjeva slobode u ovom slučaju je 8, granična vrijednost χ^2 za 5 % vjerojatnosti odbacivanja hipoteze kada je istinita je 15,507. Dobiveni χ^2 je veći od granične pa hipotezu odbacujemo, što znači da nagib padine ima utjecaj na pojavu prekomjerne erozije.

H_0 = disperzivnost površine terena nema utjecaj na pojavu prekomjerne erozije (ogoljina)

disperzivnost površine terena	površina klase (m^2)	A (udio površine klase u ukupnoj površini)	broj ogoljina (opažena frekvencija) (f_{oi})	očekivani broj ogoljina (očekivana frekvencija) (A * ukupni broj ogoljina) (f_{ei})	$f_{oi} - f_{ei}$	$(f_{oi} - f_{ei})^2$	$\frac{(f_{oi} - f_{ei})^2}{f_{ei}}$	utjecaj disperzivnosti površine terena na pojavu procesa prekomjerne erozije
nedisperzivna	43398542	0,9960	1	25,90	-24,90	619,80	23,93	-
disperzivna	174492	0,0040	25	0,10	24,90	619,80	5952,84	+
						$\Sigma = \chi^2$	**5976,77**	

Broj stupnjeva slobode u ovom slučaju je 1, granična vrijednost χ^2 za 5 % vjerojatnosti odbacivanja hipoteze kada je istinita je 3,841. Dobiveni χ^2 je veći od granične pa hipotezu odbacujemo, što znači da disperzivnost površine terena ima utjecaj na pojavu prekomjerne erozije.

H_0 = srednja godišnja količina oborine nema utjecaj na pojavu prekomjerne erozije (ogoljina)

klasa količine oborine (mm)	površina klase količine oborine u ukupnoj površini (m^2)	A (udio površine klase količine oborine u ukupnoj površini)	broj ogoljina (opažena frekvencija) (f_{oi})	očekivani broj ogoljina (očekivana frekvencija) (A * ukupni broj ogoljina) (f_{ei})	$f_{oi} - f_{ei}$	$(f_{oi} - f_{ei})^2$	$\frac{(f_{oi} - f_{ei})^2}{f_{ei}}$	utjecaj klase količine oborine na pojavu procesa prekomjerne erozije
1260-1400	5011092	0,1150	1	2,99	-1,99	3,96	1,32	-
1400-1600	19055053	0,4373	25	11,37	13,63	185,77	16,34	+
1600-1800	10289821	0,2362	0	6,14	-6,14	37,70	6,14	-
1800-2000	7444769	0,1709	0	4,44	-4,44	19,73	4,44	-
2000-2600	1772299	0,0407	0	1,06	-1,06	1,12	1,06	-
						$\Sigma = \chi^2$	**29,30**	

Broj stupnjeva slobode u ovom slučaju je 4, granična vrijednost χ^2 za 5 % vjerojatnosti odbacivanja hipoteze kada je istinita je 9,488. Dobiveni χ^2 je veći od granične pa hipotezu odbacujemo, što znači da srednja godišnja količina oborine ima utjecaj na pojavu prekomjerne erozije.

H_0 = smjer nagiba padine nema utjecaja na pojavu prekomjerne erozije (ogoljina)

klasa smjera nagiba padine	površina klase smjera nagiba padine u ukupnoj površini (m^2)	A (udio površine klase smjera nagiba padine u ukupnoj površini)	broj ogoljina (opažena frekvencija) (f_{oi})	očekivani broj ogoljina (očekivana frekvencija) (A * ukupni broj ogoljina) (f_{ei})	$f_{oi} - f_{ei}$	$(f_{oi} - f_{ei})^2$	$\frac{(f_{oi} - f_{ei})^2}{f_{ei}}$	utjecaj klase smjera nagiba padine na pojavu procesa prekomjerne erozije
horizontalan teren	225978	0,0052	0	0,14	-0,14	0,02	0,14	-
N	2608085	0,0670	2	1,22	0,78	0,61	0,50	+
NE	4743727	0,1089	1	2,83	-1,83	3,35	1,18	-
E	2577249	0,0591	2	1,54	0,46	0,21	0,14	+
SE	2796909	0,0642	5	1,67	3,33	11,09	6,64	+
S	7527373	0,1728	6	4,49	1,51	2,28	0,507	+
SW	14780135	0,3374	4	8,77	-4,77	22,77	2,60	-
W	6340586	0,1501	2	3,90	-1,90	3,62	0,93	-
NW	2407993	0,0553	4	1,44	2,56	6,57	4,57	+
						$\Sigma = \chi^2$	**17,19**	

Broj stupnjeva slobode u ovom slučaju je 8, granična vrijednost χ^2 za 5 % vjerojatnosti odbacivanja hipoteze kada je istinita je 15,507. Dobiveni χ^2 je veći od granične pa hipotezu odbacujemo, što znači da smjer nagiba padine ima utjecaj na pojavu prekomjerne erozije.

H_0 = udaljenost od disperzivnog uzorka nema utjecaj na pojavu prekomjerne erozije (ogoljina)

klasa udaljenosti (m)	površina klase udaljenosti (m^2)	A (udio površine klase udaljenosti u ukupnoj površini)	broj ogoljina (opažena frekvencija) (f_{oi})	očekivani broj ogoljina (očekivana frekvencija) (A * ukupni broj ogoljina) (f_{ei})	$f_{oi} - f_{ei}$	$(f_{oi} - f_{ei})^2$	$\frac{(f_{oi} - f_{ei})^2}{f_{ei}}$	utjecaj klase udaljenosti od disperzivnog uzorka na pojavu procesa prekomjerne erozije
0-100	396684	0,0092	16	0,24	15,76	248,42	1041,63	+
100-200	603847	0,0157	5	0,41	4,59	21,08	51,50	+
200-300	864704	0,0198	1	0,52	0,48	0,23	0,45	+
više od 300	41622789	0,9552	4	24,84	-20,84	434,15	17,48	-
						$\Sigma = \chi^2$	**1111,06**	

Broj stupnjeva slobode u ovom slučaju je 3, granična vrijednost χ^2 za 5 % vjerojatnosti odbacivanja hipoteze kada je istinita je 7,815. Dobiveni χ^2 je veći od granične pa hipotezu odbacujemo, što znači da udaljenost od disperzivnog uzorka ima utjecaj na pojavu prekomjerne erozije.

H_0 = udaljenost od izvora nema utjecaj na pojavu prekomjerne erozije (ogoljina)

klasa udaljenosti (m)	površina klase udaljenosti (m^2)	A (udio površine klase udaljenosti u ukupnoj površini)	broj ogoljina (opažena frekvencija) (f_{oi})	očekivani broj ogoljina (očekivana frekvencija) (A * ukupni broj ogoljina) (f_{ei})	$f_{oi} - f_{ei}$	$(f_{oi} - f_{ei})^2$	$\frac{(f_{oi} - f_{ei})^2}{f_{ei}}$	utjecaj klase udaljenosti od izvora na pojavu procesa prekomjerne erozije
0-100	2168869	0,0498	3	1,29	1,71	2,91	2,25	+
100-200	5242004	0,1203	4	3,13	0,87	0,76	0,24	+
200-300	5727925	0,1315	9	3,42	5,58	31,16	9,12	+
više od 300	30434236	0,6985	10	18,16	-8,16	66,59	3,67	-
						$\Sigma = \chi^2$	**15,28**	

Broj stupnjeva slobode u ovom slučaju je 3, granična vrijednost χ^2 za 5 % vjerojatnosti odbacivanja hipoteze kada je istinita je 7,815. Dobiveni χ^2 je veći od granične pa hipotezu odbacujemo, što znači da udaljenost od izvora ima utjecaj na pojavu prekomjerne erozije.

H_0 = udaljenost od prometnice nema utjecaj na pojavu prekomjerne erozije (ogoljina)

klasa udaljenosti (m)	površina klase udaljenosti (m^2)	A (udio površine klase udaljenosti u ukupnoj površini)	broj ogoljina (opažena frekvencija) (f_{oi})	očekivani broj ogoljina (očekivana frekvencija) (A * ukupni broj ogoljina) (f_{ei})	$f_{oi} - f_{ei}$	$(f_{oi} - f_{ei})^2$	$\frac{(f_{oi} - f_{ei})^2}{f_{ei}}$	utjecaj klase udaljenosti od prometnice na pojavu procesa prekomjerne erozije
0-100	14833778	0,3405	6	8,83	-2,83	8,14	0,92	-
100-200	9352517	0,2146	15	5,58	9,42	88,72	15,90	+
200-300	6442304	0,1479	3	3,84	-1,16	1,34	0,35	+
više od 300	12940936	0,2970	0	7,72	-7,72	59,63	7,72	-
						$\Sigma = \chi^2$	**24,89**	

Broj stupnjeva slobode u ovom slučaju je 3, granična vrijednost χ^2 za 5 % vjerojatnosti odbacivanja hipoteze kada je istinita je 7,815. Dobiveni χ^2 je veći od granične pa hipotezu odbacujemo, što znači da udaljenost od prometnice ima utjecaj na pojavu prekomjerne erozije.

H_0 = udaljenost od raslinja nema utjecaj na pojavu prekomjerne erozije (ogoljina)

klasa udaljenosti (m)	površina klase udaljenosti (m^2)	A (udio površine klase udaljenosti u ukupnoj površini)	broj ogoljina (opažena frekvencija) (f_{oi})	očekivani broj ogoljina (očekivana frekvencija) (A * ukupni broj ogoljina) (f_{ei})	$f_{oi} - f_{ei}$	$(f_{oi} - f_{ei})^2$	$\frac{(f_{oi} - f_{ei})^2}{f_{ei}}$	utjecaj klase udaljenosti od raslinja na pojavu procesa prekomjerne erozije
0-50	4053550	0,0930	0	2,42	-2,42	5,85	2,42	-
50-100	3466044	0,0796	0	2,07	-2,07	4,28	2,07	-
100-150	3063238	0,0703	0	1,83	-1,83	3,34	1,83	-
više od 150	32989402	0,7571	26	19,68	6,32	39,88	2,03	+
						$\Sigma = \chi^2$	**8,34**	

Broj stupnjeva slobode u ovom slučaju je 3, granična vrijednost χ^2 za 5 % vjerojatnosti odbacivanja hipoteze kada je istinita je 7,815. Dobiveni χ^2 je veći od granične pa hipotezu odbacujemo, što znači da udaljenost od raslinja ima utjecaj na pojavu prekomjerne erozije.

H_0 = udaljenost od vodotoka nema utjecaj na pojavu prekomjerne erozije (ogoljina)

klasa udaljenosti (m)	površina klase udaljenosti (m^2)	A (udio površine klase udaljenosti u ukupnoj površini)	broj ogoljina (opažena frekvencija) (f_{oi})	očekivani broj ogoljina (očekivana frekvencija) (A * ukupni broj ogoljina) (f_{ei})	$f_{oi} - f_{ei}$	$(f_{oi} - f_{ei})^2$	$\frac{(f_{oi} - f_{ei})^2}{f_{ei}}$	utjecaj klase udaljenosti od vodotoka na pojavu procesa prekomjerne erozije
0-50	4053550	0,0930	15	2,42	12,58	158,29	65,44	+
50-100	3466044	0,0796	7	2,07	4,93	24,32	11,76	+
100-150	3063238	0,0703	0	1,83	-1,83	3,34	1,83	-
više od 150	32989402	0,7571	4	19,68	-15,68	246,01	12,50	-
						$\Sigma = \chi^2$	**91,52**	

Broj stupnjeva slobode u ovom slučaju je 3, granična vrijednost χ^2 za 5 % vjerojatnosti odbacivanja hipoteze kada je istinita je 7,815. Dobiveni χ^2 je veći od granične pa hipotezu odbacujemo, što znači da udaljenost od vodotoka ima utjecaj na pojavu prekomjerne erozije.

H_0 = udio frakcije gline u pokrivaču nema utjecaj na pojavu prekomjerne erozije (ogoljina)

klasa udjela (%)	površina klase udjela (m^2)	A (udio površine klase udjela u ukupnoj površini)	broj ogoljina (opažena frekvencija) (f_{oi})	očekivani broj ogoljina (očekivana frekvencija) (A * ukupni broj ogoljina) (f_{ei})	$f_{oi} - f_{ei}$	$(f_{oi} - f_{ei})^2$	$\frac{(f_{oi} - f_{ei})^2}{f_{ei}}$	utjecaj klase udjela gline u pokrivaču na pojavu procesa prekomjerne erozije
izdanci stijena	24012409	0,5511	0	14,33	-14,33	205,30	14,33	-
0-12	3333947	0,0765	0	1,99	-1,99	3,96	1,99	-
12-24	5532866	0,1270	3	3,30	-0,30	0,09	0,03	-
24-36	8476207	0,1945	12	5,06	6,94	48,19	9,53	+
36-48	2217606	0,0509	11	1,32	9,68	93,64	70,77	+
						$\Sigma = \chi^2$	**96,64**	

Broj stupnjeva slobode u ovom slučaju je 4, granična vrijednost χ^2 za 5 % vjerojatnosti odbacivanja hipoteze kada je istinita je 9,488. Dobiveni χ^2 je veći od granične pa hipotezu odbacujemo, što znači da udio frakcije glina u pokrivaču ima utjecaj na pojavu prekomjerne erozije.

H_0 = udio frakcije praha u pokrivaču nema utjecaj na pojavu prekomjerne erozije (ogoljina)

klasa udjela (%)	površina klase udjela (m^2)	A (udio površine klase udjela u ukupnoj površini)	broj ogoljina (opažena frekvencija) (f_{oi})	očekivani broj ogoljina (očekivana frekvencija) (A * ukupni broj ogoljina) (f_{ei})	$f_{oi} - f_{ei}$	$(f_{oi} - f_{ei})^2$	$\frac{(f_{oi} - f_{ei})^2}{f_{ei}}$	utjecaj klase udjela praha u pokrivaču na pojavu procesa prekomjerne erozije
izdanci stijena	24012409	0,5511	0	14,33	-14,33	205,30	14,33	-
0-18	4211241	0,0966	0	2,51	-2,51	6,31	2,51	-
18-36	4616881	0,1060	1	2,75	-1,75	3,08	1,12	-
36-54	7453955	0,1711	9	4,45	4,55	20,72	4,66	+
54-72	3278549	0,0752	16	1,96	14,04	197,23	100,82	+
						$\Sigma = \chi^2$	**123,43**	

Broj stupnjeva slobode u ovom slučaju je 4, granična vrijednost χ^2 za 5 % vjerojatnosti odbacivanja hipoteze kada je istinita je 9,488. Dobiveni χ^2 je veći od granične pa hipotezu odbacujemo, što znači da udio frakcije praha u pokrivaču ima utjecaj na pojavu prekomjerne erozije.

H_0 = udio frakcije pijeska u pokrivaču nema utjecaj na pojavu prekomjerne erozije

klasa udjela (%)	površina klase udjela (m^2)	A (udio površine klase udjela u ukupnoj površini)	broj ogoljina (opažena frekvencija) (f_{oi})	očekivani broj ogoljina (očekivana frekvencija) (A * ukupni broj ogoljina) (f_{ei})	$f_{oi} - f_{ei}$	$(f_{oi} - f_{ei})^2$	$\frac{(f_{oi} - f_{ei})^2}{f_{ei}}$	utjecaj klase udjela pijeska u pokrivaču na pojavu procesa prekomjerne erozije
izdanci stijena	24012409	0,5511	0	14,33	-14,33	205,30	14,33	-
0-11,5	16013645	0,3675	21	9,56	11,44	130,98	13,71	+
11,5-23	2878002	0,0661	5	1,72	3,28	10,78	6,28	+
23-34,5	628737	0,0144	0	0,38	-0,38	0,14	0,38	-
34,5-46	40242	0,0009	0	0,02	-0,02	0,00	0,02	-
						$\Sigma = \chi^2$	**34,71**	

Broj stupnjeva slobode u ovom slučaju je 4, granična vrijednost χ^2 za 5 % vjerojatnosti odbacivanja hipoteze kada je istinita je 9,488. Dobiveni χ^2 je veći od granične pa hipotezu odbacujemo, što znači da udio frakcije pijeska u pokrivaču ima utjecaj na pojavu prekomjerne erozije.

H_0 = udio frakcije šljunka u pokrivaču nema utjecaj na pojavu prekomjerne erozije (ogoljina)

klasa udjela (%)	površina klase udjela (m^2)	A (udio površine klase udjela u ukupnoj površini)	broj ogoljina (opažena frekvencija) (f_{oi})	očekivani broj ogoljina (očekivana frekvencija) (A * ukupni broj ogoljina) (f_{ei})	$f_{oi} - f_{ei}$	$(f_{oi} - f_{ei})^2$	$\frac{(f_{oi} - f_{ei})^2}{f_{ei}}$	utjecaj klase udjela šljunka u pokrivaču na pojavu procesa prekomjerne erozije
izdanci stijena	24012409	0,5511	0	14,33	-14,33	205,30	14,33	-
0-22	8520452	0,1955	26	5,08	20,92	437,47	86,05	+
22-44	5299046	0,1216	0	3,16	-3,16	10,00	3,16	-
44-66	2939240	0,0675	0	1,75	-1,75	3,08	1,75	-
66-88	2801888	0,0643	0	1,67	-1,67	2,80	1,67	-
						$\Sigma = \chi^2$	**106,96**	

Broj stupnjeva slobode u ovom slučaju je 4, granična vrijednost χ^2 za 5 % vjerojatnosti odbacivanja hipoteze kada je istinita je 9,488. Dobiveni χ^2 je veći od granične pa hipotezu odbacujemo, što znači da udio frakcije šljunka u pokrivaču ima utjecaj na pojavu prekomjerne erozije.

H_0 = zakrivljenost površine terena nema utjecaj na pojavu prekomjerne erozije (ogoljina)

klasa zakrivljenosti	površina klase zakrivljenosti (m^2)	A (udio površine klase zakrivljenosti u ukupnoj površini)	broj ogoljina (opažena frekvencija) (f_{oi})	očekivani broj ogoljina (očekivana frekvencija) (A * ukupni broj ogoljina) (f_{ei})	$f_{oi} - f_{ei}$	$(f_{oi} - f_{ei})^2$	$\frac{(f_{oi} - f_{ei})^2}{f_{ei}}$	utjecaj klase zakrivljenosti terena na pojavu procesa prekomjerne erozije
srlo konkavno	1874592	0,0430	2	1,12	0,88	0,78	0,69	+
konkavno	19714577	0,4523	11	11,76	-0,76	0,58	0,05	-
horizontalan teren	14430757	0,0328	1	0,85	0,15	0,02	0,03	+
konveksno	18569292	0,4262	10	11,08	-1,08	1,17	0,11	+
srlo konveksno	1982917	0,0455	2	1,18	0,82	0,67	0,56	+
						$\Sigma = \chi^2$	**1,44**	

Broj stupnjeva slobode u ovom slučaju je 4, granična vrijednost χ^2 za 5 % vjerojatnosti odbacivanja hipoteze kada je istinita je 9,488. Dobiveni χ^2 je manji od granične pa hipotezu prihvaćamo, što znači da zakrivljenost površine terena nema utjecaj na pojavu prekomjerne erozije.

PRILOG 24

HI-KVADRAT TESTOVI UTJECAJA FAKTORA NA PROCES JARUŽANJA

H_0 = pakeri zonšjita nema utjecaj na pojava jaruga

kod klase pokrova	površina klase pokrova (m^2)	A (udio površine klase pokrova u ukupnoj površini)	broj jaruga (opažena frekvencija (f_{op})	očekivani broj jaruga (očekivana frekvencija ($f_{oč}$) (A * ukupni broj jaruga)	$f_{op} - f_{oč}$	$(f_{op} - f_{oč})^2$	$\frac{(f_{op} - f_{oč})^2}{f_{oč}}$	utjecaj klase pokrova na pojava procesa jaruživanja
112	2053664	0,0471	3	14,35	-11,35	178,35	10,90	+
211	1300199	0,0298	6	10,35	-4,35	18,96	1,83	+
243	2037558	0,0468	11	14,23	-3,23	27,32	1,68	+
311	21156973	0,4856	193	168,49	24,51	600,91	3,57	+
312	890399	0,0204	18	7,09	10,91	119,01	16,78	+
313	813378	0,0187	4	6,48	-2,48	6,14	0,95	+
321	2703484	0,0621	27	21,55	5,45	29,75	0,00	+
323	4925477	0,1130	33	39,22	-6,22	38,75	0,99	+
324	4902714	0,1125	33	39,04	-6,04	36,52	0,94	-
333	2369441	0,0544	19	18,87	0,13	0,02	0,00	+
512	417748	0,0096	0	3,33	-3,33	11,07	3,33	-
						$\Sigma = \chi^2$	**40,97**	

Broj stupnjeva slobode u ovom slučaju je 10, granična vrijednost χ^2 za 5 % vjerojatnosti odbacivanja hipoteze kada je istinita je **18,307.**
Dobiveni χ^2 je veći od granične pa hipoteze odbacujemo, što znači da pokrov ima utjecaj na pojava jaruga.

H_0 = litologija nema utjecaj na pojava jaruga

energetska/ema sonska litološka jedinica	površina litološke jedinice (m^2)	A (udio površine litološke jedinice u ukupnoj površini)	broj jaruga (opažena frekvencija (f_{op})	očekivani broj jaruga (očekivana frekvencija (A * ukupni broj jaruga) ($f_{oč}$)	$f_{op} - f_{oč}$	$(f_{op} - f_{oč})^2$	$\frac{(f_{op} - f_{oč})^2}{f_{oč}}$	utjecaj litološke jedinice na pojava procesa jaruživanja
Q_k	1375025	0,0316	8	10,95	-2,95	8,70	0,79	-
Q_{ps}	3021758	0,0695	18	24,06	-6,06	36,77	1,53	-
Q_{al}	3872800	0,0891	64	30,84	33,16	1099,98	35,67	+
Q_{pal}	9039107	0,2079	75	71,98	3,02	9,09	0,13	+
Q_{bp}	1732874	0,0407	3	14,12	-11,12	123,62	8,76	-
Q_{dp}	281134	0,0065	0	2,24	-2,24	5,01	2,24	-
Pl	9360	0,0002	0	0,08	-0,08	0,01	0,08	-
$E_{1,2}$	669641	0,0108	13	3,74	9,26	85,75	22,93	+
E_3	1128314	0,0259	8	8,99	-0,99	0,97	0,11	-
P_R	48481	0,0011	0	0,39	-0,39	0,15	0,39	-
$E_{1,2}$	6754396	0,1550	55	53,79	1,21	1,47	0,03	+
K_2	15880677	0,3626	103	125,83	-22,83	521,25	4,14	+
						$\Sigma = \chi^2$	**76,78**	

Broj stupnjeva slobode u ovom slučaju je 15, granična vrijednost χ^2 za 5 % vjerojatnosti odbacivanja hipoteze kada je istinita je **19,675.**
Dobiveni χ^2 je veći od granične pa hipoteze odbacujemo, što znači da litologija ima utjecaj na pojava jaruga.

H_0 = nagib padina nema utjecaj na pojava jaruga

klasa nagiba padine (°)	površina klase nagiba padine (m^2)	A (udio površine klase nagiba padine u ukupnoj površini)	broj jaruga (opažena frekvencija (f_{op})	očekivani broj jaruga (očekivana frekvencija (A * ukupni broj jaruga) ($f_{oč}$)	$f_{op} - f_{oč}$	$(f_{op} - f_{oč})^2$	$\frac{(f_{op} - f_{oč})^2}{f_{oč}}$	utjecaj klase nagiba padine na pojava procesa jaruživanja
0-10	14589615	0,3348	65	118,19	-53,19	2828,30	22,55	+
10-20	13270188	0,2839	117	98,51	18,49	341,74	3,47	+
20-30	6418052	0,1932	77	67,84	9,96	99,31	1,48	+
30-40	1960540	0,1348	53	47,67	5,33	30,60	0,64	+
40-50	1491561	0,0342	24	11,88	12,12	146,93	12,37	+
50-60	457205	0,0105	4	3,64	0,36	0,13	0,04	+
60-70	192462	0,0044	3	1,53	1,47	2,13	1,40	+
70-80	79799	0,0018	2	0,64	1,36	1,86	2,93	+
80-90	12711	0,0003	2	0,10	1,90	3,61	35,61	+
						$\Sigma = \chi^2$	**80,49**	

Broj stupnjeva slobode u ovom slučaju je 8, granična vrijednost χ^2 za 5 % vjerojatnosti odbacivanja hipoteze kada je istinita je **15,507.**
Dobiveni χ^2 je veći od granične pa hipoteze odbacujemo, što znači da nagib padine ima utjecaj na pojava jaruga.

H_0 = disperzioni pervrlini teren nema utjecaj na pojava jaruga

disperzioni pervrlini teren	površina klase (m^2)	A (udio površine klase u ukupnoj površini)	broj jaruga (opažena frekvencija (f_{op})	očekivani broj jaruga (očekivana frekvencija (A * ukupni broj jaruga) ($f_{oč}$)	$f_{op} - f_{oč}$	$(f_{op} - f_{oč})^2$	$\frac{(f_{op} - f_{oč})^2}{f_{oč}}$	utjecaj disperzioni pervrlini teren na pojava procesa jaruživanja
nedisperzivna	43398542	0,9960	359	345,61	6,61	43,70	0,13	-
disperzivna	174402	0,0040	8	1,39	6,61	43,70	31,45	+
						$\Sigma = \chi^2$	**31,57**	

Broj stupnjeva slobode u ovom slučaju je 1, granična vrijednost χ^2 za 5 % vjerojatnosti odbacivanja hipoteze kada je istinita je **3,841.**
Dobiveni χ^2 je veći od granične pa hipoteze odbacujemo, što znači da disperzioni pervrlini teren ima utjecaj na pojava jaruga.

H_0 = orahja-palinja kršlina oborine nema utjecaj na pojava jaruga

klasa kršline oborine (mm)	površina klase kršline oborine (m^2)	A (udio površine klase kršline oborine u ukupnoj površini)	broj jaruga (opažena frekvencija (f_{op})	očekivani broj jaruga (očekivana frekvencija (A * ukupni broj jaruga) ($f_{oč}$)	$f_{op} - f_{oč}$	$(f_{op} - f_{oč})^2$	$\frac{(f_{op} - f_{oč})^2}{f_{oč}}$	utjecaj klase kršline oborine na pojava procesa jaruživanja
1360-1400	501 1092	0,1150	19	39,91	-20,91	437,08	10,95	-
1400-1600	19035033	0,4371	196	151,75	44,25	1958,27	12,90	+
1600-1800	10289821	0,2362	68	81,94	-13,90	194,45	2,37	-
1800-2000	7445589	0,1709	53	59,29	-6,29	39,53	0,67	-
2000-2600	1772299	0,0407	11	14,11	-3,1	9,59	0,68	-
						$\Sigma = \chi^2$	**27,58**	

Broj stupnjeva slobode u ovom slučaju je 4, granična vrijednost χ^2 za 5 % vjerojatnosti odbacivanja hipoteze kada je istinita je **9,488.**
Dobiveni χ^2 je veći od granične pa hipoteze odbacujemo, što znači da orahja-palinja kršlina oborine ima utjecaj na pojava jaruga.

H_0 = smjer nagiba padina nema utjecaj na pojava jaruga

klasa smjera nagiba padina	površina klase smjera nagiba padina (m^2)	A (udio površine klase smjera nagiba padina u ukupnoj površini)	broj jaruga (opažena frekvencija (f_{op})	očekivani broj jaruga (očekivana frekvencija (A * ukupni broj jaruga) ($f_{oč}$)	$f_{op} - f_{oč}$	$(f_{op} - f_{oč})^2$	$\frac{(f_{op} - f_{oč})^2}{f_{oč}}$	utjecaj klase smjera nagiba padine na pojava procesa jaruživanja
horizontalan teren	229978	0,0052	0	1,82	-1,82	3,30	1,82	-
N	2618083	0,0470	28	16,31	11,69	136,64	8,38	+
NE	4715727	0,1089	39	37,78	1,22	1,49	0,04	+
E	2527249	0,0591	22	20,52	1,48	2,18	0,11	+
SE	2759809	0,0646	23	22,29	0,71	0,50	0,02	+
S	7527573	0,1728	66	59,95	6,05	36,64	0,611	+
SW	14706335	0,3374	84	117,07	-33,07	1093,56	9,34	-
W	6545961	0,1501	37	52,09	-15,09	4,91	24,15	+
NW	2407993	0,0553	28	19,18	8,82	77,85	4,06	+
						$\Sigma = \chi^2$	**24,84**	

Broj stupnjeva slobode u ovom slučaju je 8, granična vrijednost χ^2 za 5 % vjerojatnosti odbacivanja hipoteze kada je istinita je **15,507.**
Dobiveni χ^2 je veći od granične pa hipoteze odbacujemo, što znači da smjer nagiba padine ima utjecaj na pojava jaruga.

H_0 = nadjelovni od dispezivnih nanesku nema utjecaj na pojava jaruga

klasa nadjelovni (m)	površina klase nadjelovni (m^2)	A (udio površine klase nadjelovni u ukupnoj površini)	broj jaruga (opažena frekvencija (f_{op})	očekivani broj jaruga (očekivana frekvencija (A * ukupni broj jaruga) ($f_{oč}$)	$f_{op} - f_{oč}$	$(f_{op} - f_{oč})^2$	$\frac{(f_{op} - f_{oč})^2}{f_{oč}}$	utjecaj klase nadjelovni od dispezivnih nanesku na pojava procesa jaruživanja
0-100	3996694	0,0892	16	3,18	12,82	164,27	51,61	+
100-200	6858447	0,0157	6	5,46	0,54	0,29	0,05	+
200-300	8667504	0,0198	5	6,89	-1,89	3,56	0,52	-
više od 300	41627289	0,9552	320	331,47	-11,47	131,58	0,40	-
						$\Sigma = \chi^2$	**52,58**	

Broj stupnjeva slobode u ovom slučaju je 3, granična vrijednost χ^2 za 5 % vjerojatnosti odbacivanja hipoteze kada je istinita je **7,815.**
Dobiveni χ^2 je veći od granične pa hipoteze odbacujemo, što znači da nadjelovni od dispezivnih nanesku ima utjecaj na pojava jaruga.

H_0 = nadjelovni od izvora nema utjecaj na pojava jaruga

klasa nadjelovni (m)	površina klase nadjelovni (m^2)	A (udio površine klase nadjelovni u ukupnoj površini)	broj jaruga (opažena frekvencija (f_{op})	očekivani broj jaruga (očekivana frekvencija (A * ukupni broj jaruga) ($f_{oč}$)	$f_{op} - f_{oč}$	$(f_{op} - f_{oč})^2$	$\frac{(f_{op} - f_{oč})^2}{f_{oč}}$	utjecaj klase nadjelovni od izvora na pojava procesa jaruživanja
0-100	2168869	0,0498	11	17,27	-6,27	39,34	2,28	-
100-200	5242004	0,1203	33	41,75	-8,75	76,48	1,83	-
200-300	5727925	0,1315	67	45,62	21,38	457,31	10,03	+
više od 300	30434256	0,6985	236	242,37	-6,37	40,54	0,17	-
						$\Sigma = \chi^2$	**14,30**	

Broj stupnjeva slobode u ovom slučaju je 3, granična vrijednost χ^2 za 5 % vjerojatnosti odbacivanja hipoteze kada je istinita je **7,815.**
Dobiveni χ^2 je veći od granične pa hipoteze odbacujemo, što znači da nadjelovni od izvora ima utjecaj na pojava jaruga.

H_0 = nadjelovni od prometnice nema utjecaj na pojava jaruga

klasa nadjelovni (m)	površina klase nadjelovni (m^2)	A (udio površine klase nadjelovni u ukupnoj površini)	broj jaruga (opažena frekvencija (f_{op})	očekivani broj jaruga (očekivana frekvencija (A * ukupni broj jaruga) ($f_{oč}$)	$f_{op} - f_{oč}$	$(f_{op} - f_{oč})^2$	$\frac{(f_{op} - f_{oč})^2}{f_{oč}}$	utjecaj klase nadjelovni od prometnice na pojava procesa jaruživanja
0-100	14837378	0,3405	95	118,16	-23,16	536,33	4,54	-
100-200	9552517	0,2146	94	74,48	19,52	381,03	5,12	+
200-300	6442384	0,1479	72	51,30	20,70	428,32	8,35	+
više od 300	12949036	0,2970	86	103,06	-17,06	290,94	2,82	-
						$\Sigma = \chi^2$	**20,83**	

Broj stupnjeva slobode u ovom slučaju je 3, granična vrijednost χ^2 za 5 % vjerojatnosti odbacivanja hipoteze kada je istinita je **7,815.**
Dobiveni χ^2 je veći od granične pa hipoteze odbacujemo, što znači da nadjelovni od prometnice ima utjecaj na pojava jaruga.

H_0 = nadjelovni od rasjeda nema utjecaj na pojava jaruga

klasa nadjelovni (m)	površina klase nadjelovni (m^2)	A (udio površine klase nadjelovni u ukupnoj površini)	broj jaruga (opažena frekvencija (f_{op})	očekivani broj jaruga (očekivana frekvencija (A * ukupni broj jaruga) ($f_{oč}$)	$f_{op} - f_{oč}$	$(f_{op} - f_{oč})^2$	$\frac{(f_{op} - f_{oč})^2}{f_{oč}}$	utjecaj klase nadjelovni od rasjeda na pojava procesa jaruživanja
0-50	4033550	0,0930	95	32,28	62,72	3933,67	121,86	+
50-100	3466844	0,0796	64	27,61	36,39	1324,33	47,97	+
100-150	3063238	0,0703	15	24,39	-9,61	92,41	3,79	-
više od 150	32989402	0,7571	153	262,72	-109,72	12037,53	45,82	-
						$\Sigma = \chi^2$	**218,26**	

Broj stupnjeva slobode u ovom slučaju je 3, granična vrijednost χ^2 za 5 % vjerojatnosti odbacivanja hipoteze kada je istinita je **7,815.**
Dobiveni χ^2 je veći od granične pa hipoteze odbacujemo, što znači da nadjelovni od rasjeda ima utjecaj na pojava jaruga.

H_0 = nadjelovni od vodotoka nema utjecaj na pojava jaruga

klasa nadjelovni (m)	površina klase nadjelovni (m^2)	A (udio površine klase nadjelovni u ukupnoj površini)	broj jaruga (opažena frekvencija (f_{op})	očekivani broj jaruga (očekivana frekvencija (A * ukupni broj jaruga) ($f_{oč}$)	$f_{op} - f_{oč}$	$(f_{op} - f_{oč})^2$	$\frac{(f_{op} - f_{oč})^2}{f_{oč}}$	utjecaj klase nadjelovni od vodotoka na pojava procesa jaruživanja
0-50	4033550	0,0930	85	32,28	52,72	2779,29	86,10	+
50-100	3466844	0,0796	34	27,61	6,39	40,85	1,48	+
100-150	3063238	0,0703	21	24,39	-3,39	11,52	0,47	-
više od 150	32989402	0,7571	207	262,72	-55,72	3104,25	11,82	-
						$\Sigma = \chi^2$	**99,86**	

Broj stupnjeva slobode u ovom slučaju je 3, granična vrijednost χ^2 za 5 % vjerojatnosti odbacivanja hipoteze kada je istinita je **7,815.**
Dobiveni χ^2 je veći od granične pa hipoteze odbacujemo, što znači da nadjelovni od vodotoka ima utjecaj na pojava jaruga.

H_0 = udio frakcije gline u pokrivalu nema utjecaj na pojava jaruga

klasa udjela (%)	površina klase udjela (m^2)	A (udio površine klase udjela u ukupnoj površini)	broj jaruga (opažena frekvencija (f_{op})	očekivani broj jaruga (očekivana frekvencija (A * ukupni broj jaruga) ($f_{oč}$)	$f_{op} - f_{oč}$	$(f_{op} - f_{oč})^2$	$\frac{(f_{op} - f_{oč})^2}{f_{oč}}$	utjecaj klase udjela gline u pokrivalu na pojava procesa jaruživanja
izdanci stijena	24012409	0,5311	166	191,23	-25,23	636,36	3,33	-
0-12	3333947	0,0765	9	26,53	-17,53	308,02	11,60	-
12-24	3532866	0,1270	34	44,06	-10,06	101,24	2,30	-
24-36	8476207	0,1943	83	67,30	17,70	306,20	4,54	+
36-48	2217606	0,0509	53	17,66	35,34	1248,90	70,72	+
						$\Sigma = \chi^2$	**92,48**	

Broj stupnjeva slobode u ovom slučaju je 4, granična vrijednost χ^2 za 5 % vjerojatnosti odbacivanja hipoteze kada je istinita je **9,488.**
Dobiveni χ^2 je veći od granične pa hipoteze odbacujemo, što znači da udio frakcije gline u pokrivalu ima utjecaj na pojava jaruga.

H_0 = udio frakcije praha u pokrivalu nema utjecaj na pojava jaruga

klasa udjela (%)	površina klase udjela (m^2)	A (udio površine klase udjela u ukupnoj površini)	broj jaruga (opažena frekvencija (f_{op})	očekivani broj jaruga (očekivana frekvencija (A * ukupni broj jaruga) ($f_{oč}$)	$f_{op} - f_{oč}$	$(f_{op} - f_{oč})^2$	$\frac{(f_{op} - f_{oč})^2}{f_{oč}}$	utjecaj klase udjela praha u pokrivalu na pojava procesa jaruživanja
izdanci stijena	24012409	0,5311	166	191,23	-25,23	636,36	3,33	-
0-18	4211241	0,0966	10	33,34	-23,34	553,98	16,52	-
18-36	4616881	0,1060	21	36,77	-15,77	248,60	6,76	-
36-54	7435955	0,1711	106	59,36	46,64	2175,23	36,64	+
54-72	3270349	0,0753	44	26,11	17,89	320,08	12,26	+
						$\Sigma = \chi^2$	**75,51**	

Broj stupnjeva slobode u ovom slučaju je 4, granična vrijednost χ^2 za 5 % vjerojatnosti odbacivanja hipoteze kada je istinita je **9,488.**
Dobiveni χ^2 je veći od granične pa hipoteze odbacujemo, što znači da udio frakcije praha u pokrivalu ima utjecaj na pojava jaruga.

H_0 = udio frakcije pijeska u pokrivalu nema utjecaj na pojava jaruga

klasa udjela (%)	površina klase udjela (m^2)	A (udio površine klase udjela u ukupnoj površini)	broj jaruga (opažena frekvencija (f_{op})	očekivani broj jaruga (očekivana frekvencija (A * ukupni broj jaruga) ($f_{oč}$)	$f_{op} - f_{oč}$	$(f_{op} - f_{oč})^2$	$\frac{(f_{op} - f_{oč})^2}{f_{oč}}$	utjecaj klase udjela pijeska u pokrivalu na pojava procesa jaruživanja
izdanci stijena	24012409	0,5311	166	191,23	-25,23	636,36	3,33	-
0-11,5	1601136	0,0354	8	12,75	-4,75	22,56	1,77	+
11,5-23	2870002	0,0635	29	22,92	6,08	36,97	1,61	+
23-34,5	628737	0,0144	14	5,01	8,99	80,87	16,15	+
34,5-46	40242	0,0009	0	0,32	-0,32	0,10	0,32	-
						$\Sigma = \chi^2$	**22,17**	

Broj stupnjeva slobode u ovom slučaju je 4, granična vrijednost χ^2 za 5 % vjerojatnosti odbacivanja hipoteze kada je istinita je **9,488.**
Dobiveni χ^2 je veći od granične pa hipoteze odbacujemo, što znači da udio frakcije pijeska u pokrivalu ima utjecaj na pojava jaruga.

H_0 = udio frakcije šljunka u pokrivalu nema utjecaj na pojava jaruga

klasa udjela (%)	površina klase udjela (m^2)	A (udio površine klase udjela u ukupnoj površini)	broj jaruga (opažena frekvencija (f_{op})	očekivani broj jaruga (očekivana frekvencija (A * ukupni broj jaruga) ($f_{oč}$)	$f_{op} - f_{oč}$	$(f_{op} - f_{oč})^2$	$\frac{(f_{op} - f_{oč})^2}{f_{oč}}$	utjecaj klase udjela šljunka u pokrivalu na pojava procesa jaruživanja
izdanci stijena	24012409	0,5311	166	191,23	-25,23	636,36	3,33	-
0-22	8526032	0,1935	133	67,85	65,15	4244,02	62,55	+
22-44	5299046	0,1216	36	42,20	-6,20	38,44	0,91	-
44-66	2955240	0,0675	4	23,61	-19,61	384,53	16,09	-
66-88	2001888	0,0043	8	22,31	-14,31	204,87	9,18	-
						$\Sigma = \chi^2$	**92,06**	

Broj stupnjeva slobode u ovom slučaju je 4, granična vrijednost χ^2 za 5 % vjerojatnosti odbacivanja hipoteze kada je istinita je **9,488.**
Dobiveni χ^2 je veći od granične pa hipoteze odbacujemo, što znači da udio frakcije šljunka u pokrivalu ima utjecaj na pojava jaruga.

H_0 = zakrivljenost površine terena nema utjecaj na pojava jaruga

klasa zakrivljenosti	površina klase zakrivljenosti (m^2)	A (udio površine klase zakrivljenosti u ukupnoj površini)	broj jaruga (opažena frekvencija (f_{op})	očekivani broj jaruga (očekivana frekvencija (A * ukupni broj jaruga) ($f_{oč}$)	$f_{op} - f_{oč}$	$(f_{op} - f_{oč})^2$	$\frac{(f_{op} - f_{oč})^2}{f_{oč}}$	utjecaj klase zakrivljenosti terena na pojava procesa jaruživanja
vrlo konkavno	1876592	0,0430	32	14,93	17,07	291,42	19,52	+
konkavno	19714577	0,4525	153	157,00	-2,00	4,01	0,03	-
horizontalan teren	1430737	0,0328	3	11,39	-8,39	70,46	6,18	-
konveksno	18360292	0,4282	134	147,88	-13,88	192,72	1,30	-
vrlo konveksno	1982917	0,0455	23	15,79	7,21	51,96	3,29	+
						$\Sigma = \chi^2$	**30,32**	

Broj stupnjeva slobode u ovom slučaju je 4, granična vrijednost χ^2 za 5 % vjerojatnosti odbacivanja hipoteze kada je istinita je **9,488.**
Dobiveni χ^2 je veći od granične pa hipoteze odbacujemo, što znači da zakrivljenost površine terena ima utjecaj na pojava jaruga.

H_0 = indeks jakosti toka nema utjecaj na pojava jaruga

klasa udjela (%)	površina klase udjela (m^2)	A (udio površine klase udjela u ukupnoj površini)	broj jaruga (opažena frekvencija (f_{op})	očekivani broj jaruga (očekivana frekvencija (A * ukupni broj jaruga) ($f_{oč}$)	$f_{op} - f_{oč}$	$(f_{op} - f_{oč})^2$	$\frac{(f_{op} - f_{oč})^2}{f_{oč}}$	utjecaj klase indeksa jakosti toka na pojava procesa jaruživanja
0-4	16421552	0,3392	69	83,01	-14,01	196,19	2,36	-
4-8	17689976	0,4060	125	140,90	-15,90	252,78	1,79	-
8-12	13395758	0,3075	113	106,70	8,30	68,96	0,65	+
12-16	1908602	0,0438	30	15,20	14,80	218,99	14,41	+
16-23	150275	0,0034	8	1,20	6,80	46,26	38,67	+
						$\Sigma = \chi^2$	**57,88**	

Broj stupnjeva slobode u ovom slučaju je 4, granična vrijednost χ^2 za 5 % vjerojatnosti odbacivanja hipoteze kada je istinita je **9,488.**
Dobiveni χ^2 je veći od granične pa hipoteze odbacujemo, što znači da indeks jakosti toka ima utjecaj na pojava jaruga.

H_0 = pokrov zemljišta nema utjecaj na pojavu sipara

kod klase pokrova	površina klase pokrova (m^2)	A (udio površine klase pokrova u ukupnoj površini)	broj sipara (opažena frekvencija) (f_{op})	očekivani broj sipara (očekivana frekvencija) (A * ukupni broj sipara) ($f_{oč}$)	$f_{op} - f_{oč}$	$(f_{op} - f_{oč})^2$	χ^2 $(f_{op} - f_{oč})^2 / f_{oč}$	utjecaj klase pokrova na pojavu procesa odronjavanja
112	2053664	0,0471	0	4,43	-4,43	19,63	4,43	-
231	1300199	0,0298	0	2,80	-2,80	7,87	2,80	-
243	2037558	0,0468	1	4,40	-3,40	11,53	2,62	-
311	21156973	0,4856	31	45,64	-14,64	214,38	4,70	-
312	890399	0,0204	1	1,92	-0,92	0,85	0,44	-
313	813378	0,0187	1	1,75	-0,75	0,57	0,32	-
321	2705484	0,0621	12	5,84	6,16	37,99	0,00	+
323	4925477	0,1130	34	10,63	23,37	546,36	51,42	+
324	4902714	0,1125	4	10,58	-6,58	43,25	4,09	-
333	2369441	0,0544	10	5,11	4,89	23,90	0,00	+
512	417748	0,0096	0	0,90	-0,90	0,81	0,90	-
						$\Sigma = \chi^2$	**71,73**	

Broj stupnjeva slobode u ovom slučaju je 10, granična vrijednost χ^2 za 5 % vjerojatnosti odbacivanja hipoteze kada je istinita je 18,307.
Dobiveni χ^2 je veći od graničnog pa hipotezu odbacujemo, što znači da pokrov ima utjecaj na pojavu sipara.

H_0 = litologija nema utjecaj na pojavu sipara

startigrafska oznaka litološke jedinice	površina litološke jedinice (m^2)	A (udio površine litološke jedinice u ukupnoj površini)	broj sipara (opažena frekvencija) (f_{op})	očekivani broj sipara (očekivana frekvencija) (A * ukupni broj sipara) ($f_{oč}$)	$f_{op} - f_{oč}$	$(f_{op} - f_{oč})^2$	χ^2 $(f_{op} - f_{oč})^2 / f_{oč}$	utjecaj litološke jedinice na pojavu procesa odronjavanja
Q_a	1375025	0,0316	24	2,97	21,03	442,41	149,15	+
Q_{al}	3021758	0,0693	0	6,52	-6,52	42,50	6,52	-
Q_{dl}	3872000	0,0889	0	8,35	-8,35	69,77	8,35	-
Q_{hbr2}	9039167	0,2074	3	19,50	-16,50	272,26	13,96	-
Q_{hbr1}	1772874	0,0407	2	3,82	-1,82	3,33	0,87	-
Q_{hs}	281134	0,0065	0	0,61	-0,61	0,37	0,61	-
Pl	9560	0,0002	0	0,02	-0,02	0,00	0,02	-
$E_{2,3}$	469641	0,0108	0	1,01	-1,01	1,03	1,01	-
E_2	1128316	0,0259	7	2,43	4,57	20,85	8,56	+
Pg	48481	0,0011	0	0,10	-0,10	0,01	0,10	-
$E_{1,2}$	6754396	0,1550	39	14,57	24,43	596,76	40,95	+
K_2	15800657	0,3626	19	34,09	-15,09	227,61	6,68	-
						$\Sigma = \chi^2$	**236,79**	

Broj stupnjeva slobode u ovom slučaju je 11, granična vrijednost χ^2 za 5 % vjerojatnosti odbacivanja hipoteze kada je istinita je 19,675.
Dobiveni χ^2 je veći od graničnog pa hipotezu odbacujemo, što znači da litologija ima utjecaj na pojavu sipara.

H_0 = nagib padine nema utjecaj na pojavu sipara

klasa nagiba padine (°)	površina klase nagiba padine (m^2)	A (udio površine klase nagiba padine u ukupnoj površini)	broj sipara (opažena frekvencija) (f_{op})	očekivani broj sipara (očekivana frekvencija) (A * ukupni broj sipara) ($f_{oč}$)	$f_{op} - f_{oč}$	$(f_{op} - f_{oč})^2$	χ^2 $(f_{op} - f_{oč})^2 / f_{oč}$	utjecaj klase nagiba padine na pojavu procesa odronjavanja
0-30	35377855	0,8119	28	76,32	-48,32	2335,03	30,59	-
30-35	3699957	0,0849	32	7,98	24,02	576,86	72,27	+
35-40	2260583	0,0519	30	4,88	25,12	631,17	129,42	+
40-45	993004	0,0228	3	2,14	0,86	0,74	0,34	+
45-50	498557	0,0114	1	1,08	-0,08	0,01	0,01	-
50-55	283225	0,0065	0	0,61	-0,61	0,37	0,61	-
55-60	173980	0,0040	0	0,38	-0,38	0,14	0,38	-
60-65	114955	0,0026	0	0,25	-0,25	0,06	0,25	-
65-70	77507	0,0018	0	0,17	-0,17	0,03	0,17	-
70-75	50632	0,0012	0	0,11	-0,11	0,01	0,11	-
75-80	29167	0,0007	0	0,06	-0,06	0,00	0,06	-
80-85	12013	0,0003	0	0,03	-0,03	0,00	0,03	-
85-90	700	0,0000	0	0,00	0,00	0,00	0,00	-
						$\Sigma = \chi^2$	**234,24**	

Broj stupnjeva slobode u ovom slučaju je 12, granična vrijednost χ^2 za 5 % vjerojatnosti odbacivanja hipoteze kada je istinita je 21,026.
Dobiveni χ^2 je veći od graničnog pa hipotezu odbacujemo, što znači da nagib padine ima utjecaj na pojavu sipara.

H_0 = srednja godišnja količina oborine nema utjecaj na pojavu sipara

klasa količine oborine (mm)	površina klase količine oborine (m^2)	A (udio površine klase količine oborine u ukupnoj površini)	broj sipara (opažena frekvencija) (f_{op})	očekivani broj sipara (očekivana frekvencija) (A * ukupni broj sipara) ($f_{oč}$)	$f_{op} - f_{oč}$	$(f_{op} - f_{oč})^2$	χ^2 $(f_{op} - f_{oč})^2 / f_{oč}$	utjecaj klase količine oborine na pojavu procesa odronjavanja
1260-1400	5011092	0,1150	13	10,81	2,19	4,79	0,44	+
1400-1600	19055053	0,4373	37	41,11	-4,11	16,87	0,41	-
1600-1800	10289821	0,2362	29	22,20	6,80	46,26	2,08	+
1800-2000	7444769	0,1709	15	16,06	-1,06	1,12	0,07	-
2000-2600	1772299	0,0407	0	3,82	-3,82	14,62	3,82	-
						$\Sigma = \chi^2$	**6,83**	

Broj stupnjeva slobodu u ovom slučaju je 4, granična vrijednost χ^2 za 5 % vjerojatnosti odbacivanja hipoteze kada je istinita je 9,488.
Dobiveni χ^2 je manji od graničnog pa hipotezu prihvaćamo, što znači da srednja godišnja količina oborine nema utjecaj na pojavu sipara.

H_0 = smjer nagiba padine nema utjecaj na pojavu sipara

klasa smjera nagiba padine	površina klase smjera nagiba padine (m^2)	A (udio površine klase smjera nagiba padine u ukupnoj površini)	broj sipara (opažena frekvencija) (f_{op})	očekivani broj sipara (očekivana frekvencija) (A * ukupni broj sipara) ($f_{oč}$)	$f_{op} - f_{oč}$	$(f_{op} - f_{oč})^2$	χ^2 $(f_{op} - f_{oč})^2 / f_{oč}$	utjecaj klase smjera nagiba padine na pojavu procesa odronjavanja
horizontalan teren	227978	0,0052	0	0,49	-0,49	0,24	0,49	-
N	2048085	0,0470	7	4,42	2,58	6,66	1,51	+
NE	4743727	0,1089	32	10,23	21,77	473,77	46,29	+
E	2577249	0,0591	4	5,56	-1,56	2,43	0,44	-
SE	2799009	0,0642	1	6,04	-5,04	25,39	4,20	-
S	7527373	0,1728	8	16,24	-8,24	67,88	4,180	-
SW	14700135	0,3374	37	31,71	5,29	27,95	0,88	+
W	6540586	0,1501	3	14,11	-11,11	123,44	8,75	-
NW	2407993	0,0553	2	5,19	-3,19	10,21	1,96	-
						$\Sigma = \chi^2$	**68,71**	

Broj stupnjeva slobode u ovom slučaju je 8, granična vrijednost χ^2 za 5 % vjerojatnosti odbacivanja hipoteze kada je istinita je 15,507.
Dobiveni χ^2 je veći od graničnog pa hipotezu odbacujemo, što znači da smjer nagiba padine ima utjecaj na pojavu sipara.

H_0 = udaljenost od izvora nema utjecaj na pojavu sipara

klasa udaljenosti (m)	površina klase udaljenosti (m^2)	A (udio površine klase udaljenosti u ukupnoj površini)	broj sipara (opažena frekvencija) (f_{op})	očekivani broj sipara (očekivana frekvencija) (A * ukupni broj sipara) ($f_{oč}$)	$f_{op} - f_{oč}$	$(f_{op} - f_{oč})^2$	χ^2 $(f_{op} - f_{oč})^2 / f_{oč}$	utjecaj klase udaljenosti od izvora na pojavu procesa odronjavanja
0-100	2168869	0,0498	0	4,68	-4,68	21,89	4,68	-
100-200	5242004	0,1203	1	11,31	-10,31	106,27	9,40	-
200-300	5727925	0,1315	16	12,36	3,64	13,27	1,07	+
više od 300	30434236	0,6985	77	65,66	11,34	128,69	1,96	+
						$\Sigma = \chi^2$	**17,11**	

Broj stupnjeva slobode u ovom slučaju je 3, granična vrijednost χ^2 za 5 % vjerojatnosti odbacivanja hipoteze kada je istinita je 7,815.
Dobiveni χ^2 je veći od graničnog pa hipotezu odbacujemo, što znači da udaljenost od izvora ima utjecaj na pojavu sipara.

H_0 = udaljenost od prometnice nema utjecaj na pojavu sipara

klasa udaljenosti (m)	površina klase udaljenosti (m^2)	A (udio površine klase udaljenosti u ukupnoj površini)	broj sipara (opažena frekvencija) (f_{op})	očekivani broj sipara (očekivana frekvencija) (A * ukupni broj sipara) ($f_{oč}$)	$f_{op} - f_{oč}$	$(f_{op} - f_{oč})^2$	χ^2 $(f_{op} - f_{oč})^2 / f_{oč}$	utjecaj klase udaljenosti od prometnice na pojavu procesa odronjavanja
0-100	14837278	0,3405	16	32,01	-16,01	256,27	8,01	-
100-200	9352517	0,2146	13	20,18	-7,18	51,50	2,55	-
200-300	6442304	0,1479	21	13,90	7,10	50,44	3,63	+
više od 300	12940936	0,2970	44	27,92	16,08	258,65	9,26	+
						$\Sigma = \chi^2$	**23,45**	

Broj stupnjeva slobode u ovom slučaju je 3, granična vrijednost χ^2 za 5 % vjerojatnosti odbacivanja hipoteze kada je istinita je 7,815.
Dobiveni χ^2 je veći od graničnog pa hipotezu odbacujemo, što znači da udaljenost od prometnice ima utjecaj na pojavu sipara.

H_0 = udaljenost od rasjeda nema utjecaj na pojavu sipara

klasa udaljenosti (m)	površina klase udaljenosti (m^2)	A (udio površine klase udaljenosti u ukupnoj površini)	broj sipara (opažena frekvencija) (f_{op})	očekivani broj sipara (očekivana frekvencija) (A * ukupni broj sipara) ($f_{oč}$)	$f_{op} - f_{oč}$	$(f_{op} - f_{oč})^2$	χ^2 $(f_{op} - f_{oč})^2 / f_{oč}$	utjecaj klase udaljenosti od rasjeda na pojavu procesa odronjavanja
0-50	4053550	0,0930	44	8,74	35,26	1242,94	142,14	+
50-100	3466844	0,0796	19	7,48	11,52	132,73	17,75	+
100-150	3063238	0,0703	19	6,61	12,39	153,55	23,24	+
više od 150	32989402	0,7571	12	71,17	-59,17	3500,85	49,19	-
						$\Sigma = \chi^2$	**232,31**	

Broj stupnjeva slobode u ovom slučaju je 3, granična vrijednost χ^2 za 5 % vjerojatnosti odbacivanja hipoteze kada je istinita je 7,815.
Dobiveni χ^2 je veći od graničnog pa hipotezu odbacujemo, što znači da udaljenost od rasjeda ima utjecaj na pojavu sipara.

H_0 = udaljenost od vodotoka nema utjecaj na pojavu sipara

klasa udaljenosti (m)	površina klase udaljenosti (m^2)	A (udio površine klase udaljenosti u ukupnoj površini)	broj sipara (opažena frekvencija) (f_{op})	očekivani broj sipara (očekivana frekvencija) (A * ukupni broj sipara) ($f_{oč}$)	$f_{op} - f_{oč}$	$(f_{op} - f_{oč})^2$	χ^2 $(f_{op} - f_{oč})^2 / f_{oč}$	utjecaj klase udaljenosti od vodotoka na pojavu procesa odronjavanja
0-50	4053550	0,0930	1	8,74	-7,74	59,98	6,86	-
50-100	3466844	0,0796	6	7,48	-1,48	2,19	0,29	-
100-150	3063238	0,0703	5	6,61	-1,61	2,59	0,39	-
više od 150	32989402	0,7571	82	71,17	10,83	117,33	1,65	+
						$\Sigma = \chi^2$	**9,19**	

Broj stupnjeva slobode u ovom slučaju je 3, granična vrijednost χ^2 za 5 % vjerojatnosti odbacivanja hipoteze kada je istinita je 7,815.
Dobiveni χ^2 je veći od graničnog pa hipotezu odbacujemo, što znači da udaljenost od vodotoka ima utjecaj na pojavu sipara.

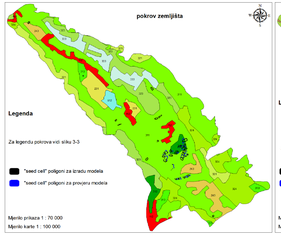
H_0 = udaljenost od granice tlo-stijena nema utjecaj na pojavu sipara

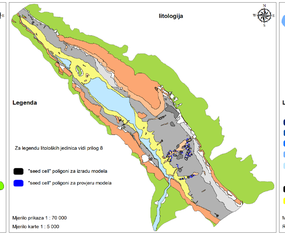
klasa udaljenosti (m)	površina klase udaljenosti (m^2)	A (udio površine klase udaljenosti u ukupnoj površini)	broj sipara (opažena frekvencija) (f_{op})	očekivani broj sipara (očekivana frekvencija) (A * ukupni broj sipara) ($f_{oč}$)	$f_{op} - f_{oč}$	$(f_{op} - f_{oč})^2$	χ^2 $(f_{op} - f_{oč})^2 / f_{oč}$	utjecaj klase udaljenosti od granice tlo-stijena na pojavu procesa odronjavanja
0-100	12972592	0,2977	63	27,99	35,01	1226,00	43,81	+
100-200	8868366	0,2035	10	19,13	-9,13	83,39	4,36	-
200-300	6287304	0,1443	13	13,56	-0,56	0,32	0,02	-
više od 300	15444772	0,3545	8	33,32	-25,32	641,05	19,24	-
						$\Sigma = \chi^2$	**67,43**	

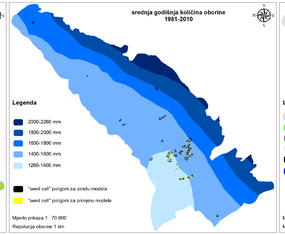
Broj stupnjeva slobode u ovom slučaju je 3, granična vrijednost χ^2 za 5 % vjerojatnosti odbacivanja hipoteze kada je istinita je 7,815.
Dobiveni χ^2 je veći od graničnog pa hipotezu odbacujemo, što znači da udaljenost od granice tlo-stijena ima utjecaj na pojavu sipara.

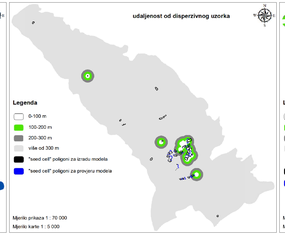
PRILOG 25

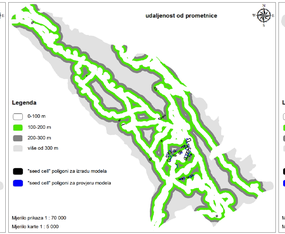
HI-KVADRAT TESTOVI UTJECAJA FAKTORA NA PROCES ODRONJAVANJA

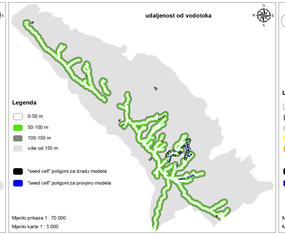


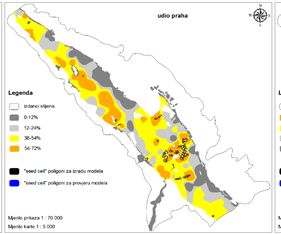


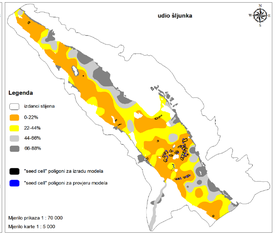


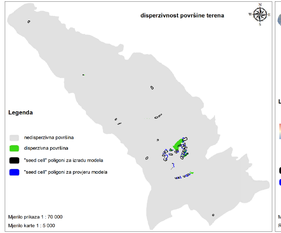


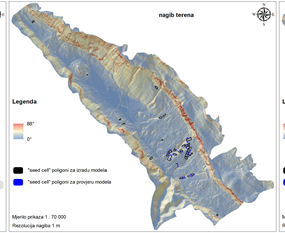


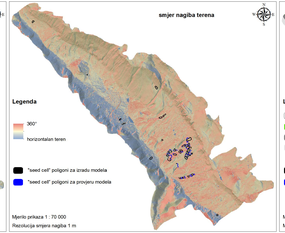


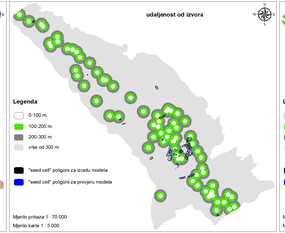


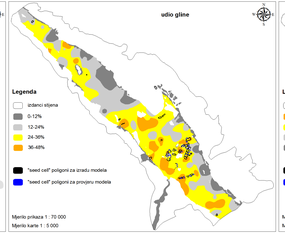


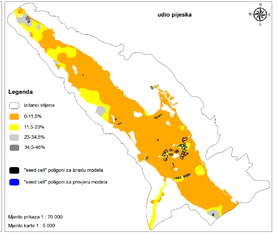












PRILOG 26

PREKLOPI FAKTORSKIH KARATA I "SEED CELL" POLIGONA KLIZIŠTA

klasa pokrova zemljišta	kod	površina klizanja u okviru klase pokrova zemljišta (m^2)	površina klase pokrova zemljišta (m^2)	ukupna površina klizanja (m^2)	ukupna površina svih klasa (m^2)	W_i	$W_i \cdot w_i$
nepovezana gruba podvrsta	112	0,00001	2053664	235591	43573035	-0,0455	0,0362
pašnjaci	231	0,00001	1300199			-0,8470	0,0531
prirodno poljoprivredno zemljište sa održavanjem sa održavanjem uključen prirodnog biljnog pokrova	243	2518	2037558			-0,6410	0,8370
bjelogorična šuma	311	174171	21156973			0,1826	0,0153
crnogorična šuma	312	56553	890399			1,0699	1,0000
mješovita šuma	313	2349	813378			-0,2724	0,8721
prirodni travnjaci	321	0,00001	2705484			-0,1652	0,0248
mediteranska grmolika vegetacija	323	0,00001	4925477			-0,4254	0,0000
sukcesija šume	324	0,00001	4905714			-0,4254	0,0002
područja s oskudnom vegetacijom	333	0,00001	2369441			-0,1076	0,0303
vodna ljeta	512	0,00001	417548			-0,3339	0,1021

stratigrafska sonda/ bušotina/ jezgrina	površina klizanja u okviru litološke jedinice (m^2)	površina litološke jedinice (m^2)	ukupna površina klizanja (m^2)	ukupna površina svih litoloških jedinica (m^2)	W_i	$W_i \cdot w_i$
$K_{1/}$	0,00001	15800657	235591	43573009	-0,9516	0,0000
$E_{1/1}$	12605	6754396			-0,4620	0,8491
P_E	0,00001	48481			-3,1435	0,2353
$E_{1/}$	386	1128316			-1,1988	0,7830
$E_{1/2}$	42354	469641			-1,2112	1,0000
PE	0,00001	9560			-0,7134	0,2886
$Q_{3/}$	809	2811134			-0,2739	0,8639
$Q_{3pl/}$	0,00001	1772874			-0,5816	0,0852
$Q_{3pl/}$	158337	9030187			-0,5111	0,0963
$Q_{4/}$	19656	3872000			-0,0274	0,8481
$Q_{4/}$	0,00001	3021758			-0,2122	0,0644
$Q_{/}$	1344	1375025			-0,7429	0,8239

klasa nagiba terena (°)	površina klizanja u okviru klase nagiba terena (m^2)	površina klase nagiba terena (m^2)	ukupna površina klizanja (m^2)	ukupna površina svih klasa (m^2)	W_i	$W_i \cdot w_i$
0-5	10117	6254838	235591	43573135	-0,5241	0,4436
5-10	32182	8334777			-0,1435	0,7132
10-15	53159	7118967			0,1425	0,9193
15-20	51138	5251221			0,2935	1,0000
20-25	40986	4389129			0,2773	0,9870
25-30	25866	4020033			0,0756	0,7501
30-40	18400	5960540			-0,2434	0,6439
40-50	3056	1491561			-0,4243	0,5148
50-90	287	742179			-0,1456	0,0000

klasa disperzivnosti tanc. Litološke jedinice	površina klizanja u okviru klase disperzivnosti površine terena (m^2)	površina klase disperzivnosti površine terena (m^2)	ukupna površina klizanja (m^2)	ukupna površina svih klasa (m^2)	W_i	$W_i \cdot w_i$
disperzivna površina	20193	1734952	235591	43573034	1,3305	1
nedisperzivna površina	215398	41398542			-0,0372	0

klasa orijenta-cije padnice/ kosine	površina klizanja u okviru klase orijentacije padnice/ kosine (m^2)	površina klase orijentacije padnice/ kosine (m^2)	ukupna površina klizanja (m^2)	ukupna površina svih klasa (m^2)	W_i	$W_i \cdot w_i$
1260-1680	51461	3011092	235591	43573034	0,2706	1,0000
1680-1680	162573	19053053			0,1981	0,5911
1680-1680	20730	10289821			-0,6207	0,9236
1800-2000	829	7444789			-1,6862	0,7878
2000-2260	0,00001	1772299			-0,9015	0,0000

klasa smjera nagiba terena	površina klizanja u okviru klase smjera nagiba terena (m^2)	površina klase smjera nagiba terena (m^2)	ukupna površina klizanja (m^2)	ukupna površina svih klasa (m^2)	W_i	$W_i \cdot w_i$
horizontalan teren	163	227978	235591	43573135	0,1322	0,0000
N	18618	2668805			0,6813	0,5532
NE	16728	4743727			0,6521	0,1857
E	12968	2157249			0,9392	0,2481
SE	25530	2799009			1,0689	0,3553
S	31253	7527372			0,8170	0,2488
SW	44348	14780135			0,5380	0,1520
W	45829	8540586			1,2959	0,4158
NW	38176	2407991			0,5523	1,0000

klasa udaljenosti od diperzivnog sloja (m)	površina klizanja u okviru klase udaljenosti od diperzivnog sloja (m^2)	površina klase udaljenosti od diperzivnog sloja (m^2)	ukupna površina klizanja (m^2)	ukupna površina svih klasa (m^2)	W_i	$W_i \cdot w_i$
0-100	20017	2168869	235591	43573034	0,7070	0,7149
100-200	52283	5243004			1,8447	0,8029
200-300	66694	5727925			2,1533	0,8330
više od 300	96597	30434236			0,5870	0,0000

klasa udaljenosti od prometnice (m)	površina klizanja u okviru klase udaljenosti od prometnice (m^2)	površina klase udaljenosti od prometnice (m^2)	ukupna površina klizanja (m^2)	ukupna površina svih klasa (m^2)	W_i	$W_i \cdot w_i$
0-100	106427	14837378	235591	43573034	0,1228	0,9378
100-200	87586	9352517			0,3276	1,0000
200-300	48054	6443388			0,0607	0,9042
više od 300	1724	12949856			-0,6984	0,0000

klasa udaljenosti od rasjeda (m)	površina klizanja u okviru klase udaljenosti od rasjeda (m^2)	površina klase udaljenosti od rasjeda (m^2)	ukupna površina klizanja (m^2)	ukupna površina svih klasa (m^2)	W_i	$W_i \cdot w_i$
0-50	13012	9698438	235591	43573035	-0,5432	0,0965
50-100	13063	7939298			-0,4456	0,0000
100-150	7434	5857702			-0,6294	0,0000
više od 150	191202	20077596			0,2638	1,0000

klasa udaljenosti od vodotoka (m)	površina klizanja u okviru klase udaljenosti od vodotoka (m^2)	površina klase udaljenosti od vodotoka (m^2)	ukupna površina klizanja (m^2)	ukupna površina svih klasa (m^2)	W_i	$W_i \cdot w_i$
0-50	82322	4053350	235591	43573034	0,7747	1,0000
50-100	62795	3466841			0,5250	0,9526
100-150	36990	3063238			0,2650	0,7651
više od 150	59961	32988402			-0,4753	0,0000

klasa udalje-nosti od glina u pukotinama	površina klizanja u okviru klase udalje-nosti od glina u pukotinama (m^2)	površina klase udalje-nosti od glina u pukotinama (m^2)	ukupna površina klizanja (m^2)	ukupna površina svih klasa (m^2)	W_i	$W_i \cdot w_i$
(%)						
udaljenost stijena	13797	2401369	235591	43573035	0,1063	0,0000
0-12	3094	3339947			0,1716	0,0133
12-24	34150	5532866			1,1416	0,2103
24-36	124262	8476207			2,7114	0,5293
36-48	60288	2217606			5,0281	1,0000

klasa udalje-nosti od pukotina	površina klizanja u okviru klase udalje-nosti od pukotina (m^2)	površina klase udalje-nosti od pukotina (m^2)	ukupna površina klizanja (m^2)	ukupna površina svih klasa (m^2)	W_i	$W_i \cdot w_i$
udaljenost stijena	13797	2401369	235591	43573035	0,1063	0,0072
0-18	1383	4211241			0,0590	0,0000
18-36	9363	8016881			0,7731	0,0680
36-54	93257	7453955			2,3139	0,3423
54-72	117831	3278549			6,4472	1,0000

klasa nagiba terena	površina klizanja u okviru klase nagiba terena (m^2)	površina klase nagiba terena (m^2)	ukupna površina klizanja (m^2)	ukupna površina svih klasa (m^2)	W_i	$W_i \cdot w_i$
0-5	10117	6254838	235591	43573135	0,2991	0,3316
5-10	32182	8334777			0,7186	0,7741
10-15	53159	7118967			1,3883	0,7614
15-20	51138	5251221			1,8011	0,9870
20-25	40986	4389129			1,7271	0,9572
25-30	25866	4020033			1,1846	0,6436
30-40	18400	5960540			0,5709	0,2887
40-50	3056	1491561			0,3765	0,1763
50-90	287	742179			0,0715	0,0000

klasa orijenta-cije padnice/ kosine	površina klizanja u okviru klase orijentacije padnice/ kosine (m^2)	površina klase orijentacije padnice/ kosine (m^2)	ukupna površina klizanja (m^2)	ukupna površina svih klasa (m^2)	W_i	$W_i \cdot w_i$
1260-1680	51461	3011092	235591	43573034	1,4991	1,0000
1680-1680	162573	19053053			1,3779	0,8308
1680-1680	20730	10289821			0,3726	0,1962
1800-2000	829	7444789			0,0266	0,0100
2000-2260	0	1772299			0,0000	0,0000

klasa udaljenosti od diperzivnog sloja (m)	površina klizanja u okviru klase udaljenosti od diperzivnog sloja (m^2)	površina klase udaljenosti od diperzivnog sloja (m^2)	ukupna površina klizanja (m^2)	ukupna površina svih klasa (m^2)	W_i	$W_i \cdot w_i$
0-100	20017	2168869	235591	43573034	1,7070	0,7149
100-200	52283	5243004			1,8447	0,8029
200-300	66694	5727925			2,1533	0,8330
više od 300	96597	30434236			0,5870	0,0000

klasa udaljenosti od prometnice (m)	površina klizanja u okviru klase udaljenosti od prometnice (m^2)	površina klase udaljenosti od prometnice (m^2)	ukupna površina klizanja (m^2)	ukupna površina svih klasa (m^2)	W_i	$W_i \cdot w_i$
0-100	106427	14837378	235591	43573034	1,3267	0,7643
100-200	87586	9352517			1,5281	1,0000
200-300	48054	6443388			1,1499	0,8408
više od 300	1724	12949856			0,0246	0,0000

klasa udaljenosti od rasjeda (m)	površina klizanja u okviru klase udaljenosti od rasjeda (m^2)	površina klase udaljenosti od rasjeda (m^2)	ukupna površina klizanja (m^2)	ukupna površina svih klasa (m^2)	W_i	$W_i \cdot w_i$
0-50	13012	9698438	235591	43573035	0,2863	0,0322
50-100	13063	7939298			0,2228	0,0351
100-150	7434	5857702			0,2347	0,0000
više od 150	191202	20077596			1,8358	1,0000

klasa udaljenosti od vodotoka (m)	površina klizanja u okviru klase udaljenosti od vodotoka (m^2)	površina klase udaljenosti od vodotoka (m^2)	ukupna površina klizanja (m^2)	ukupna površina svih klasa (m^2)	W_i	$W_i \cdot w_i$
0-50	82322	4053350	235591	43573034	1,7361	1,0000
50-100	62795	3466841			1,3500	0,8833
100-150	36990	3063238			1,0409	0,6880
više od 150	59961	32988402			0,3363	0,0000

klasa udalje-nosti od glina u pukotinama	površina klizanja u okviru klase udalje-nosti od glina u pukotinama (m^2)	površina klase udalje-nosti od glina u pukotinama (m^2)	ukupna površina klizanja (m^2)	ukupna površina svih klasa (m^2)	W_i	$W_i \cdot w_i$
(%)						
udaljenost stijena	13797	2401369	235591	43573035	0,1063	0,0000
0-12	3094	3339947			0,1716	0,0133
12-24	34150	5532866			1,1416	0,2103
24-36	124262	8476207			2,7114	0,5293
36-48	60288	2217606			5,0281	1,0000

klasa udaljenosti od pukotina	površina klizanja u okviru klase udaljenosti od pukotina (m^2)	površina klase udaljenosti od pukotina (m^2)	ukupna površina klizanja (m^2)	ukupna površina svih klasa (m^2)	W_i	$W_i \cdot w_i$
udaljenost stijena	13797	2401369	235591	43573035	0,1063	0,0072
0-18	1383	4211241			0,0590	0,0000
18-36	9363	8016881			0,7731	0,0680
36-54	93257	7453955			2,3139	0,3423
54-72	117831	3278549			6,4472	1,0000

klasa udaljenosti od rasjeda	površina klizanja u okviru klase udaljenosti od rasjeda (m^2)	površina klase udaljenosti od rasjeda (m^2)	ukupna površina klizanja (m^2)	ukupna površina svih klasa (m^2)	W_i	$W_i \cdot w_i$
0-50	13012	9698438	235591	43573035	0,2863	0,0322
50-100	13063	7939298			0,2228	0,0351
100-150	7434	5857702			0,2347	0,0000
više od 150	191202	20077596			1,8358	1,0000

klasa udaljenosti od vodotoka	površina klizanja u okviru klase udaljenosti od vodotoka (m^2)	površina klase udaljenosti od vodotoka (m^2)	ukupna površina klizanja (m^2)	ukupna površina svih klasa (m^2)	W_i	$W_i \cdot w_i$
0-50	82322	4053350	235591	43573034	1,7361	1,0000
50-100	62795	3466841			1,3500	0,8833
100-150	36990	3063238			1,0409	0,6880
više od 150	59961	32988402			0,3363	0,0000

klasa udalje-nosti od glina u pukotinama	površina klizanja u okviru klase udalje-nosti od glina u pukotinama (m^2)	površina klase udalje-nosti od glina u pukotinama (m^2)	ukupna površina klizanja (m^2)	ukupna površina svih klasa (m^2)	W_i	$W_i \cdot w_i$
(%)						
udaljenost stijena	13797	2401369	235591	43573035	0,1063	0,0000
0-12	3094	3339947			0,1716	0,0133
12-24	34150	5532866			1,1416	0,2103
24-36	124262	8476207			2,7114	0,5293
36-48	60288	2217606			5,0281	1,0000

klasa udaljenosti od pukotina	površina klizanja u okviru klase udaljenosti od pukotina (m^2)	površina klase udaljenosti od pukotina (m^2)	ukupna površina klizanja (m^2)	ukupna površina svih klasa (m^2)	W_i	$W_i \cdot w_i$
udaljenost stijena	13797	2401369	235591	43573035	0,1063	0,0000
0-18	1383	4211241			0,0590	0,0000
18-36	9363	8016881			0,7731	0,0680
36-54	93257	7453955			2,3139	0,3423
54-72	117831	3278549			6,4472	1,0000

klasa udalje-nosti od glina u pukotinama	površina klizanja u okviru klase udalje-nosti od glina u pukotinama (m^2)	površina klase udalje-nosti od glina u pukotinama (m^2)	ukupna površina klizanja (m^2)	ukupna površina svih klasa (m^2)	W_i	$W_i \cdot w_i$
(%)						
udaljenost stijena	13797	2401369	235591	43573035	0,1063	0,0000
0-12	3094	3339947			0,1716	0,0133
12-24	34150	5532866			1,1416	0,2103
24-36	124262	8476207			2,7114	0,5293
36-48	60288	2217606			5,0281	1,0000

klasa udaljenosti od pukotina	površina klizanja u okviru klase udaljenosti od pukotina (m^2)	površina klase udaljenosti od pukotina (m^2)	ukupna površina klizanja (m^2)	ukupna površina svih klasa (m^2)	W_i	$W_i \cdot w_i$
udaljenost stijena	13797	2401369	235591	43573035	0,1063	0,0000
0-18	1383	4211241			0,0590	0,0000
18-36	9363	8016881			0,7731	0,0680
36-54	93257	7453955			2,3139	0,3423
54-72	117831	3278549			6,4472	1,0000

klasa udalje-nosti od rasjeda	površina klizanja u okviru klase udaljenosti od rasjeda (m^2)	površina klase udaljenosti od rasjeda (m^2)	ukupna površina klizanja (m^2)	ukupna površina svih klasa (m^2)	W_i	$W_i \cdot w_i$
0-50	13012	9698438	235591	43573035	0,2863	0,0322
50-100	13063	7939298			0,2228	0,0351
100-150	7434	5857702			0,2347	0,0000
više od 150	191202	20077596			1,8358	1,0000

klasa udalje-nosti od vodotoka	površina klizanja u okviru klase udaljenosti od vodotoka (m^2)	površina klase udaljenosti od vodotoka (m^2)	ukupna površina klizanja (m^2)	ukupna površina svih klasa (m^2)	W_i	$W_i \cdot w_i$
0-50	82322	4053350	235591	43573034	1,7361	1,0000
50-100	62795	3466841			1,3500	0,8833
100-150	36990	3063238			1,0409	0,6880
više od 150	59961	32988402			0,3363	0,0000

klasa udalje-nosti od glina u pukotinama	površina klizanja u okviru klase udalje-nosti od glina u pukotinama (m^2)	površina klase udalje-nosti od glina u pukotinama (m^2)	ukupna površina klizanja (m^2)	ukupna površina svih klasa (m^2)	W_i	$W_i \cdot w_i$
(%)						
udaljenost stijena	13797	2401369	235591	43573035	0,1063	0,0000
0-12	3094	3339947			0,1716	0,0133
12-24	34150	5532866			1,1416	0,2103
24-36	124262	8476207			2,7114	0,5293
36-48	60288	2217606			5,0281	1,0000

klasa udaljenosti od pukotina	površina klizanja u okviru klase udaljenosti od pukotina (m^2)	površina klase udaljenosti od pukotina (m^2)	ukupna površina klizanja (m^2)	ukupna površina svih klasa (m^2)	W_i	$W_i \cdot w_i$
udaljenost stijena	13797	2401369	235591	43573035	0,1063	0,0000
0-18	1383	4211241			0,0590	0,0000
18-36	9363	8016881			0,7731	0,0680
36-54	93257	7453955			2,3139	0,3423
54-72	117831	3278549			6,4472	1,0000

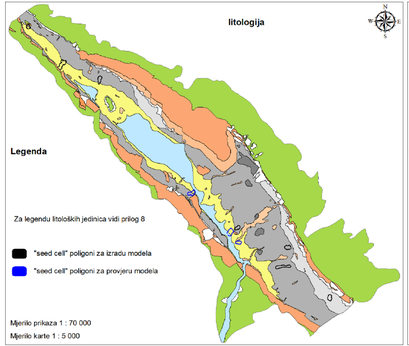
klasa udalje-nosti od rasjeda	površina klizanja u okviru klase udaljenosti od rasjeda (m^2)	površina klase udaljenosti od rasjeda (m^2)	ukupna površina klizanja (m^2)	ukupna površina svih klasa (m^2)	W_i	$W_i \cdot w_i$
0-50	13012	9698438	235591	43573035	0,2863	0,0322
50-100	13063	7939298			0,2228	0,0351
100-150	7434	5857702			0,2347	0,0000
više od 150	191202	20077596			1,8358	1,0000

klasa udalje-nosti od vodotoka	površina klizanja u okviru klase udaljenosti od vodotoka (m^2)	površina klase udaljenosti od vodotoka (m^2)	ukupna površina klizanja (m^2)	ukupna površina svih klasa (m^2)	W_i	$W_i \cdot w_i$
0-50	82322	4053350	235591	43573034	1,7361	1,0000
50-100	62795	3466841			1,3500	0,8833
100-150	36990	3063238			1,0409	0,6880
više od 150	59961	32988402			0,3363	0,0000

klasa udalje-nosti od glina u pukotinama	površina klizanja u okviru klase udalje-nosti od glina u pukotinama (m^2)	površina klase udalje-nosti od glina u pukotinama (m^2)	ukupna površina klizanja (m^2)	ukupna površina svih klasa (m^2)	W_i	$W_i \cdot w_i$
(%)						
udaljenost stijena	13797	2401369	235591	43573035	0,1063	0,0000
0-12	3094	3339947			0,1716	0,0133
12-24	34150	5532866			1,1416	0,2103
24-36	124262	8476207			2,7114	0,5293
36-48	60288	2217606			5,0281	1,0000

| klasa udalje-n

litologija



Legenda

Za legendu litoloških jedinica vidi prilog 8

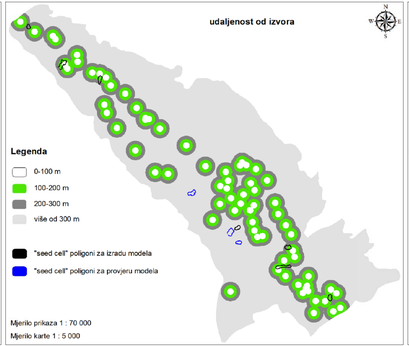
"seed cell" poligoni za izradu modela

"seed cell" poligoni za provjeru modela

Mjerilo prikaza 1 : 70 000

Mjerilo karte 1 : 5 000

udaljenost od izvora



Legenda

0-100 m

100-200 m

200-300 m

više od 300 m

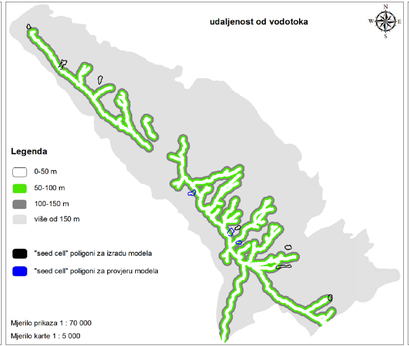
"seed cell" poligoni za izradu modela

"seed cell" poligoni za provjeru modela

Mjerilo prikaza 1 : 70 000

Mjerilo karte 1 : 5 000

udaljenost od vodotoka



Legenda

0-50 m

50-100 m

100-150 m

više od 150 m

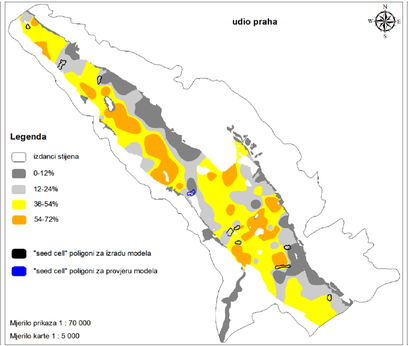
"seed cell" poligoni za izradu modela

"seed cell" poligoni za provjeru modela

Mjerilo prikaza 1 : 70 000

Mjerilo karte 1 : 5 000

udio praha



Legenda

izdanci stijena

0-12%

12-24%

36-54%

54-72%

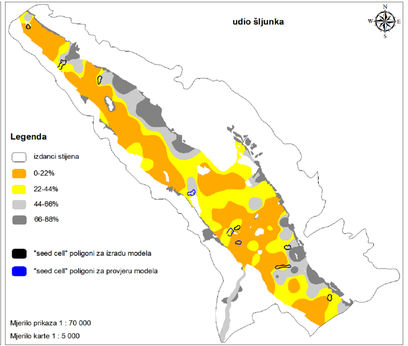
"seed cell" poligoni za izradu modela

"seed cell" poligoni za provjeru modela

Mjerilo prikaza 1 : 70 000

Mjerilo karte 1 : 5 000

udio šljunka



Legenda

izdanci stijena

0-22%

22-44%

44-66%

66-88%

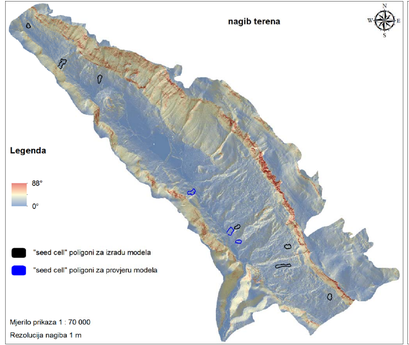
"seed cell" poligoni za izradu modela

"seed cell" poligoni za provjeru modela

Mjerilo prikaza 1 : 70 000

Mjerilo karte 1 : 5 000

nagib terena



Legenda

88°

0°

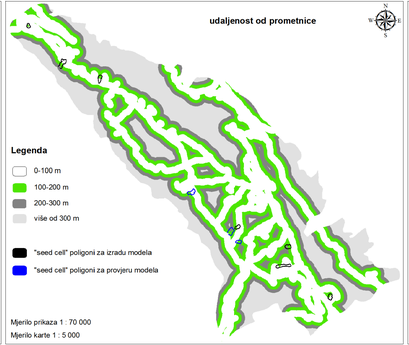
"seed cell" poligoni za izradu modela

"seed cell" poligoni za provjeru modela

Mjerilo prikaza 1 : 70 000

Rezolucija nagiba 1 m

udaljenost od prometnice



Legenda

0-100 m

100-200 m

200-300 m

više od 300 m

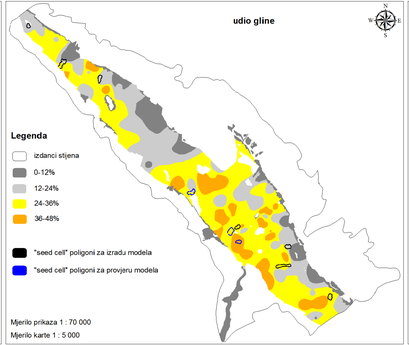
"seed cell" poligoni za izradu modela

"seed cell" poligoni za provjeru modela

Mjerilo prikaza 1 : 70 000

Mjerilo karte 1 : 5 000

udio gline



Legenda

izdanci stijena

0-12%

12-24%

24-36%

36-48%

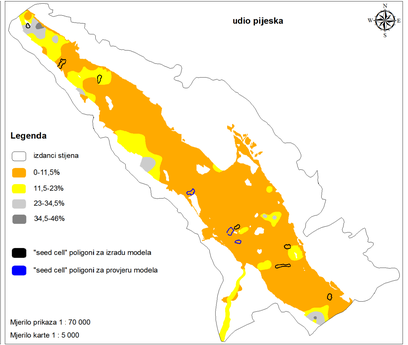
"seed cell" poligoni za izradu modela

"seed cell" poligoni za provjeru modela

Mjerilo prikaza 1 : 70 000

Mjerilo karte 1 : 5 000

udio pijeska



Legenda

izdanci stijena

0-11,5%

11,5-23%

23-34,5%

34,5-46%

"seed cell" poligoni za izradu modela

"seed cell" poligoni za provjeru modela

Mjerilo prikaza 1 : 70 000

Mjerilo karte 1 : 5 000

PRILOG 28

PREKLOPI FAKTORSKIH KARATA I "SEED CELL" POLIGONA PUZIŠTA

stratigrafska oznaka litološke jedinice	površina puzanja u sklopu litološke jedinice (m^2)	površina litološke jedinice (m^2)	ukupna površina puzanja (m^2)	ukupna površina svih litoloških jedinica (m^2)	W_i	W_m
K_2	0,00001	15800657	114391	43573009	-9,6178	0,0000
$E_{1,2}$	6	6754396			-3,4706	0,5668
Pg	2148	48481			1,2273	1,0000
E_2	0,00001	1128316			-8,4716	0,1057
$E_{2,3}$	0,00001	469641			-8,0909	0,1408
Pl	0,00001	9560			-6,3996	0,2967
O_K	0,00001	281134			-7,8681	0,1613
Q_{Bp1}	13747	1772874			0,4704	0,9302
Q_{Bp2}	69068	9039167			0,6640	0,9296
Q_B	29422	3872000			0,6616	0,9294
Q_d	0,00001	3021758			-8,8994	0,0662
Q_s	0,00001	1375025			-8,5575	0,0978

klasa nagiba terena (°)	površina puzanja u sklopu klase nagiba terena (m^2)	površina klase nagiba terena (m^2)	ukupna površina puzanja (m^2)	ukupna površina svih klasa (m^2)	W_i	W_m
0-5	15527	6254838	114391	43572135	-0,0243	0,8823
5-10	45507	8334777			0,3180	1,0000
10-15	32987	7118967			0,2467	0,9755
15-20	12043	5251221			-0,0587	0,8705
20-25	4938	4389129			-0,3680	0,7642
25-30	2192	4028923			-0,6835	0,6557
30-40	1111	5960540			-1,1488	0,4957
40-50	81	1491561			-1,6843	0,3116
50-90	5	742179			-2,5907	0,0000

klasa udaljenosti od izvora (m)	površina puzanja u sklopu klase udaljenosti od izvora (m^2)	površina klase udaljenosti od izvora (m^2)	ukupna površina puzanja (m^2)	ukupna površina svih klasa (m^2)	W_i	W_m
0-100	14776	2168869	114391	43573034	0,4141	0,8618
100-200	55774	5242004			0,6078	1,0000
200-300	30977	5727925			0,3139	0,7902
više od 300	12864	30434236			-0,7932	0,0000

klasa udaljenosti od prometnice (m)	površina puzanja u sklopu klase udaljenosti od prometnice (m^2)	površina klase udaljenosti od prometnice (m^2)	ukupna površina puzanja (m^2)	ukupna površina svih klasa (m^2)	W_i	W_m
0-100	74405	14837278	114391	43573035	0,2811	1,0000
100-200	34310	9352517			0,1453	0,9846
200-300	5676	6442304			-0,4742	0,9143
više od 300	0,0001	12940936			-8,5311	0,0000

klasa udaljenosti od vodotoka (m)	površina puzanja u sklopu klase udaljenosti od vodotoka (m^2)	površina klase udaljenosti od vodotoka (m^2)	ukupna površina puzanja (m^2)	ukupna površina svih klasa (m^2)	W_i	W_m
0-50	7427	4053550	114391	43573034	-0,1562	0,0000
50-100	9705	3466844			0,0279	0,3304
100-150	17105	3063238			0,3278	1,0000
više od 150	80154	32989402			-0,0336	0,2533

klasa udjela gline u pokrivaču (%)	površina puzanja u sklopu klase udjela gline u pokrivaču (m^2)	površina klase udjela gline u pokrivaču (m^2)	ukupna površina puzanja (m^2)	ukupna površina svih klasa (m^2)	W_i	W_m
izdanci stijena	2174	24012409	114391	43573035	-1,4624	0,0000
0-12	7823	3333947			-0,0488	0,7363
12-24	39594	5532866			0,4355	0,9885
24-36	63823	8476207			0,4576	1,0000
36-48	977	2217606			-0,7752	0,3579

klasa udjela praha u pokrivaču (%)	površina puzanja u sklopu klase udjela praha u pokrivaču (m^2)	površina klase udjela praha u pokrivaču (m^2)	ukupna površina puzanja (m^2)	ukupna površina svih klasa (m^2)	W_i	W_m
izdanci stijena	2174	24012409	114391	43573035	-1,4624	0,0000
0-18	4211241	4211241			0,0990	0,7272
18-36	58620	4616881			0,6845	1,0000
36-54	28581	7453955			0,1645	0,7578
54-72	11131	3278549			0,1117	0,7332

klasa udjela pijeska u pokrivaču (%)	površina puzanja u sklopu klase udjela pijeska u pokrivaču (m^2)	površina klase udjela pijeska u pokrivaču (m^2)	ukupna površina puzanja (m^2)	ukupna površina svih klasa (m^2)	W_i	W_m
izdanci stijena	2174	24012409	114391	43573035	-1,4624	0,7215
0-11,5	86790	16013645			0,3148	0,9521
11,5-23	17453	2878002			0,3636	0,9584
23-34,5	7974	628737			0,6840	1,0000
34,5-46	0,00001	40242			-7,0239	0,0000

klasa udjela ilijaka u pokrivaču (%)	površina puzanja u sklopu klase udjela ilijaka u pokrivaču (m^2)	površina klase udjela ilijaka u pokrivaču (m^2)	ukupna površina puzanja (m^2)	ukupna površina svih klasa (m^2)	W_i	W_m
izdanci stijena	2174	24012409	114391	43573035	-1,4624	0,0000
0-22	26159	8520452			0,0680	0,7399
22-44	54543	5299046			0,5934	0,9939
44-66	31150	2939240			0,6060	1,0000
66-88	365	2801888			-1,3043	0,0764

stratigrafska oznaka litološke jedinice	površina puzanja u sklopu litološke jedinice (m^2)	površina litološke jedinice (m^2)	ukupna površina puzanja (m^2)	ukupna površina svih litoloških jedinica (m^2)	W_i	W_m
K_2	0	15800657	114391	43573009	0,0000	0,0000
$E_{1,2}$	6	6754396			0,0003	0,0000
Pg	2148	48481			16,8767	1,0000
E_2	0	1128316			0,0000	0,0000
$E_{2,3}$	0	469641			0,0000	0,0000
Pl	0	9560			0,0000	0,0000
O_K	0	281134			0,0000	0,0000
Q_{Bp1}	13747	1772874			2,9536	0,1750
Q_{Bp2}	69068	9039167			2,9105	0,1725
Q_B	29422	3872000			2,8944	0,1715
Q_d	0	3021758			0,0000	0,0000
Q_s	0	1375025			0,0000	0,0000

klasa nagiba terena (°)	površina puzanja u sklopu klase nagiba terena (m^2)	površina klase nagiba terena (m^2)	ukupna površina puzanja (m^2)	ukupna površina svih klasa (m^2)	W_i	W_m
0-5	15527	6254838	114391	43572135	0,9456	0,4540
5-10	45507	8334777			2,0797	1,0000
10-15	32987	7118967			1,7650	0,8485
15-20	12043	5251221			0,8736	0,4193
20-25	4938	4389129			0,4285	0,2051
25-30	2192	4028923			0,2072	0,0985
30-40	1111	5960540			0,0710	0,0329
40-50	81	1491561			0,0207	0,0087
50-90	5	742179			0,0026	0,0000

klasa udaljenosti od izvora (m)	površina puzanja u sklopu klase udaljenosti od izvora (m^2)	površina klase udaljenosti od izvora (m^2)	ukupna površina puzanja (m^2)	ukupna površina svih klasa (m^2)	W_i	W_m
0-100	14776	2168869	114391	43573034	2,5951	0,6254
100-200	55774	5242004			4,0528	1,0000
200-300	30977	5727925			2,0600	0,4879
više od 300	12864	30434236			0,1610	0,0000

klasa udaljenosti od prometnice (m)	površina puzanja u sklopu klase udaljenosti od prometnice (m^2)	površina klase udaljenosti od prometnice (m^2)	ukupna površina puzanja (m^2)	ukupna površina svih klasa (m^2)	W_i	W_m
0-100	74405	14837278	114391	43573035	1,9102	1,0000
100-200	34310	9352517			1,3974	0,7316
200-300	5676	6442304			0,3356	0,1757
više od 300	0	12940936			0,0000	0,0000

klasa udaljenosti od vodotoka (m)	površina puzanja u sklopu klase udaljenosti od vodotoka (m^2)	površina klase udaljenosti od vodotoka (m^2)	ukupna površina puzanja (m^2)	ukupna površina svih klasa (m^2)	W_i	W_m
0-50	7427	4053550	114391	43573034	0,6979	0,0000
50-100	9705	3466844			1,0663	0,2578
100-150	17105	3063238			2,1270	1,0000
više od 150	80154	32989402			0,9255	0,1593

klasa udjela gline u pokrivaču (%)	površina puzanja u sklopu klase udjela gline u pokrivaču (m^2)	površina klase udjela gline u pokrivaču (m^2)	ukupna površina puzanja (m^2)	ukupna površina svih klasa (m^2)	W_i	W_m
izdanci stijena	2174	24012409	114391	43573035	0,0345	0,0000
0-12	7823	3333947			0,8938	0,3033
12-24	39594	5532866			2,7259	0,9498
24-36	63823	8476207			2,8681	1,0000
36-48	977	2217606			0,1678	0,0471

klasa udjela praha u pokrivaču (%)	površina puzanja u sklopu klase udjela praha u pokrivaču (m^2)	površina klase udjela praha u pokrivaču (m^2)	ukupna površina puzanja (m^2)	ukupna površina svih klasa (m^2)	W_i	W_m
izdanci stijena	2174	24012409	114391	43573035	0,0345	0,0000
0-18	13885	4211241			1,2559	0,2544
18-36	58620	4616881			4,8364	1,0000
36-54	28581	7453955			1,4606	0,2970
54-72	11131	3278549			1,2932	0,2621

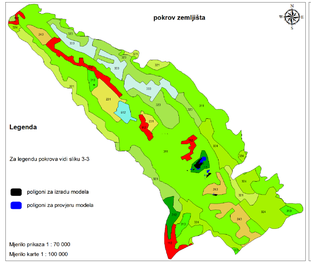
klasa udjela pijeska u pokrivaču (%)	površina puzanja u sklopu klase udjela pijeska u pokrivaču (m^2)	površina klase udjela pijeska u pokrivaču (m^2)	ukupna površina puzanja (m^2)	ukupna površina svih klasa (m^2)	W_i	W_m
izdanci stijena	2174	24012409	114391	43573035	0,0345	0,0071
0-11,5	86790	16013645			2,8645	0,4273
11,5-23	17453	2878002			2,3100	0,4782
23-34,5	7974	628737			4,8310	1,0000
34,5-46	0	40242			0,0000	0,0000

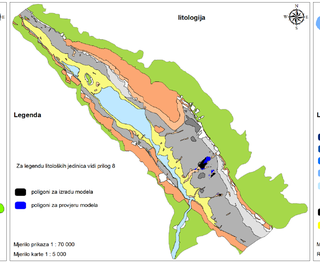
klasa udjela ilijaka u pokrivaču (%)	površina puzanja u sklopu klase udjela ilijaka u pokrivaču (m^2)	površina klase udjela ilijaka u pokrivaču (m^2)	ukupna površina puzanja (m^2)	ukupna površina svih klasa (m^2)	W_i	W_m
izdanci stijena	2174	24012409	114391	43573035	0,0345	0,0000
0-22	26159	8520452			1,1695	0,2836
22-44	54543	5299046			3,9207	0,9710
44-66	31150	2939240			4,0369	1,0000
66-88	365	2801888			0,0496	0,0038

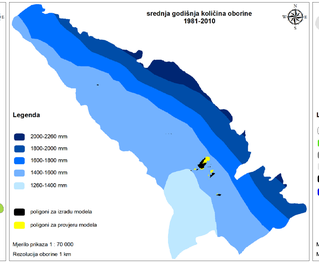
PRILOG 29

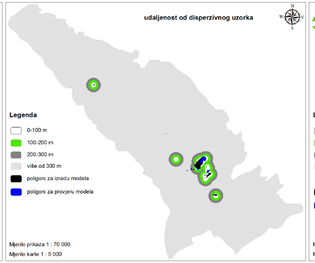
TEŽINSKI FAKTORI PUZANJA DOBIVENI UPOTREBOM " SEED CELL" POLIGONA PUZIŠTA

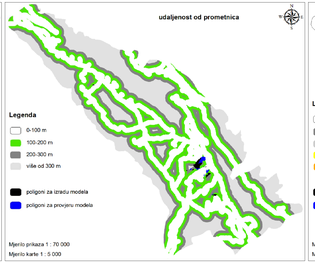
Napomena:
Lijevo od vertikalne plave crte su prikazani težinski faktori koji su rezultat primjene IVM metode, a desno FRM metode.

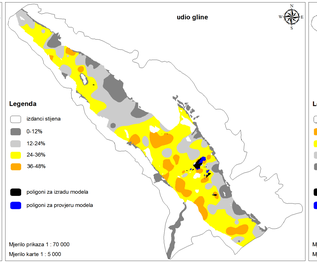


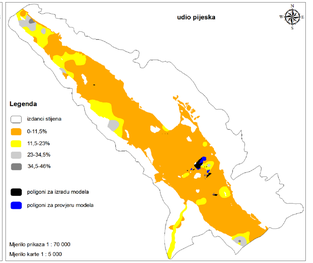


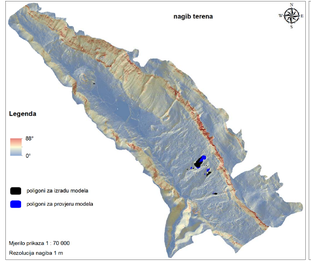


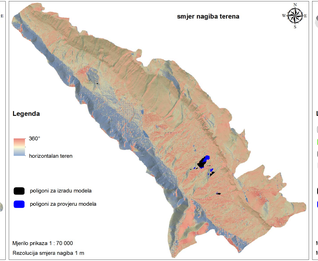


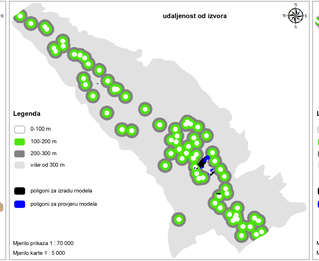


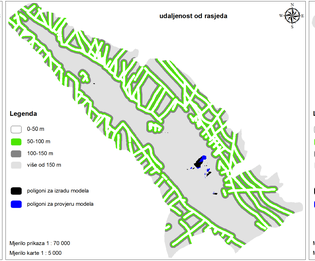


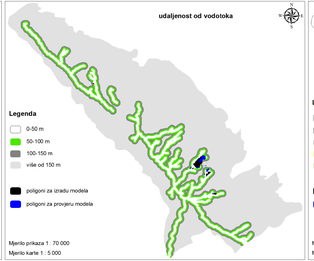


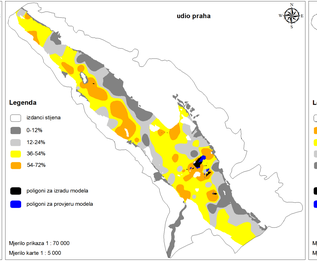


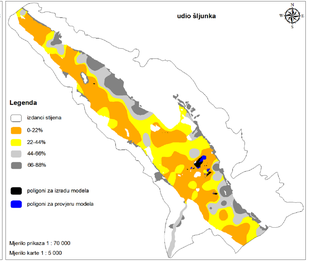












PRILOG 30

PREKLOPI FAKTORSKIH KARATA I POLIGONA OGOLINA

klasa podovra zemljišta	kod	površina squšina u sklopu klase površina zemljišta (m²)	površina klase površina zemljišta (m²)	ukupna površina squšina (m²)	ukupna površina svih klasa (m²)	W_i	W_{in}
nepovezana gnjilka podvrgla	112	0,00001	2053664	106670	43573035	-8,7014	0,0357
pašnjaci	231	0,00001	1300199			-8,5028	0,0348
površine poljoprivredne zemljišta sa značajnim udjelom prirodnog biljnog pokrova	243	2005	2037558			-0,3958	0,8167
hipljogorična šuma	311	24434	21156973			-0,3263	0,8232
crnogorična šuma	312	77999	890399			1,5337	1,0000
mješovita šuma	313	2232	813378			0,6496	0,8586
prirodni travnjaci	321	0,00001	2705484			-0,8211	0,8235
mediteranska grmolika vegetacija	323	0,00001	4925477			-0,0013	0,0000
nekrcnja šuma	324	0,00001	4902714			-0,9793	0,0002
područja s oskudnom vegetacijom	333	0,00001	2369441			-0,7635	0,0299
vodna lipta	512	0,00001	417748			-0,0097	0,1008

stratigrafska sonaka	površina squšina u sklopu litološka jedinica (m²)	površina litološka jedinica (m²)	ukupna površina squšina (m²)	ukupna površina svih litoloških jedinica (m²)	W_i	W_{in}
K_{12}	0,00001	15806817	106670	43573009	-9,3875	0,0000
$E_{1,2}$	0,00001	6754396			-9,2184	0,0323
P_2	0,00001	48481			-7,0744	0,2200
E_2	0,00001	1128316			-8,8413	0,1003
$E_{2,3}$	78724	4696461			-1,8335	1,0000
P_3	0,00001	9560			-6,3693	0,2817
Q_{12}	3986	281134			-5,7628	0,3061
Q_{abC}	0,00001	1772874			-8,6375	0,0832
Q_{abH}	19142	9039187			-4,0630	0,4338
Q_{dE}	1809	3872000			-5,7193	0,3763
Q_{fA}	0,00001	3023758			-8,4051	0,0629
Q_L	3069	1375025			-0,0487	0,8350

klasa nagiba terena	površina squšina u sklopu klase nagiba terena (m²)	površina klase nagiba terena (m²)	ukupna površina squšina (m²)	ukupna površina svih klasa (m²)	W_i	W_{in}
(°)	0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-40	40-50	50-90
0-5	4047	62543838	106670	43572135	-0,5779	0,0000
5-10	6702	83347777			-0,4835	0,1101
10-15	12586	71189867			-0,1414	0,5092
15-20	18515	5251221			0,1584	0,5585
20-25	20448	4389129			0,2798	1,0000
25-30	17502	4030923			0,2681	0,9944
30-40	19502	5960540			0,1260	0,8210
40-50	5807	1491561			0,2015	0,9091
50-90	1561	742179			-0,0059	0,5972

klasa srednjeg godišnjeg ukupnog vodnog sloja (mm)	površina squšina u sklopu klase srednjeg godišnjeg ukupnog vodnog sloja (m²)	površina klase srednjeg godišnjeg ukupnog vodnog sloja (m²)	ukupna površina squšina (m²)	ukupna površina svih klasa (m²)	W_i	W_{in}
1260-1400	485	501092	106670	43573034	-1,2531	0,8331
1400-1600	107985	19055053			0,3564	1,0000
1600-1800	19445	7668369			-0,2607	0,6510
1800-2000	0,00001	7668369			-0,2607	0,6510
2000-2260	0,00001	1772299			-0,6374	0,0783

klasa smjera nagiba terena	površina squšina u sklopu klase smjera nagiba terena (m²)	površina klase smjera nagiba terena (m²)	ukupna površina squšina (m²)	ukupna površina svih klasa (m²)	W_i	W_{in}
horizontalan teren	47	227978	106670	43572135	-1,0746	0,0000
N	2914	2668885			-0,2357	0,5300
NE	1313	4743727			-0,9467	0,0808
E	5671	2377249			-0,0463	0,4497
SE	22081	2799609			0,5082	1,0000
S	21150	7557555			0,1334	0,7643
SW	18685	14700135			-0,2847	0,4991
W	18535	6540506			0,0635	0,7191
NW	12254	2407993			0,3178	0,8797

klasa nadzemnoš od dispozicijskog sloja (m)	površina squšina u sklopu klase nadzemnoš od dispozicijskog sloja (m²)	površina klase nadzemnoš od dispozicijskog sloja (m²)	ukupna površina squšina (m²)	ukupna površina svih klasa (m²)	W_i	W_{in}
0-100	85762	3990854	106670	43573034	1,9427	1,0000
100-200	18546	6858847			1,0432	0,7603
200-300	783	864784			-0,6119	0,3672
više od 300	1579	41627789			<1,8098	0,0000

klasa nadzemnoš od izvora (m)	površina squšina u sklopu klase nadzemnoš od izvora (m²)	površina klase nadzemnoš od izvora (m²)	ukupna površina squšina (m²)	ukupna površina svih klasa (m²)	W_i	W_{in}
0-100	5193	21688869	106670	43573034	-0,0096	0,2225
100-200	14657	5243044			0,0577	0,4065
200-300	26414	5727925			0,2710	1,0000
više od 300	60406	30434236			-0,0911	0,0000

klasa udaljenosti od prometnice (m)	površina squšina u sklopu klase udaljenosti od prometnice (m²)	površina klase udaljenosti od prometnice (m²)	ukupna površina squšina (m²)	ukupna površina svih klasa (m²)	W_i	W_{in}
0-100	17382	14037378	106670	43573035	-0,3201	0,0057
100-200	16257	6442268			0,1198	0,5239
200-300	4557	6442268			-0,4588	0,0000
više od 300	9	12949936			-3,5465	0,0000

klasa udaljenosti od rasjeda (m)	površina squšina u sklopu klase udaljenosti od rasjeda (m²)	površina klase udaljenosti od rasjeda (m²)	ukupna površina squšina (m²)	ukupna površina svih klasa (m²)	W_i	W_{in}
0-50	0,00001	9698438	106670	43573035	-9,3715	0,0000
50-100	0,00001	7939299			-9,2689	0,0000
100-150	0,00001	5857702			-9,1566	0,0225
više od 150	106670	20077596			0,3365	1,0000

klasa udaljenosti od vodotoka (m)	površina squšina u sklopu klase udaljenosti od vodotoka (m²)	površina klase udaljenosti od vodotoka (m²)	ukupna površina squšina (m²)	ukupna površina svih klasa (m²)	W_i	W_{in}
0-50	71066	4053550	106670	43573034	0,8550	1,0000
50-100	30134	3466844			0,5503	0,8927
100-150	4899	3063238			0,2738	0,7601
više od 150	1461	33909402			-1,7425	0,0000

klasa udaljenosti od glina u pedotipu (%)	površina squšina u sklopu klase udaljenosti od glina u pedotipu (m²)	površina klase udaljenosti od glina u pedotipu (m²)	ukupna površina squšina (m²)	ukupna površina svih klasa (m²)	W_i	W_{in}
0-12	3110	3333947	106670	43573035	-1,1417	0,0000
12-24	10603	5332866			-0,4190	0,3569
24-36	43846	8476207			-0,1063	0,5072
36-48	43060	2217606			0,5249	0,7144
					0,9191	1,0000

klasa udaljenosti od pješaka u pedotipu (%)	površina squšina u sklopu klase udaljenosti od pješaka u pedotipu (m²)	površina klase udaljenosti od pješaka u pedotipu (m²)	ukupna površina squšina (m²)	ukupna površina svih klasa (m²)	W_i	W_{in}
indeksi stijena	4051	24012409	106670	43573035	-1,5217	0,2087
0-18	3110	4211241			-0,5293	0,4326
18-36	217	4616881			-1,7165	0,0000
36-54	9506	7453955			-0,2832	0,5184
54-72	89746	3278549			1,6487	1,0000

klasa udaljenosti od pješaka u pedotipu (%)	površina squšina u sklopu klase udaljenosti od pješaka u pedotipu (m²)	površina klase udaljenosti od pješaka u pedotipu (m²)	ukupna površina squšina (m²)	ukupna površina svih klasa (m²)	W_i	W_{in}
indeksi stijena	4051	24012409	106670	43573035	-1,5217	0,7530
0-18	3110	4211241			0,5696	1,0000
18-36	217	4616881			0,0778	0,9105
36-54	9506	7453955			-0,2832	0,7000
54-72	89746	3278549			-0,9935	0,0000

klasa nadzemnoš od dispozicijskog sloja (m)	površina squšina u sklopu klase nadzemnoš od dispozicijskog sloja (m²)	površina klase nadzemnoš od dispozicijskog sloja (m²)	ukupna površina squšina (m²)	ukupna površina svih klasa (m²)	W_i	W_{in}
0-100	85762	3990854	106670	43573035	0,0000	0,0000
100-200	18546	6858847			0,0000	0,0000
200-300	783	864784			0,0028	0,0112
više od 300	1579	41627789				

klasa nadzemnoš od izvora (m)	površina squšina u sklopu klase nadzemnoš od izvora (m²)	površina klase nadzemnoš od izvora (m²)	ukupna površina squšina (m²)	ukupna površina svih klasa (m²)	W_i	W_{in}
0-100	5193	21688869	106670	43573034	0,9780	0,1559
100-200	14657	5243044			1,1422	0,3089
200-300	26414	5727925			1,8837	1,0000
više od 300	60406	30434236			0,8108	0,0000

klasa udaljenosti od prometnice (m)	površina squšina u sklopu klase udaljenosti od prometnice (m²)	površina klase udaljenosti od prometnice (m²)	ukupna površina squšina (m²)	ukupna površina svih klasa (m²)	W_i	W_{in}
0-100	17382	14037378	106670	43573034	0,4785	0,1666
100-200	16257	6442268			1,0000	0,5000
200-300	4557	6442268			1,8705	1,0000
više od 300	9	12949936			0,0003	0,0000

klasa udaljenosti od rasjeda (m)	površina squšina u sklopu klase udaljenosti od rasjeda (m²)	površina klase udaljenosti od rasjeda (m²)	ukupna površina squšina (m²)	ukupna površina svih klasa (m²)	W_i	W_{in}
0-50	0	9698438	106670	43573035	0,0000	0,0000
50-100	0	7939299			0,0000	0,0000
100-150	0	5857702			0,0000	0,0000
više od 150	106670	20077596			2,1702	1,0000

klasa udaljenosti od vodotoka (m)	površina squšina u sklopu klase udaljenosti od vodotoka (m²)	površina klase udaljenosti od vodotoka (m²)	ukupna površina squšina (m²)	ukupna površina svih klasa (m²)	W_i	W_{in}
0-50	71066	4053550	106670	43573034	7,1615	1,0000
50-100	30134	3466844			3,5506	0,4941
100-150	4899	3063238			0,5106	0,0372
više od 150	1461	33909402			0,0181	0,0000

klasa udaljenosti od glina u pedotipu (%)	površina squšina u sklopu klase udaljenosti od glina u pedotipu (m²)	površina klase udaljenosti od glina u pedotipu (m²)	ukupna površina squšina (m²)	ukupna površina svih klasa (m²)	W_i	W_{in}
indeksi stijena	4051	24012409	106670	43573035	0,0689	0,0000
0-12	3110	3333947			0,3010	0,0379
12-24	10603	5332866			0,7828	0,0867
24-36	43846	8476207			2,1130	0,2483
36-48	43060	2217606			8,3481	1,0000

klasa udaljenosti od pješaka u pedotipu (%)	površina squšina u sklopu klase udaljenosti od pješaka u pedotipu (m²)	površina klase udaljenosti od pješaka u pedotipu (m²)	ukupna površina squšina (m²)	ukupna površina svih klasa (m²)	W_i	W_{in}
indeksi stijena	4051	24012409	106670	43573035	0,0689	0,0045
0-18	3110	4211241			0,3017	0,0353
18-36	217	4616881			0,0192	0,0000
36-54	9506	7453955			0,5209	0,0449
54-72	89746	3278549			11,1887	1,0000

klasa udaljenosti od pješaka u pedotipu (%)	površina squšina u sklopu klase udaljenosti od pješaka u pedotipu (m²)	površina klase udaljenosti od pješaka u pedotipu (m²)	ukupna površina squšina (m²)	ukupna površina svih klasa (m²)	W_i	W_{in}
indeksi stijena	4051	24012409	106670	43573035	0,0689	0,0122
0-12	3110	3333947			0,3010	0,0553
12-24	10603	5332866			0,7828	0,1424
24-36	43846	8476207			2,1130	0,3846
36-48	43060	2217606			8,3481	1,0000

klasa nagiba terena	površina squšina u sklopu klase nagiba terena (m²)	površina klase nagiba terena (m²)	ukupna površina squšina (m²)	ukupna površina svih klasa (m²)	W_i	W_{in}
(°)	0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-40	40-50	50-90
0-5	4047	62543838	106670	43572135	0,2643	0,0000
5-10	6702	83347777			0,3285	0,0292
10-15	12586	71189867			0,7222	0,2794
15-20	18515	5251221			1,4482	0,5178
20-25	20448	4389129			1,9030	1,0000
25-30	17502	4030923			1,7143	0,9214
30-40	19502	5960540			1,3365	0,6543
40-50	5807	1491561			1,5903	0,8092
50-90	1561	742179			0,9391	0,3630

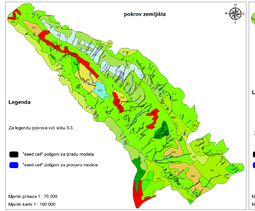
klasa srednjeg godišnjeg ukupnog vodnog sloja (mm)	površina squšina u sklopu klase srednjeg godišnjeg ukupnog vodnog sloja (m²)	površina klase srednjeg godišnjeg ukupnog vodnog sloja (m²)	ukupna površina squšina (m²)	ukupna površina svih klasa (m²)	W_i	W_{in}
1260-1400	485	501092	106670	43573034	0,0358	0,0246
1400-1600	107985	19055053			2,2758	1,0000
1600-1800	19445	7668369			0,0000	0,0000
1800-2000	0,00001	7668369			0,0000	0,0000
2000-2260	0	1772299			0,0000	0,0000

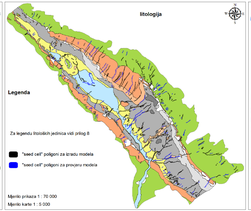
klasa smjera nagiba terena	površina squšina u sklopu klase smjera nagiba terena (m²)	površina klase smjera nagiba terena (m²)	ukupna površina squšina (m²)	ukupna površina svih klasa (m²)	W_i	W_{in}
horizontalan teren	47	227978	106670	43572135	0,0842	0,0000
N	2914	2668885			0,5032	0,1584
NE	1313	4743727			0,1131	0,0092
E	5671	2377249			0,4988	0,1584
SE	22081	2799609			3,2224	1,0000
S	21150	7557555			1,3699	0,4084
SW	18685	14700135			0,5192	0,1586
W	18535	6540506			1,1576	0,3420
NW	12254	2407993			2,0787	0,6355

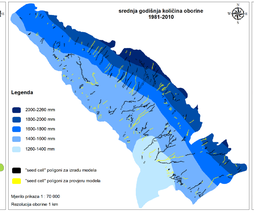
PRILOG 31

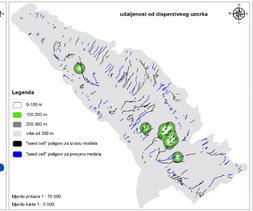
TEŽINSKI FAKTORI PREKOMJERNE EROZIJE DOBIVENI UPOTREBOM POLIGONA OGOLINA

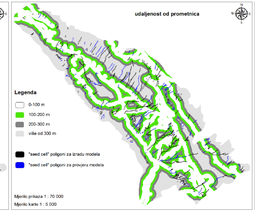
Napomena:
Lijevo od vertikalne plave crte su prikazani težinski faktori koji su rezultat primjene IVM metode, a desno FRM metode.

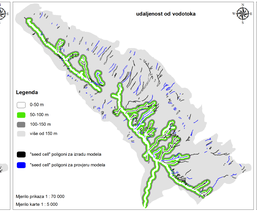


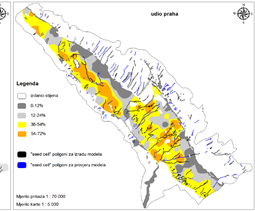


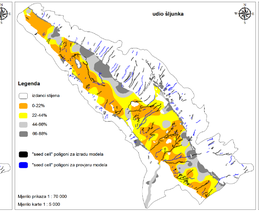


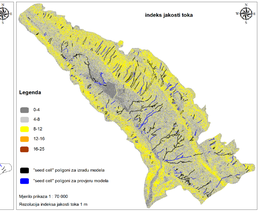


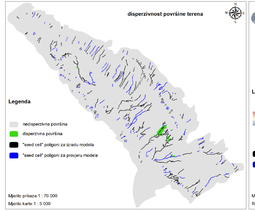


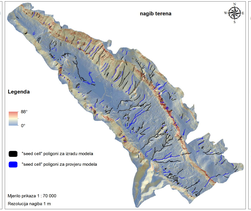


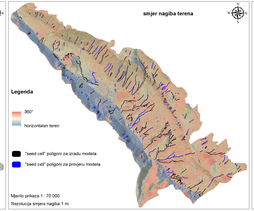


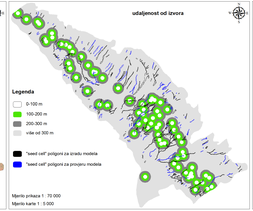


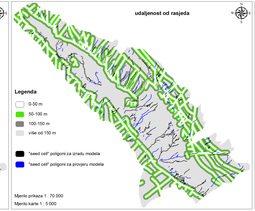


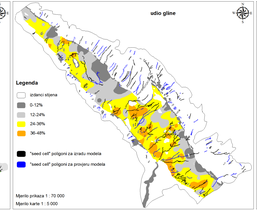


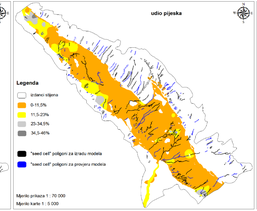


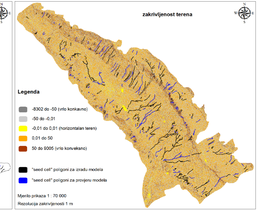












PRILOG 32

PREKLOPI FAKTORSKIH KARATA I "SEED CELL" POLIGONA JARUGA

klasa pokrova zemljišta	kod	površina jarušanja u okviru klase pokrova zemljišta (m^2)	površina klase pokrova zemljišta (m^2)	ukupna površina jarušanja (m^2)	ukupna površina svih klasa (m^2)	W_i	$W_i \cdot w_i$
nepovezana gruba podvrsta	112	18796	2053664	1237132	43573035	-0,4917	0,6759
pašnjaci	231	43030	1500199			0,0666	0,8734
prirodno poljoprivredno zemljište sa ostalim oblicima prirodnog biljnog pokrova	243	34358	2035588			-0,2263	0,7698
bjelogorična šuma	311	704991	21156973			0,0695	0,8744
crnogorična šuma	312	47175	890399			0,4244	1,0000
mješovita šuma	313	28070	813378			0,0848	0,8798
prirodni travnjaci	321	13751	2700484			-0,3272	0,7235
mediteranska grmolika vegetacija	323	157383	4925477			0,0513	0,8680
sukcesija šume	324	57742	4905714			-0,3821	0,7186
područja s oskudnom vegetacijom	333	91789	2369441			0,1349	0,8976
vodna tijela	512	47	417748			-0,4020	0,6980

klasa usjeva ugrožena terasa	površina jarušanja u okviru klase usjeva ugrožena terasa (m^2)	površina klase usjeva ugrožena terasa (m^2)	ukupna površina jarušanja (m^2)	ukupna površina svih klasa (m^2)	W_i	$W_i \cdot w_i$
horizontalan teren	1016	227978	1237130	43573135	-0,8042	0,0000
N	64516	2988085			-0,6163	0,0000
NE	65047	4743727			-0,1108	0,8606
E	65611	2577249			-0,0474	0,7203
SE	90824	2799009			0,0580	0,8206
S	266383	7927373			-0,0960	0,8164
SW	346636	14780135			-0,0807	0,6886
W	214295	6540586			0,0642	0,8261
NW	126602	2487991			0,2685	1,0000

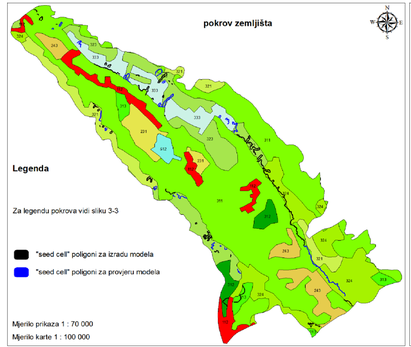
klasa usjeva ugrožena terasa	površina jarušanja u okviru klase usjeva ugrožena terasa (m^2)	površina klase usjeva ugrožena terasa (m^2)	ukupna površina jarušanja (m^2)	ukupna površina svih klasa (m^2)	W_i	$W_i \cdot w_i$
horizontalan teren	1016	227978	1237130	43573135	0,1570	0,0000
N	64516	2988085			0,1995	0,7927
NE	65047	4743727			0,4829	0,2029
E	65611	2577249			0,0966	0,6603
SE	90824	2799009			1,1429	0,6135
S	266383	7927373			1,2473	0,6785
SW	346636	14780135			0,8305	0,4191
W	214295	6540586			1,1402	0,6272
NW	126602	2487991			1,7680	1,0000

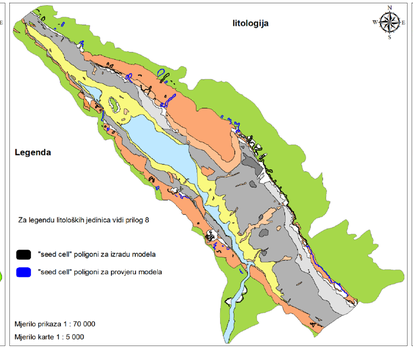
klasa usjeva ugrožena terasa	površina jarušanja u okviru klase usjeva ugrožena terasa (m^2)	površina klase usjeva ugrožena terasa (m^2)	ukupna površina jarušanja (m^2)	ukupna površina svih klasa (m^2)	W_i	$W_i \cdot w_i$
horizontalan teren	1016	227978	1237130	43573135	0,3224	0,1200
N	64516	2988085			1,1656	0,4378
NE	65047	4743727			0,4829	0,2029
E	65611	2577249			0,0966	0,6603
SE	90824	2799009			1,1429	0,6135
S	266383	7927373			1,2473	0,6785
SW	346636	14780135			0,8305	0,4191
W	214295	6540586			1,1402	0,6272
NW	126602	2487991			1,7680	1,0000

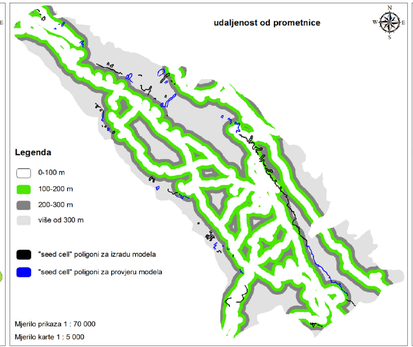
klasa nagiba terena (°)	površina jarušanja u okviru klase nagiba terena (m^2)	površina klase nagiba terena (m^2)	ukupna površina jarušanja (m^2)	ukupna površina svih klasa (m^2)	W_i	$W_i \cdot w_i$
0-5	287579	14589615	1237130	43573135	-0,1585	0,0000
5-10	401303	12370188			0,0779	0,5330
10-15	315744	8418052			0,1209	0,4558
15-20	150673	5960540			-0,0505	0,1762
20-25	47113	1495561			0,0482	0,3371
25-30	18144	457205			0,1454	0,4957
30-40	9866	192462			0,2566	0,6771
40-50	5478	79799			0,3834	0,8840
50-90	1028	12713			0,4545	1,0000

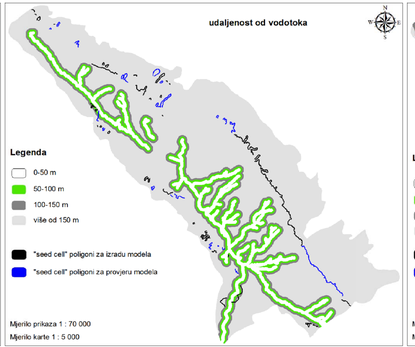
klasa nagiba terena (°)	površina jarušanja u okviru klase nagiba terena (m^2)	površina klase nagiba terena (m^2)	ukupna površina jarušanja (m^2)	ukupna površina svih klasa (m^2)	W_i	$W_i \cdot w_i$
0-5	287579	14589615	1237130	43573135	0,6942	0,0000
5-10	401303	12370188			1,1426	0,2082
10-15	315744	8418052			1,3210	0,2910
15-20	150673	5960540			0,8903	0,8918
20-25	47113	1495561			1,1173	0,1964
25-30	18144	457205			1,3077	0,3266
30-40	9866	192462			1,4053	0,5160
40-50	5478	79799			2,4178	0,8803
50-90	1028	12713			2,4480	1,0000

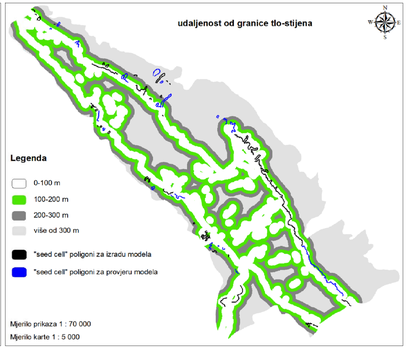
klasa usjeva ugrožena terasa	površina jarušanja u okviru klase usjeva ugrožena terasa (m^2)	površina klase usjeva ugrožena terasa (m^2)	ukupna površina jarušanja (m^2)	ukupna površina svih klasa (m^2)	W_i	$W_i \cdot w_i$
horizontalan teren	1016	227978	1237130	43573135	0,1570	0,0000
N	64516	2988085			0,1995	0,7927
NE	65047	4743727			0,4829	0,2029
E	65611	2577249			0,0966	0,6603
SE	90824	2799009			1,1429	0,6135
S	266383	7927373			1,2473	0,6785
SW	346636	14780135			0,8305	0,4191
W	214295	6540586			1,1402	0,6272
NW	126602	2487991			1,7680

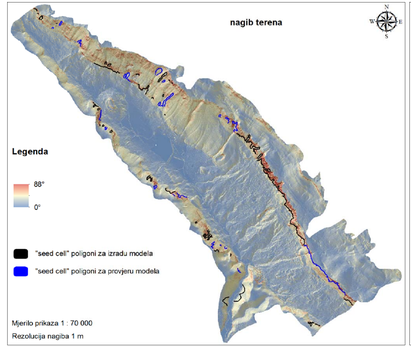


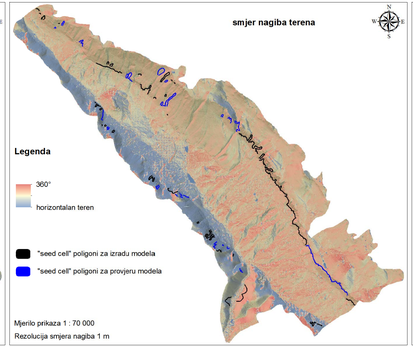


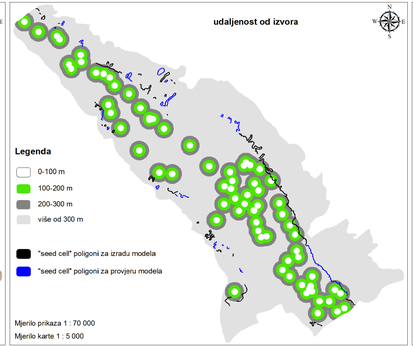


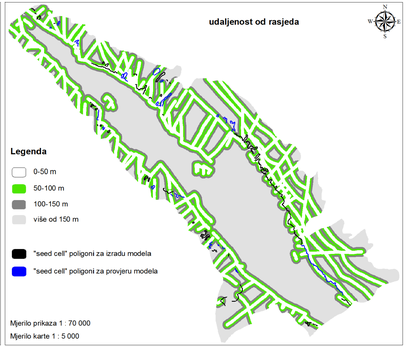












PRILOG 34

PREKLOPI FAKTORSKIH KARATA I "SEED CELL" POLIGONA SIPARA

klasa pokrova zemljišta	kod	površina sipara u sklopu klase pokrova zemljišta (m^2)	površina klase pokrova zemljišta (m^2)	ukupna površina sipara (m^2)	ukupna površina svih klasa (m^2)	W_i	W_{in}
nepovezana gradska područja	112	342	2053664	462983	43573035	-1,8049	0,7687
pašnjaci	231	0,00001	1300199			-9,1404	0,0199
pretežno poljoprivredno zemljište sa značajnim udjelom prirodnog biljnog pokrova	243	0,00001	2037558			-9,3355	0,0000
bjelogorična šuma	311	94606	21156973			-0,3759	0,9146
crnogorična šuma	312	10963	890399			0,0640	0,9595
mješovita šuma	313	19696	813378			0,3577	0,9895
prirodni travnjaci	321	43583	2705484			0,1807	0,9714
mediteranska grmolika vegetacija	323	151099	4925477			0,4605	1,0000
sukcesija šume	324	91124	4902714			0,2428	0,9778
područja s oskudnom vegetacijom	333	51570	2369441			0,3114	0,9848
vodna tijela	512	0,00001	417748			-8,6473	0,0703

stratigrafska oznaka litološke jedinice	površina sipara u sklopu litološke jedinice (m^2)	površina litološke jedinice (m^2)	ukupna površina sipara (m^2)	ukupna površina svih litoloških jedinica (m^2)	W_i	W_{in}
K_2	165219	15800657	462983	43573009	-0,0070	0,9256
$E_{1,2}$	164456	6754396			0,3601	0,9596
Pg	0,00001	48481			-7,7119	0,2107
E_2	41928	1128316			0,5437	0,9767
$E_{3,3}$	0,00001	609641			-8,6981	0,1192
Pl	0,00001	9560			-7,0068	0,2761
Q_{ds}	0,00001	281134			-8,4753	0,1398
Q_{dpl}	176	1772874			-2,0295	0,7379
Q_{dpl}	0,00001	9039167			-9,9825	0,0000
Q_{dp}	0,00001	3872000			-9,6143	0,0342
Q_{dr}	0,00001	3021758			-9,5066	0,0442
Q_r	91204	1375025			0,7954	1,0000

klasa nagiba terena (°)	površina sipara u sklopu klase nagiba terena (m^2)	površina klase nagiba terena (m^2)	ukupna površina sipara (m^2)	ukupna površina svih klasa (m^2)	W_i	W_{in}
0-30	74829	353778555	462975	43572135	-0,7010	0,0000
30-35	86069	3699957			0,3403	0,4821
35-40	97955	2260583			0,6105	0,6072
40-45	60749	993004			0,7602	0,6765
45-50	41778	498557			0,8969	0,7398
50-55	30608	283225			1,0074	0,7909
55-60	22919	173980			1,0933	0,8307
60-65	17365	114955			1,1528	0,8583
65-70	13315	77507			1,2087	0,8841
70-75	9177	50632			1,2319	0,8949
75-80	5559	29167			1,2538	0,9050
80-85	2438	12013			1,2810	0,9176
85-90	214	700			1,4590	1,0000

klasa smjera nagiba terena	površina sipara u sklopu klase smjera nagiba terena (m^2)	površina klase smjera nagiba terena (m^2)	ukupna površina sipara (m^2)	ukupna površina svih klasa (m^2)	W_i	W_{in}
horizontalan teren	0,00001	227978	462975	43572135	-8,3842	0,0000
N	28907	2048085			0,1233	0,9999
NE	67084	4743727			0,1242	1,0000
E	32399	2577249			0,0730	0,9940
SE	18798	2799009			-0,1992	0,9620
S	69952	7527373			-0,0582	0,9786
SW	143167	14700135			-0,0378	0,9810
W	75621	6540586			0,0367	0,9897
NW	27047	2407993			0,0241	0,9882

klasa udaljenosti od izvora (m)	površina sipara u sklopu klase udaljenosti od izvora (m^2)	površina klase udaljenosti od izvora (m^2)	ukupna površina sipara (m^2)	ukupna površina svih klasa (m^2)	W_i	W_{in}
0-100	3877	21688869	462983	43573034	-0,7741	0,0000
100-200	27808	5242004			-0,3017	0,4880
200-300	95114	5727925			0,1939	1,0000
više od 300	336184	30434236			0,0169	0,8171

klasa udaljenosti od prometnice (m)	površina sipara u sklopu klase udaljenosti od prometnice (m^2)	površina klase udaljenosti od prometnice (m^2)	ukupna površina sipara (m^2)	ukupna površina svih klasa (m^2)	W_i	W_{in}
0-100	93535	14837278	462983	43573035	-0,2267	0,0000
100-200	104413	9352517			0,0215	0,7379
200-300	88048	6442304			0,1093	0,9991
više od 300	176987	12940936			0,1096	1,0000

klasa udaljenosti od rasjeda (m)	površina sipara u sklopu klase udaljenosti od rasjeda (m^2)	površina klase udaljenosti od rasjeda (m^2)	ukupna površina sipara (m^2)	ukupna površina svih klasa (m^2)	W_i	W_{in}
0-50	211868	9698438	462983	43573035	0,3130	1,0000
50-100	103028	7939299			0,0868	0,7239
100-150	81581	5857702			0,1175	0,9414
više od 150	66506	20077596			-0,5062	0,0000

klasa udaljenosti od vodotoka (m)	površina sipara u sklopu klase udaljenosti od vodotoka (m^2)	površina klase udaljenosti od vodotoka (m^2)	ukupna površina sipara (m^2)	ukupna površina svih klasa (m^2)	W_i	W_{in}
0-50	2222	4053550	462983	43573034	-1,2874	0,0000
50-100	15293	3466844			-0,3818	0,6576
100-150	14446	3063238			-0,3528	0,6787
više od 150	431022	32989402			0,0898	1,0000

klasa udaljenosti od granice tlo-stijena (m)	površina sipara u sklopu klase udaljenosti od granice tlo-stijena (m^2)	površina klase udaljenosti od granice tlo-stijena (m^2)	ukupna površina sipara (m^2)	ukupna površina svih klasa (m^2)	W_i	W_{in}
0-100	354351	12972592	462983	43573034	0,4101	1,0000
100-200	61425	8868366			-0,1858	0,4805
200-300	17142	6287304			-0,5908	0,1276
više od 300	30065	15444772			-0,7371	0,0000

klasa pokrova zemljišta	kod	površina sipara u sklopu klase pokrova zemljišta (m^2)	površina klase pokrova zemljišta (m^2)	ukupna površina sipara (m^2)	ukupna površina svih klasa (m^2)	W_i	W_{in}
nepovezana gradska područja	112	342	2053664	462983	43573035	0,0157	0,0054
pašnjaci	231	0	1300199			0,0000	0,0000
pretežno poljoprivredno zemljište sa značajnim udjelom prirodnog biljnog pokrova	243	0	2037558			0,0000	0,0000
bjelogorična šuma	311	94606	21156973			0,4208	0,1458
crnogorična šuma	312	10963	890399			1,1588	0,4014
mješovita šuma	313	19696	813378			2,2790	0,7894
prirodni travnjaci	321	43583	2705484			1,5161	0,5251
mediteranska grmolika vegetacija	323	151099	4925477			2,8871	1,0000
sukcesija šume	324	91124	4902714			1,7492	0,6059
područja s oskudnom vegetacijom	333	51570	2369441			2,0483	0,7095
vodna tijela	512	0	417748			0,0000	0,0000

stratigrafska oznaka litološke jedinice	površina sipara u sklopu litološke jedinice (m^2)	površina litološke jedinice (m^2)	ukupna površina sipara (m^2)	ukupna površina svih litoloških jedinica (m^2)	W_i	W_{in}
K_2	165219	15800657	462983	43573009	0,9841	0,1576
$E_{1,2}$	164456	6754396			2,2915	0,3671
Pg	0	48481			0,0000	0,0000
E_2	41928	1128316			3,4972	0,5602
$E_{3,3}$	0	609641			0,0000	0,0000
Pl	0	9560			0,0000	0,0000
Q_{ds}	0	281134			0,0000	0,0000
Q_{dpl}	176	1772874			0,0093	0,0015
Q_{dpl}	0	9039167			0,0000	0,0000
Q_{dp}	0	3872000			0,0000	0,0000
Q_{dr}	0	3021758			0,0000	0,0000
Q_r	91204	1375025			6,2425	1,0000

klasa nagiba terena (°)	površina sipara u sklopu klase nagiba terena (m^2)	površina klase nagiba terena (m^2)	ukupna površina sipara (m^2)	ukupna površina svih klasa (m^2)	W_i	W_{in}
0-30	74829	353778555	462975	43572135	0,1991	0,0000
30-35	86069	3699957			2,1893	0,0697
35-40	97955	2260583			4,0781	0,1358
40-45	60749	993004			5,7576	0,1945
45-50	41778	498557			7,2865	0,2690
50-55	30608	283225			10,1708	0,3490
55-60	22919	173980			12,3979	0,4269
60-65	17365	114955			14,2167	0,4906
65-70	13315	77507			16,1678	0,5589
70-75	9177	50632			17,0580	0,5900
75-80	5559	29167			17,9373	0,6208
80-85	2438	12013			19,1000	0,6615
85-90	214	700			28,7718	1,0000

klasa smjera nagiba terena	površina sipara u sklopu klase smjera nagiba terena (m^2)	površina klase smjera nagiba terena (m^2)	ukupna površina sipara (m^2)	ukupna površina svih klasa (m^2)	W_i	W_{in}
horizontalan teren	0	227978	462975	43572135	0,0000	0,0000
N	28907	2048085			1,3283	0,9981
NE	67084	4743727			1,3309	1,0000
E	32399	2577249			1,1831	0,8889
SE	18798	2799009			0,6321	0,4749
S	69952	7527373			0,8746	0,6571
SW	143167	14700135			0,9166	0,6887
W	75621	6540586			1,0881	0,8176
NW	27047	2407993			1,0571	0,7943

klasa udaljenosti od izvora (m)	površina sipara u sklopu klase udaljenosti od izvora (m^2)	površina klase udaljenosti od izvora (m^2)	ukupna površina sipara (m^2)	ukupna površina svih klasa (m^2)	W_i	W_{in}
0-100	3877	2168869	462983	43573034	0,1682	0,0000
100-200	27808	5242004			0,4993	0,2374
200-300	95114	5727925			1,5628	1,0000
više od 300	336184	30434236			1,0396	0,6248

klasa udaljenosti od prometnice (m)	površina sipara u sklopu klase udaljenosti od prometnice (m^2)	površina klase udaljenosti od prometnice (m^2)	ukupna površina sipara (m^2)	ukupna površina svih klasa (m^2)	W_i	W_{in}
0-100	93535	14837278	462983	43573035	0,5933	0,0000
100-200	104413	9352517			1,0507	0,6592
200-300	88048	6442304			1,2863	0,9987
više od 300	176987	12940936			1,2871	1,0000

klasa udaljenosti od rasjeda (m)	površina sipara u sklopu klase udaljenosti od rasjeda (m^2)	površina klase udaljenosti od rasjeda (m^2)	ukupna površina sipara (m^2)	ukupna površina svih klasa (m^2)	W_i	W_{in}
0-50	211868	9698438	462983	43573035	2,0560	1,0000
50-100	103028	7939299			1,2213	0,5215
100-150	81581	5857702			1,3107	0,5727
više od 150	66506	20077596			0,3117	0,0000

klasa udaljenosti od vodotoka (m)	površina sipara u sklopu klase udaljenosti od vodotoka (m^2)	površina klase udaljenosti od vodotoka (m^2)	ukupna površina sipara (m^2)	ukupna površina svih klasa (m^2)	W_i	W_{in}
0-50	2222	4053550	462983	43573034	0,0516	0,0000
50-100	15293	3466844			0,4152	0,3086
100-150	14446	3063238			0,4438	0,3330
više od 150	431022	32989402			1,2296	1,0000

klasa udaljenosti od granice tlo-stijena (m)	površina sipara u sklopu klase udaljenosti od granice tlo-stijena (m^2)	površina klase udaljenosti od granice tlo-stijena (m^2)	ukupna površina sipara (m^2)	ukupna površina svih klasa (m^2)	W_i	W_{in}
0-100	354351	12972592	462983	43573034	2,5707	1,0000
100-200	61425	8868366			0,6519	0,1963
200-300	17142	6287304			0,2566	0,0307
više od 300	30065	15444772			0,1832	0,0000

PRILOG 35

TEŽINSKI FAKTORI ODRONJAVANJA DOBIVENI UPOTREBOM "SEED CELL" POLIGONA SIPARA

Napomena:
Lijevo od vertikalne plave crte su prikazani težinski faktori koji su rezultat primjene IVM metode, a desno FRM metode.

PRILOG 36

TEŽINE FAKTORSKIH KARATA

podložnost klizanju - IVM - s granulometrijom		
Utjecajni faktor	**Težina faktorske karte**	**%**
litologija	29,52	19,68
pokrov zemljišta	27,78	18,52
udio šljunka u pokrivaču	26,07	17,38
srednja godišnja količina oborine	24,51	16,34
udio praha u pokrivaču	5,43	3,62
udio pijeska u pokrivaču	5,12	3,41
udaljenost od prometnice	4,89	3,26
udaljenost od disperzivnog uzorka	4,73	3,15
udio gline u pokrivaču	4,43	2,96
nagib terena	3,71	2,47
disperzivnost površine terena	3,62	2,41
smjer nagiba terena	3,56	2,37
udaljenost od vodotoka	2,77	1,85
udaljenost od rasjeda	2,36	1,58
udaljenost od izvora	1,49	1,00

podložnost klizanju - IVM - bez granulometrije		
Utjecajni faktor	**Težina faktorske karte**	**%**
litologija	29,80	27,10
pokrov zemljišta	28,05	25,50
srednja godišnja količina oborine	24,75	22,50
udaljenost od prometnice	4,93	4,48
udaljenost od disperzivnog uzorka	4,77	4,34
nagib terena	3,74	3,40
disperzivnost površine terena	3,65	3,32
smjer nagiba terena	3,60	3,27
udaljenost od vodotoka	2,80	2,55
udaljenost od rasjeda	2,39	2,17
udaljenost od izvora	1,51	1,37

podložnost klizanju - FRM - s granulometrijom		
Utjecajni faktor	**Težina faktorske karte**	**%**
udaljenost od disperzivnog uzorka	39,02	26,01
disperzivnost površine terena	25,87	17,25
litologija	21,01	14,01
pokrov zemljišta	14,84	9,89
udio pijeska u pokrivaču	11,40	7,60
udio praha u pokrivaču	8,32	5,55
udio gline u pokrivaču	6,22	4,14
udio šljunka u pokrivaču	5,65	3,77
udaljenost od vodotoka	4,32	2,88
smjer nagiba terena	3,54	2,36
srednja godišnja količina oborine	2,40	1,60
nagib terena	2,18	1,46
udaljenost od rasjeda	2,02	1,35
udaljenost od izvora	1,98	1,32
udaljenost od prometnice	1,23	0,82

podložnost klizanju - FRM - bez granulometrije		
Utjecajni faktor	**Težina faktorske karte**	**%**
udaljenost od disperzivnog uzorka	36,25	32,95
disperzivnost površine terena	24,03	21,85
litologija	19,52	17,75
pokrov zemljišta	13,78	12,53
udaljenost od vodotoka	4,01	3,65
smjer nagiba terena	3,28	2,99
srednja godišnja količina oborine	2,23	2,03
nagib terena	2,03	1,84
udaljenost od rasjeda	1,88	1,71
udaljenost od izvora	1,84	1,67
udaljenost od prometnice	1,14	1,04

podložnost puzanju - IVM - s granulometrijom		
Utjecajni faktor	**Težina faktorske karte**	**%**
litologija	32,50	36,12
udaljenost od prometnice	26,41	29,35
nagib terena	8,72	9,69
udio pijeska u pokrivaču	4,90	5,45
udio praha u pokrivaču	4,87	5,42
udaljenost od izvora	4,20	4,67
udio šljunka u pokrivaču	4,06	4,51
udio gline u pokrivaču	2,88	3,20
udaljenost od vodotoka	1,45	1,61

podložnost puzanju - IVM - bez granulometrije		
Utjecajni faktor	**Težina faktorske karte**	**%**
litologija	22,18	44,35
udaljenost od prometnice	18,02	36,04
nagib terena	5,95	11,90
udaljenost od izvora	2,86	5,73
udaljenost od vodotoka	0,99	1,98

podložnost puzanju - FRM - s granulometrijom		
Utjecajni faktor	**Težina faktorske karte**	**%**
litologija	35,61	39,57
udio pijeska u pokrivaču	10,19	11,33
udio praha u pokrivaču	10,13	11,26
udio šljunka u pokrivaču	8,45	9,38
udaljenost od izvora	8,21	9,12
udio gline u pokrivaču	5,98	6,64
nagib terena	4,38	4,87
udaljenost od prometnice	4,03	4,48
udaljenost od vodotoka	3,02	3,35

podložnost puzanju - FRM - bez granulometrije		
Utjecajni faktor	**Težina faktorske karte**	**%**
litologija	32,23	64,45
udaljenost od izvora	7,43	14,86
nagib terena	3,97	7,93
udaljenost od prometnice	3,65	7,29
udaljenost od vodotoka	2,73	5,46

podložnost prekomjernoj eroziji - IVM - s granulometrijom		
Utjecajni faktor	**Težina faktorske karte**	**%**
litologija	20,82	14,87
pokrov zemljišta	19,38	13,84
srednja godišnja količina oborine	17,78	12,70
udaljenost od rasjeda	17,70	12,64
udio šljunka u pokrivaču	17,38	12,41
udio pijeska u pokrivaču	14,12	10,08
udaljenost od prometnice	7,30	5,21
udaljenost od disperzivnog uzorka	6,84	4,89
udio praha u pokrivaču	5,04	3,60
udaljenost od vodotoka	4,73	3,38
udio gline u pokrivaču	3,79	2,71
smjer nagiba terena	2,88	2,06
nagib terena	1,56	1,12
udaljenost od izvora	0,67	0,48

podložnost prekomjernoj eroziji - IVM - bez granulometrije		
Utjecajni faktor	**Težina faktorske karte**	**%**
litologija	20,89	20,89
pokrov zemljišta	19,45	19,45
srednja godišnja količina oborine	17,84	17,84
udaljenost od rasjeda	17,76	17,76
udaljenost od prometnice	7,32	7,32
udaljenost od disperzivnog uzorka	6,86	6,86
udaljenost od vodotoka	4,75	4,75
smjer nagiba terena	2,89	2,89
nagib terena	1,57	1,57
udaljenost od izvora	0,67	0,67

podložnost prekomjernoj eroziji - FRM - s granulometrijom		
Utjecajni faktor	**Težina faktorske karte**	**%**
udaljenost od disperzivnog uzorka	50,70	36,21
litologija	39,61	28,29
pokrov zemljišta	20,70	14,79
udio praha u pokrivaču	6,46	4,61
udio gline u pokrivaču	4,76	3,40
udaljenost od vodotoka	4,13	2,95
udio pijeska u pokrivaču	3,26	2,33
udio šljunka u pokrivaču	2,76	1,97
smjer nagiba terena	1,82	1,30
udaljenost od prometnice	1,66	1,19
srednja godišnja količina oborine	1,31	0,94
udaljenost od rasjeda	1,26	0,90
nagib terena	0,95	0,68
udaljenost od izvora	0,62	0,44

podložnost prekomjernoj eroziji - FRM - bez granulometrije		
Utjecajni faktor	**Težina faktorske karte**	**%**
udaljenost od disperzivnog uzorka	41,30	41,30
litologija	32,27	32,27
pokrov zemljišta	16,86	16,86
udaljenost od vodotoka	3,37	3,37
smjer nagiba terena	1,48	1,48
udaljenost od prometnice	1,35	1,35
srednja godišnja količina oborine	1,07	1,07
udaljenost od rasjeda	1,02	1,02
nagib terena	0,77	0,77
udaljenost od izvora	0,51	0,51

podložnost jaružanju - IVM - s granulometrijom		
Utjecajni faktor	**Težina faktorske karte**	**%**
litologija	50,67	29,81
pokrov zemljišta	30,08	17,69
udio gline u pokrivaču	11,78	6,93
smjer nagiba terena	11,18	6,58
udio praha u pokrivaču	9,80	5,77
udio šljunka u pokrivaču	9,38	5,52
udaljenost od disperzivnog uzorka	8,40	4,94
udaljenost od vodotoka	7,13	4,20
disperzivnost površine terena	6,71	3,95
nagib terena	6,52	3,84
udio pijeska u pokrivaču	4,48	2,64
srednja godišnja količina oborine	3,63	2,14
zakrivljenost	2,44	1,44
udaljenost od rasjeda	2,34	1,38
udaljenost od izvora	2,07	1,22
udaljenost od prometnice	1,99	1,17
indeks jakosti toka	1,39	0,82

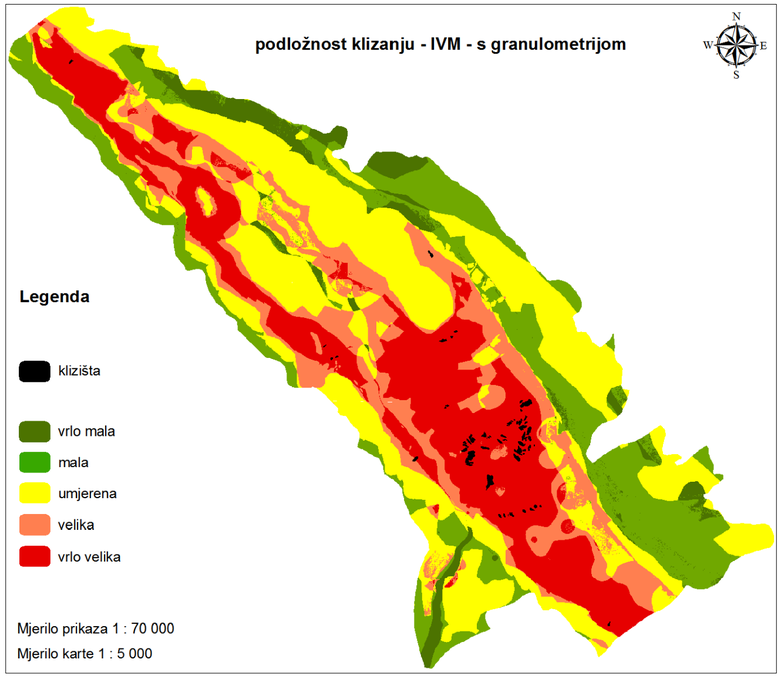
podložnost jaružanju - IVM - bez granulometrije		
Utjecajni faktor	**Težina faktorske karte**	**%**
litologija	48,96	37,66
pokrov zemljišta	29,06	22,35
smjer nagiba terena	10,80	8,31
udaljenost od disperzivnog uzorka	8,12	6,24
udaljenost od vodotoka	6,89	5,30
disperzivnost površine terena	6,48	4,99
nagib terena	6,30	4,85
srednja godišnja količina oborine	3,51	2,70
zakrivljenost	2,36	1,81
udaljenost od rasjeda	2,26	1,74
udaljenost od izvora	2,00	1,54
udaljenost od prometnice	1,92	1,48
indeks jakosti toka	1,34	1,03

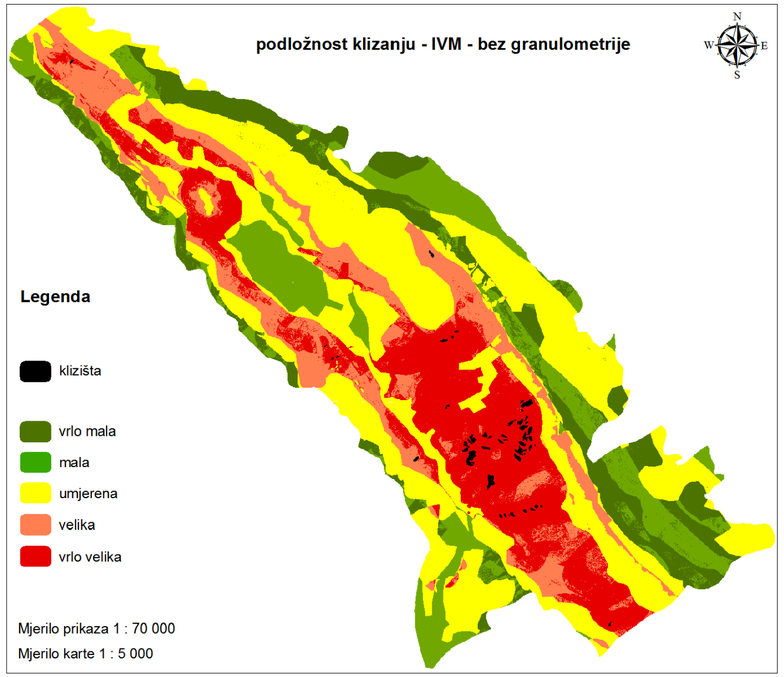
podložnost jaružanju - FRM - s granulometrijom		
Utjecajni faktor	**Težina faktorske karte**	**%**
litologija	36,04	21,20
udaljenost od disperzivnog uzorka	22,97	13,51
disperzivnost površine terena	16,05	9,44
udaljenost od vodotoka	13,49	7,93
pokrov zemljišta	13,20	7,76
udio gline u pokrivaču	12,50	7,35
nagib terena	10,71	6,30
udio praha u pokrivaču	9,69	5,70
udio šljunka u pokrivaču	8,87	5,22
smjer nagiba terena	7,99	4,70
udio pijeska u pokrivaču	4,56	2,68
srednja godišnja količina oborine	3,49	2,05
zakrivljenost	2,52	1,49
udaljenost od rasjeda	2,38	1,40
udaljenost od prometnice	2,26	1,33
udaljenost od izvora	1,92	1,13
indeks jakosti toka	1,35	0,80

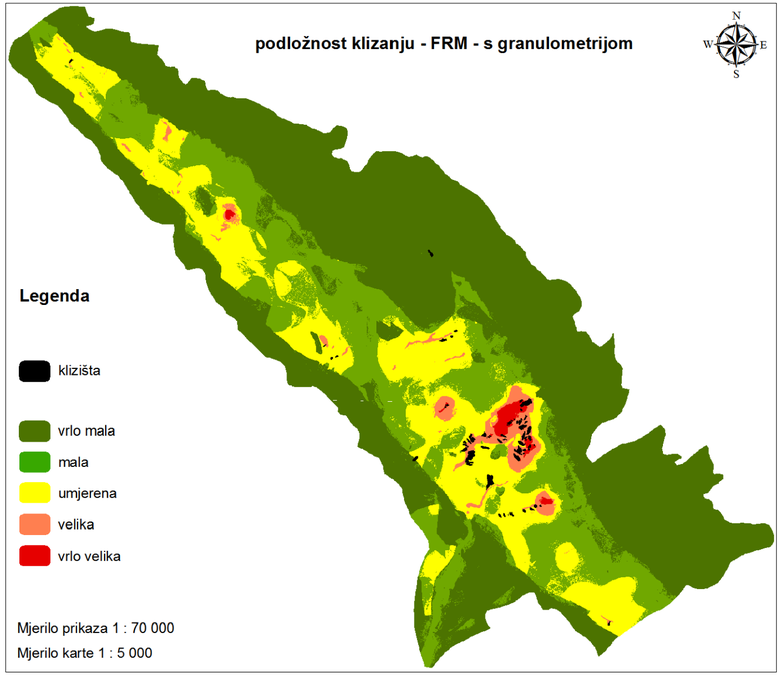
podložnost jaružanju - FRM - bez granulometrije		
Utjecajni faktor	**Težina faktorske karte**	**%**
litologija	34,86	26,81
udaljenost od disperzivnog uzorka	22,22	17,09
disperzivnost površine terena	15,53	11,95
udaljenost od vodotoka	13,05	10,04
pokrov zemljišta	12,77	9,82
nagib terena	10,37	7,97
smjer nagiba terena	7,73	5,95
srednja godišnja količina oborine	3,37	2,59
zakrivljenost	2,44	1,88
udaljenost od rasjeda	2,30	1,77
udaljenost od prometnice	2,19	1,69
udaljenost od izvora	1,85	1,43
indeks jakosti toka	1,31	1,01

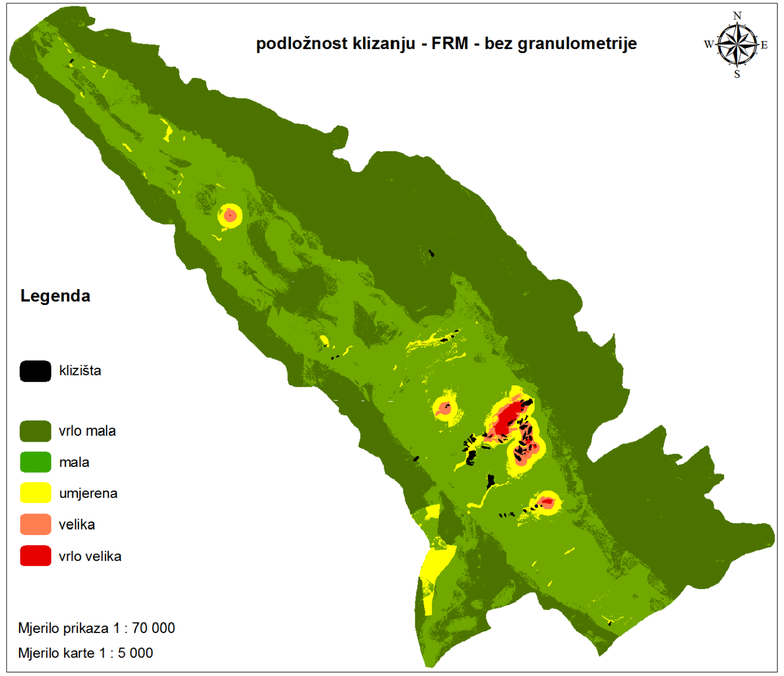
podložnost odronjavanju - IVM		
Utjecajni faktor	**Težina faktorske karte**	**%**
litologija	27,03	30,03
pokrov zemljišta	24,56	27,29
smjer nagiba terena	21,34	23,71
nagib terena	5,42	6,02
udaljenost od vodotoka	3,45	3,84
udaljenost od granice tlo-stijena	2,88	3,20
udaljenost od izvora	2,43	2,70
udaljenost od rasjeda	2,05	2,28
udaljenost od prometnice	0,84	0,94

podložnost odronjavanju - FRM		
Utjecajni faktor	**Težina faktorske karte**	**%**
nagib terena	55,38	61,54
litologija	12,10	13,44
pokrov zemljišta	5,60	6,22
udaljenost od granice tlo-stijena	4,63	5,14
udaljenost od rasjeda	3,38	3,76
udaljenost od izvora	2,70	3,00
smjer nagiba terena	2,58	2,87
udaljenost od vodotoka	2,28	2,54
udaljenost od prometnice	1,34	1,49



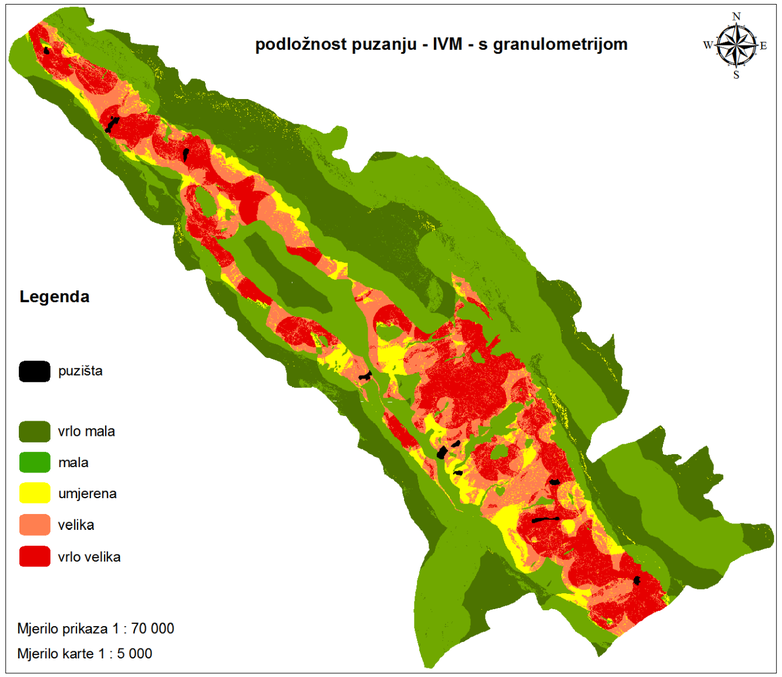


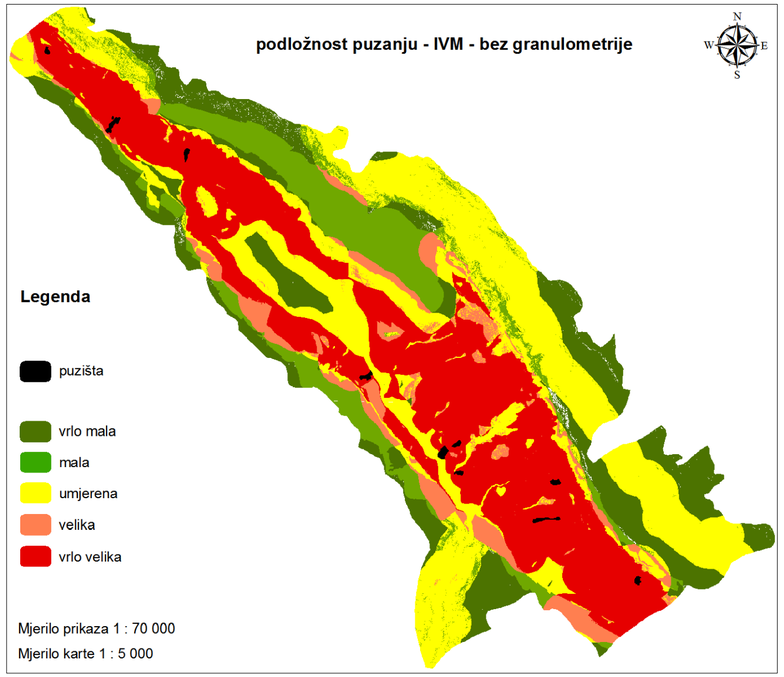


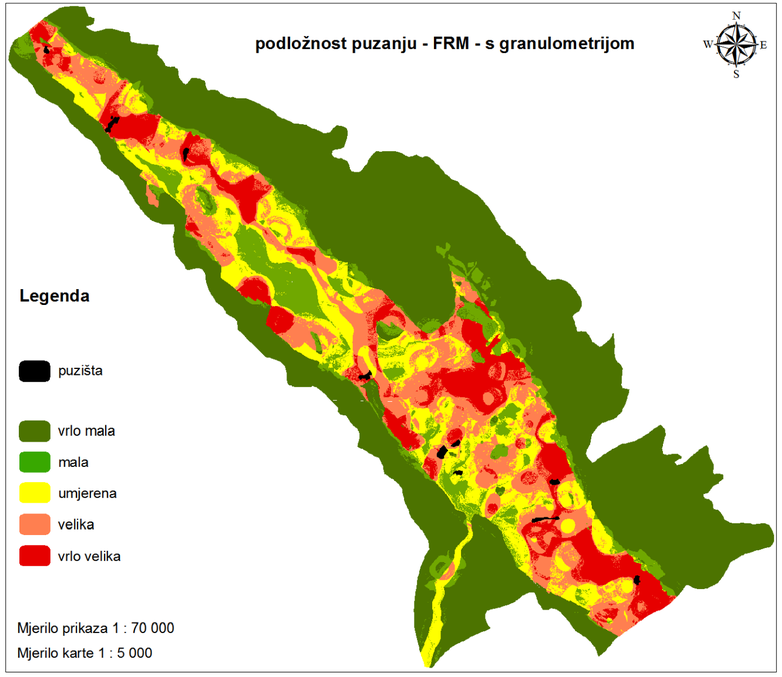


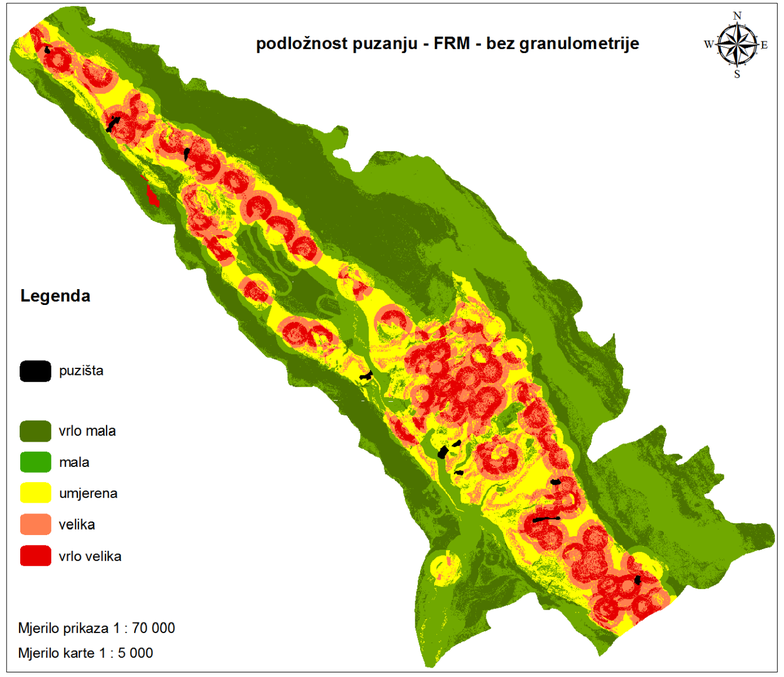
PRILOG 37

KARTE PODLOŽNOSTI KLIZANJU



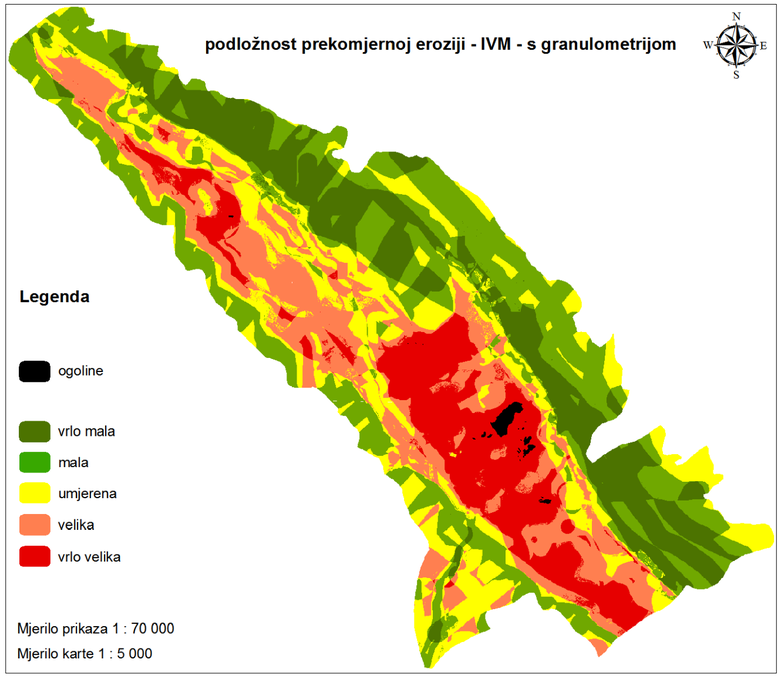


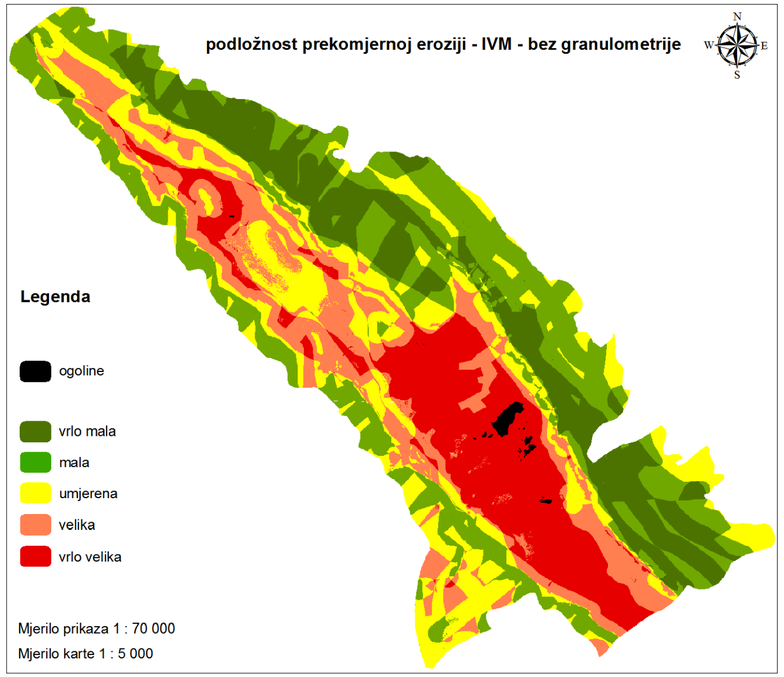


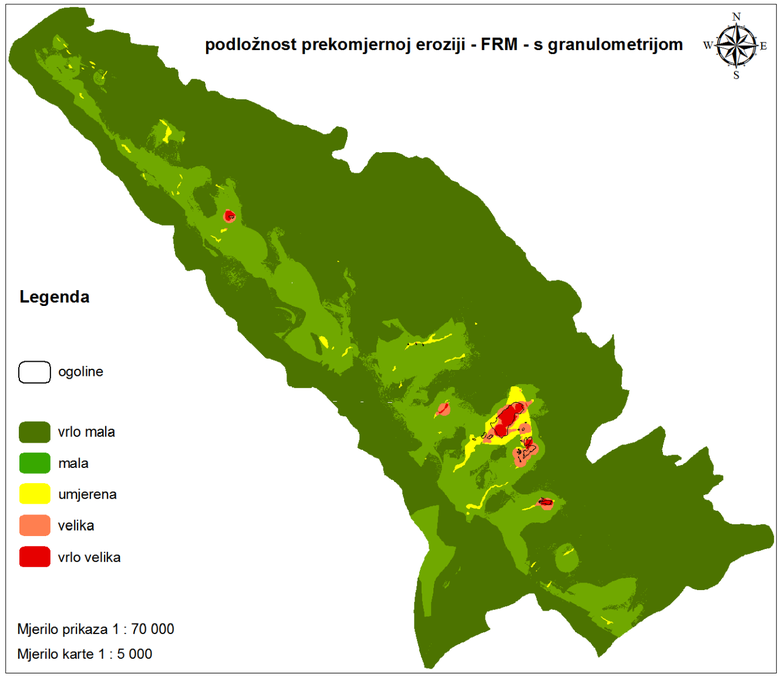


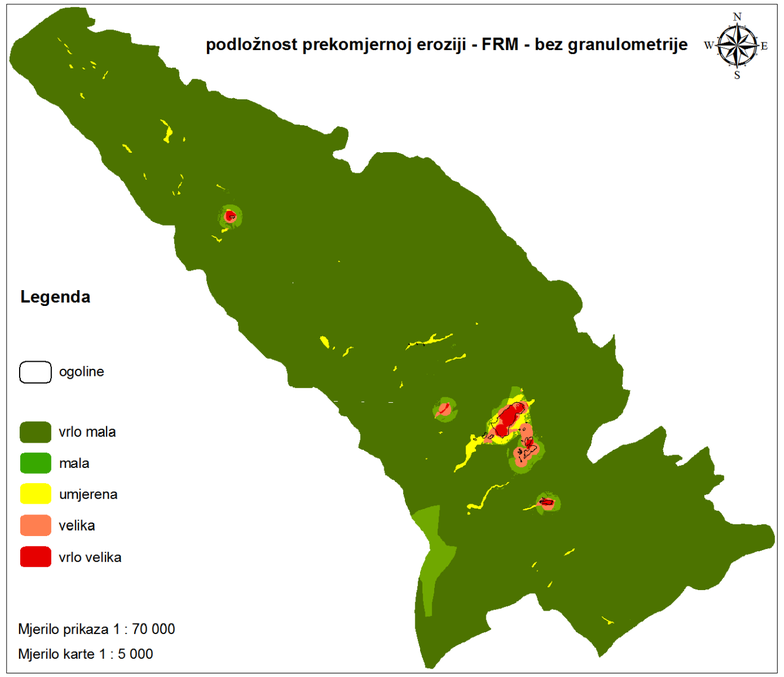
PRILOG 38

KARTE PODLOŽNOSTI PUZANJU



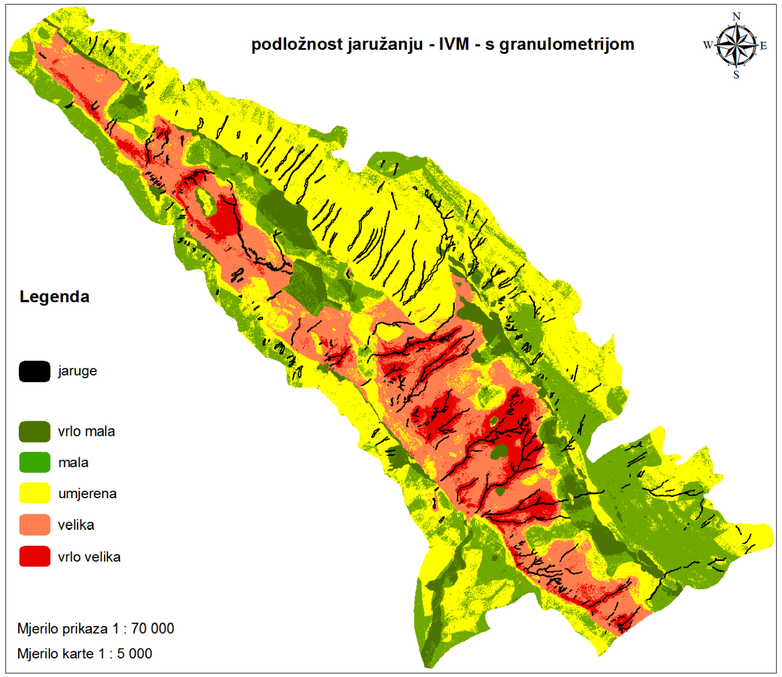


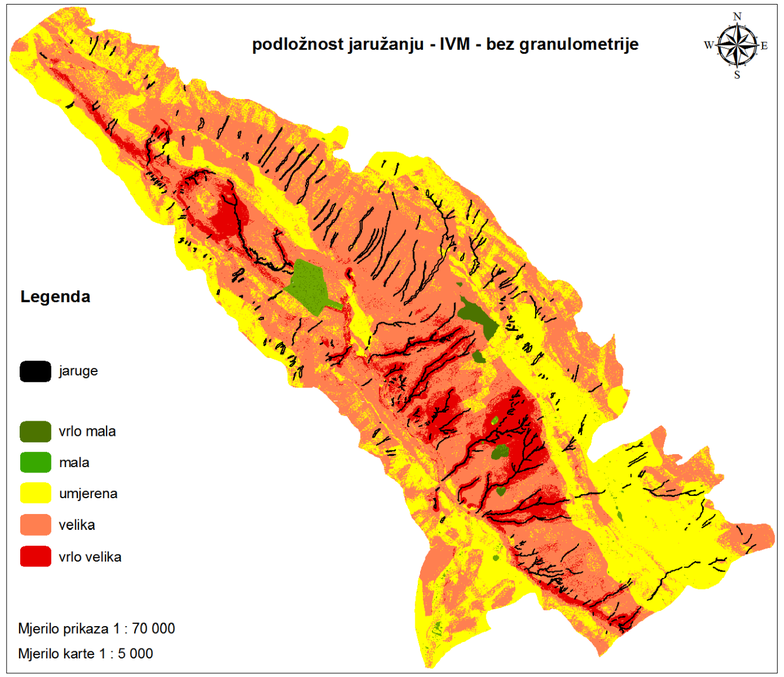


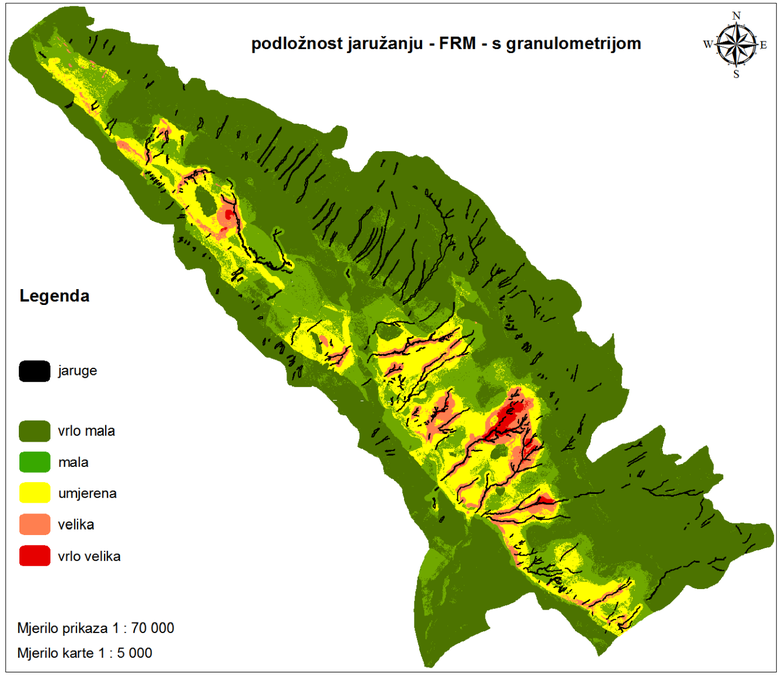


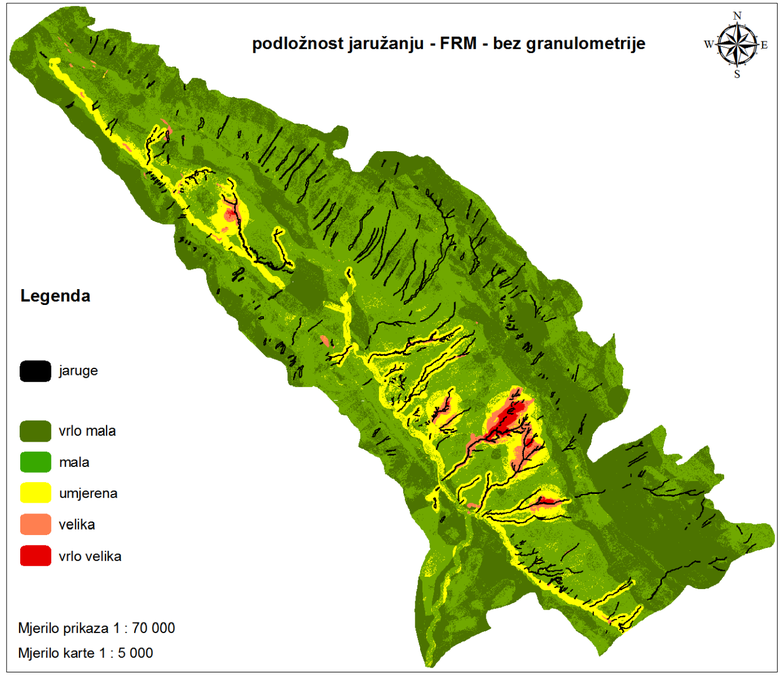
PRILOG 39

KARTE PODLOŽNOSTI PREKOMJERNOJ EROZIJI







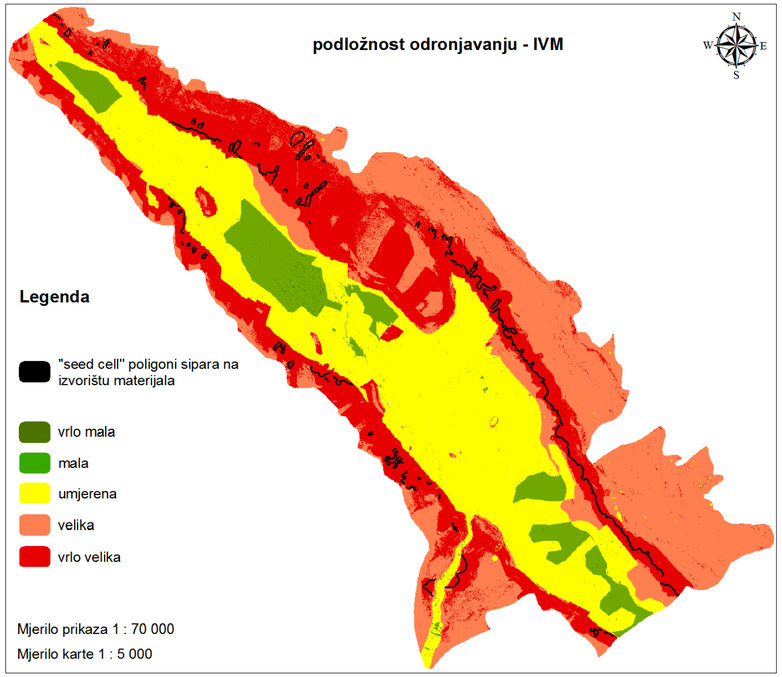


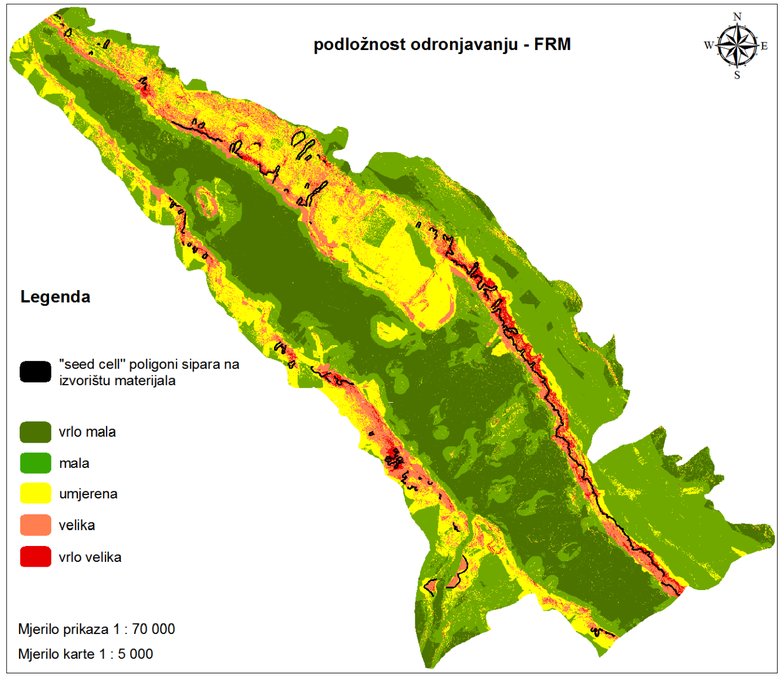
PRILOG 40

KARTE PODLOŽNOSTI JARUŽANJU

PRILOG 41

KARTE PODLOŽNOSTI ODRONJAVANJU





PRILOG 42

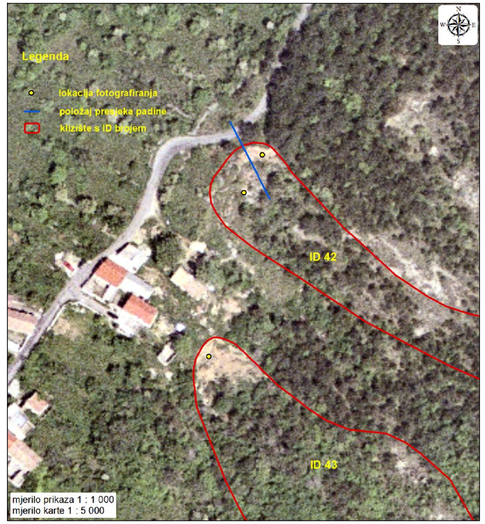
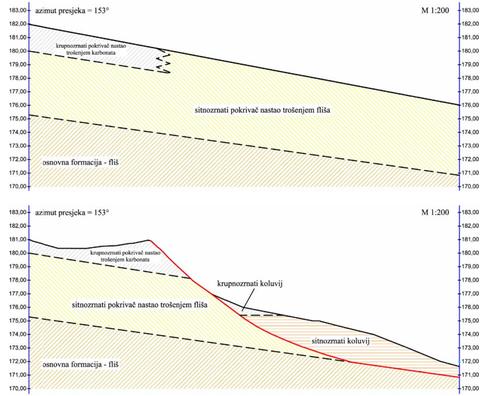
KARTA VIŠESTRUKE PODLOŽNOSTI POVRŠINSKIM PROCESIMA

LEGENDA:

- klizišta, puzišta, ogoline, jaruge i "seed cell" poligoni sipara na izvorištima materijala
- vrlo mala podložnost
- mala podložnost
- umjerena podložnost
- velika podložnost
- vrlo velika podložnost
- porječje Dubračine

mjerilo prikaza 1 : 25 000
mjerilo karte 1. : 5 000

PRILOG 43

MODEL KLIZANJA KLIZIŠTA S ID BROJEVIMA 42 I 43

(predefinirani položaj čeone pukotine)