

Geomorfologija plavinskih lepeza u krškim poljima Dinarida

Rajačić, Ana

Master's thesis / Diplomski rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:490884>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-22**



Repository / Repozitorij:

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



Ana Rajačić

**Geomorfologija plavinskih lepeza u krškim poljima
Dinarida**

Diplomski rad

**Zagreb
2022.**

Ana Rajačić

**Geomorfologija plavinskih lepeza u krškim poljima
Dinarida**

Diplomski rad

predan na ocjenu Geografskom odsjeku
Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu
radi stjecanja akademskog zvanja
magistre geografije

**Zagreb
2022.**

Ovaj je diplomski rad izrađen u sklopu diplomskog sveučilišnog studija *Geografija*; smjer: *Geografski informacijski sustavi* na Geografskom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, pod vodstvom izv. prof. dr. sc. Nevena Bočića.

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Geografski odsjek

Diplomski rad

Geomorfologija plavinskih lepeza u krškim poljima Dinarida

Ana Rajačić

Izvadak: Zavale krških polja jedno su od najznačajnijih reljefnih oblika Dinarida. Kao reljefne depresije predstavljaju zone akumulacije različitih sedimenta. Među ostalim, u njihovim se rubovima često javljaju plavinske lepeze koje u određenoj mjeri prekrivaju dno samih polja. Cilj ovog rada je izvršiti geomorfološku analizu plavinskih lepeza u odabranim poljima Dinarskog krša. Analiza je provedena na temelju digitalnog modela reljefa 5 x 5 m, topografskih karata 1:25000 i osnovnih geoloških karata 1:100000. U prvoj fazi izvršeno je vizualno prepoznavanje te kartiranje i digitalizacija plavina. Nakon toga izvršena je njihova morfometrijska obrada te morfogenetska analiza njihovog drenažnog područja. Rezultat istraživanja su podaci o položaju, prostornom rasporedu, osnovnim morfometrijskim parametrima te uvjetima nastanka plavinskih lepeza u odabranim krškim poljima.

63 stranica, 39 grafičkih priloga, 9 tablica, 64 bibliografskih referenci; izvornik na hrvatskom jeziku

Ključne riječi: plavinske lepeze, drenažni bazeni, krška polja, Dinarski krš

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

Povjerenstvo: izv. prof. dr. sc. Neven Bočić
prof. dr. sc. Sanja Faivre
izv. prof. dr. sc. Mladen Pahernik

Tema prihvaćena: 10. 2. 2022.

Rad prihvaćen: 6. 9. 2022.

Rad je pohranjen u Središnjoj geografskoj knjižnici Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Marulićev trg 19, Zagreb, Hrvatska.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Geography

Master Thesis

Geomorphology of alluvial fans in dinaric karst poljes

Ana Rajačić

Abstract: Karst poljes are one of the most interesting features of the Dinaric karst with its many depressions ideal for the accumulation of sediments. Moreover, many of these poljes are enclosed with alluvial fans, which often cover a bedrock layer. The objective was to perform geomorphological analysis of the alluvial fans in previously selected karst poljes using 5 x 5 m digital relief models, 1:25000 scale topographic maps, and 1:100000 scale geologic maps. The first part of the analysis involves visual recognition of the fans, followed by mapping and digitizing. The morphometric and morphogenetic analysis of the drainage area of the fans forms the second part of this work. Location data, spatial arrangement, basic morphometric parameters and conditions for the formation of alluvial fans are the results of this work.

63 pages, 39 figures, 9 tables, 64 references; original in Croatian

Keywords: alluvial fans, drainage basin, karst poljes, Dinaric karst

Supervisor: Neven Bočić, PhD, Associate Professor

Reviewers: Neven Bočić, PhD, Associate Professor
Sanja Faivre, PhD, Full Professor
Mladen Pahernik, PhD, Associate Professor

Thesis title accepted: 10/02/2022

Thesis accepted: 06/09/2022

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

Zahvaljujem se mentoru izv.prof.dr.sc. Nevenu Bočiću prije svega na ukazanom povjerenju, ponajviše strpljenju, entuzijazmu, savjetima i stručnom vodstvu tijekom izrade diplomskog rada.

Hvala mojoj obitelji koji su me podržavali i ohrabivali tokom studija.

Također, hvala svim mojim „kopićima“ na čašicama razgovora koji su učinili studentski život zabavnijim.

Sadržaj

1. Uvod.....	1
2. Geomorflogija plavinskih lepeza	3
3. Istraživano područje.....	10
4. Metodologija istraživanja.....	13
5. Geomorfološka analiza plavinskih lepeza i njihovih drenažnih bazena	16
6. Zaključak.....	51
7. Literatura.....	53
8. Izvori.....	57
9. Prilog.....	VII

1. Uvod

U ovom diplomskom radu istraživane su plavinske lepeze u odabranim krškim poljima na području Dinarida. Posebna pozornost pri tome je posvećena morfometrijskim obilježjima plavinskih lepeza i njihovih drenažnih bazena. Geomorfologija kao znanstvena disciplina proučava nastanak reljefa, njegov intenzitet i promjenu kroz vrijeme gdje je objekt istraživanja sam reljef. Reljef se može definirati kao ukupnost svih neravnina i ravnina na površini Zemlje. Više je pristupa istraživanju reljefa, npr. morfogeneza, morfografija i morfometrija. Morfometrija je znanstvena disciplina koja se bavi proučavanjem dimenzija reljefnih oblika te njihovim kvantitativnim parametrima.

Najrašireniji morfogenetski tip reljefa Dinarskog gorja je krški reljef koji se prostire na oko 60.000 km² i time tvori najveći kontinuirani krški krajolik u Europi (Mihevc i dr., 2010).

Iako planine Dinarskog gorja čine jedinstveni planinski lanac, on obiluje raznim morfološkim pojavama i oblicima. Zbog heterogenog geološkog sastava razvijaju se dva tipa otjecanja, tj. drenažne mreže: podzemna i površinska krška drenaža..

Fluviodenudacijski tip drenaže karakterističan je na nepropusnim stijenama poput mezozojskih i gornjopaleozojskih klastita. Fluviokrški tip drenaže uočljiv je kod dolomita koji zbog brzog površinskog trošenja i slabe topljivosti ne može propustiti veliku količinu vode u podzemlje.

Krška polja su zatvorena udubljena strmih padina i oštrog prijelaza između padine i ravnog dna, građenog od sedimenata (Mihevc i dr., 2010). Da bi se neko područje karakteriziralo kao krško polje, moraju biti ispunjeni sljedeći kriteriji: ravno dno u stijeni ili sedimentima, zatvoreni bazen sa strmim rubnim padinama barem s jedne strane i krška drenaža (Gams, 1978). Time su definirane tri vrste polja: 1) strukturalna polja kod kojih dominira geološka kontrola stijenske podloge, 2) rubna polja kod kojih podzemna voda kontrolira fluvijalnu aktivnost na površini i 3) polja osnovne razine koja se razvijaju zbog disolucije krša (Ford i Williams, 2007).

Tijekom intenzivnih oborina, dio vode teče po površini te se slijeva na rubovima krških polja akumulacijom mehanički erodiranog materijala stvarajući plavinske lepeze.

Predmet i ciljevi istraživanja

Prema Summerfield (1996) i Goudie (2004) aluvijalne lepeze su stožasti riječni akumulacijski oblici, lepezasti u tlocrtu, koji nastaju na mjestima gdje dovodni kanali napuštaju usku dolinu i ulaze u širu ravnicu ili dolinu. Plavinske lepeze mogu biti formirane u krškim poljima.

Cilj ovog rada jest istražiti geomorfološka obilježja plavinskih lepeza u dijelu Dinarskog krša. Za istraživanje je odabrano područje Like. Izvršeno je prepoznavanje plavinskih lepeza u krškim poljima, definiranje njihovih drenažnih bazena te je izvršena morfometrijska analiza svih plavina i njima pripadajućih drenažnih bazena.

Pregled dosadašnjih istraživanja

Na temu analize Dinarida je publicirano više radova koji su pridonijeli boljem razumijevanju krških polja i aluvijalnih lepeza te njihovog postanka. Izdvojila bih sljedeće:

Kontaktни krš se pojavljuje u Sloveniji na području Matarskog polja. Na navedenom se području pojavljuju aktivne i reliktnе aluvijalne lepeze. Analizama su se utvrdile geomorfološke značajke, procesi i mehanizam formiranja aluvijalnih lepeza te razvoj kontaktnog krša (Stepišnik i dr, 2007). Aktivne i reliktnе aluvijalne lepeze su istraživane i u području Vrhopoljskih brda. U članku su obrađeni geomorfološki i morfometrijski parametri aluvijalnih lepeza te njihovo formiranje i transformacija. Fokus rada su profili aluvijalnih lepeza, učinak denudacijskih procesa te sastav materijala na lepezi (Stepišnik, 2009). Stepišnik (2010) je veću pažnju posvetio reliktnim aluvijalnim lepezama Matarskog polja i Vrhopoljskih Brda gdje je istražio procese nastanka, taloženja i denudacije, njihove pripadajuće drenažne mreže, profile, debljinu pokrova te geološku građu. Geomorfološkom analizom područja Blidinje u Bosni i Hercegovini određeni su glacijalni i fluvijalni sustavi te sastav stijena. Izrađena je geomorfološka karta 1:25000 istraživanog područja koja daje bolji uvid u fluvijalne i glacijalne procese i identificirane aluvijalne lepeze (Stepišnik i dr, 2016). Glacijalni procesi i paraglacijalni sediment Dinarida proučavan je u području Snežnika, odnosno Praprotne drage. Određena je starost i stratigrafija područja te raspodjela aluvijalnih lepeza koje prekrivaju dno istraživanog područja (Žebre i dr, 2019).

2. Geomorfologija plavinskih lepeza

Rijeke djeluju kao mehanizam za transport erodiranog materijala od planinskih područja sve do nizinskih dijelova gdje se taloži veliki dio sedimenata.

Unutar fluvijalnih sustava postoje tri geomorfološke zone. U erozijskoj zoni tekućice uklanjaju podlogu s dna doline i dolinskih strana, a erodirani materijal nastavlja svoju putanju u koritu tekućice koja teče nizbrdo. U drugoj zoni, zoni prijenosa, nagib je manji i nema aktivnog procesa erozije, niti taloženja materijala. Zona taloženja je najdonja zona gdje se sediment taloži u kanalima, poplavnim područjima ili na površinama aluvijalne lepeze. Najveći dio krupnoznatih sedimenata prenešenih rijekama odlažu se u aluvijalnim lepezama, a sitnozrnati u riječnim ravninama (Nichols, 2009).

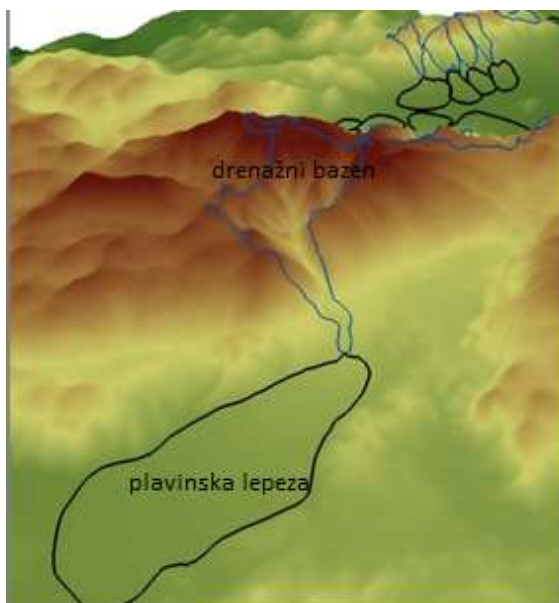
Većina rijeka teče u obliku jednog kanala do obale mora ili jezera gdje se u obliku estuarija ili delte ulijevaju u njih. Rijeke u sušnim područjima procesima evaporacije ili upijanjem tla ne dopiru do određenog vodenog tijela. Zbog isušivanja korita kanali rijeka postaju manji i završavaju u naplavinama vode i sedimentima. Navedena karakteristika naziva se i fluvijalni distribucijski sistem (Nichols i Fisher, 2007). Protok tekućice će biti u jednom glavnom kanalu od kojeg će se odvajati manji kanali koji naknadno mogu preuzeti ulogu glavnog toka ili kanala kao posljedica avulzije. Kroz određeni period kanali tekućica poprimaju radijalne položaje i tvore tijelo sedimenata u obliku lepeze (slika 1).

Drenažni bazen predstavlja slivno područje koje opskrbljuje riječne sisteme vodom (Nichols, 2009). Vodotoci i rijeke se napajaju podzemnom vodom i površinskim otjecanjem nakon kišnih razdoblja. Osim podzemnih i površinskih voda, veliku ulogu ima i tlo koje upija vodu, ukoliko je moguća kontinuirana opskrba vodom, te je postepeno otpušta u tekućice. Na opskrbu riječnog sistema vodom utječe veličina slivnog područja i klima. Ukoliko se radi o manjem području ono ima ograničeniji kapacitet skladištenja vode za razliku od većeg područja. Slivna područja umjerene i tropske klime cijele godine ostaju vlažna i opskrbljena vodom zbog redovitih oborina tijekom svih sezona.

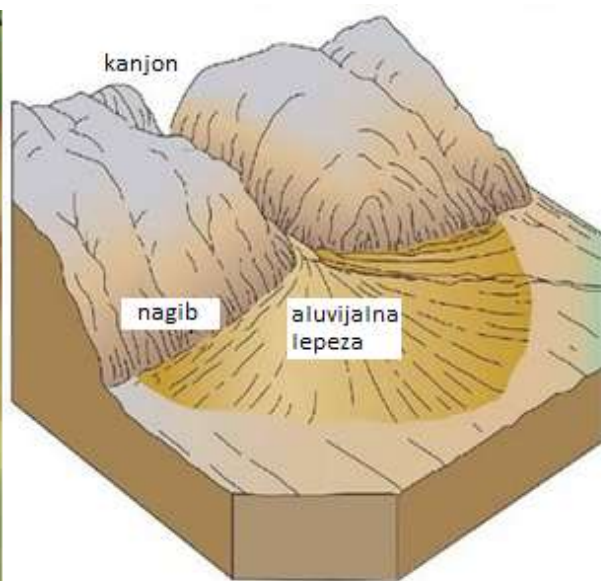
Vrsta podloge drenažnog bazena ima značajan utjecaj na procese aluvijalne lepeze (Blair i Mcpherson 1994). Oblik drenažnog bazena utječe na procese sedimentacije, vrijednosti nagiba, reljef, karakteristike profila kanala i kapacitet skladištenja.

Aluvijalne lepeze su stožaste nakupine erodiranog materijala koji se formiraju na prijelomu nagiba na rubu aluvijalne ravnice (Nichols, 2009). Aluvijalne lepeze nastaju taloženjem sedimenata iz vodotoka koji erodiraju okolna područja. Autori poput Blair i

McPherson (1994) lepeze objašnjavaju kao stošce nastale na strmom nagibu padine većem od 18° , nanosom nekanaliziranog materijala. Međutim, nanosi sedimenata stožastog oblika koji su nastali i na nižem nagibu se također smatraju aluvijalnim lepezama (Harvey i dr. 2005). Prema Tišljar (1994) aluvijalne lepeze objašnjava kao morfološke lepezaste tvorevine manjih i velikih dimenzija nastalih akumulacijama klastičnog materijala na izlazima riječnih tokova iz uskih dolina gorskih lanaca u ravničarska područja (slika 2). Aluvijalne lepeze možemo podijeliti na aktivne i reliktnne. Aktivne aluvijalne lepeze svojom debljinom, profilom i unutarnjom strukturom odgovaraju klasičnim lepezama fluvijalnog sustava. Reliktne lepeze karakterizira lepezasti tlocrtni oblik, obilježje gornjih dijelova lepeze su konkavni oblici koji postaju konveksni u prelaskom u srednje i donje dijelove lepeze (Stepišnik, 2009). Nastanak reliktnih aluvijalnih lepeza rezultat je uklanjanja aluvijalnog pokrova i kemijske denudacije karbonatne podloge. Nastanak povezujemo s područjima na kojima su već postojale aluvijalne lepeze. (Stepišnik i dr, 2007).



Slika 1. 3D prikaz plavinske lepeze Krbavskog polja



Slika 2. Skica aluvijalne lepeze, preuzeto URL1

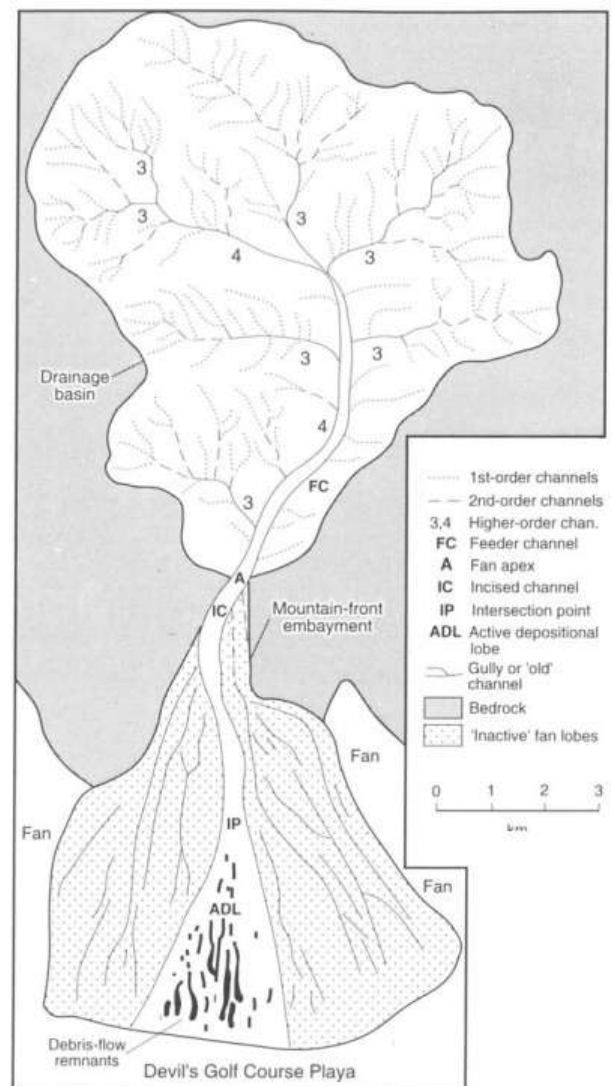
Najviše proučavane aluvijalne lepeze nalaze se u pustinjском području zbog odlične izloženosti i pristupa. Najljepše razvijene lepeze nalazimo u podnožju gorskih masiva u semiaridnim klimatskim područjima s rijetkim, ali naglim i obilnim oborinama i jakim erozijom. Tri uvjeta moraju biti zadovoljena za optimalni razvoj aluvijalne lepeze: topografsko okruženje, gdje kanal postaje neograničen izlaskom iz drenažnog bazena na relativno ravnu nizinu, dovoljna proizvodnja sedimenata u drenažnom bazenu za konstrukciju lepeze,

intenzivne oborine i rijeke potrebne za transport sedimenata iz drenažnog bazena na površinu lepeze (Blair i Mcpherson 1994).

Postanak lepeza vežemo uz jasan prijelaz između drenažnog bazena više nadmorske visine i ravnijeg dijela sedimentnog bazena. Kanjon drenažnog bazena usmjerava drenažu ka rubu bazena na čijem mjestu se otvara dolina, dolazi do promjene gradijenta i slabije energije protoka, gdje se sediment i voda šire na okolni prostor. Ponavljanjem navedenog događaja dolazi do taloženja materijala u obliku stošca koji se zrakasto pruža iz smjera kanjona prema dolini. Zbog velike količine materijala, odnosno vode s puno sedimenata, dolazi do formiranja aluvijalnih lepeza, a ne slijepih dolina (Stepišnik, 2009). Preplavljena voda izlaskom iz drenažnog bazena gubi neke od sposobnosti transporta sedimenata, zbog smanjenja brzine i dubine protoka, što dovodi do taloženja materijala. Do promjene u protoku dolazi zbog smanjenja nagiba i gubitka bočnih dijelova kanala, bilo to na vrhu ili na dnu lepeze. Oblici i dimenzije lepeze ovise o površini sljevnog područja planinskog riječnog sustava, intenzitetu fizikalnog trošenja stijena te količini i energiji vode riječnog sustava (Tišljar, 1994).

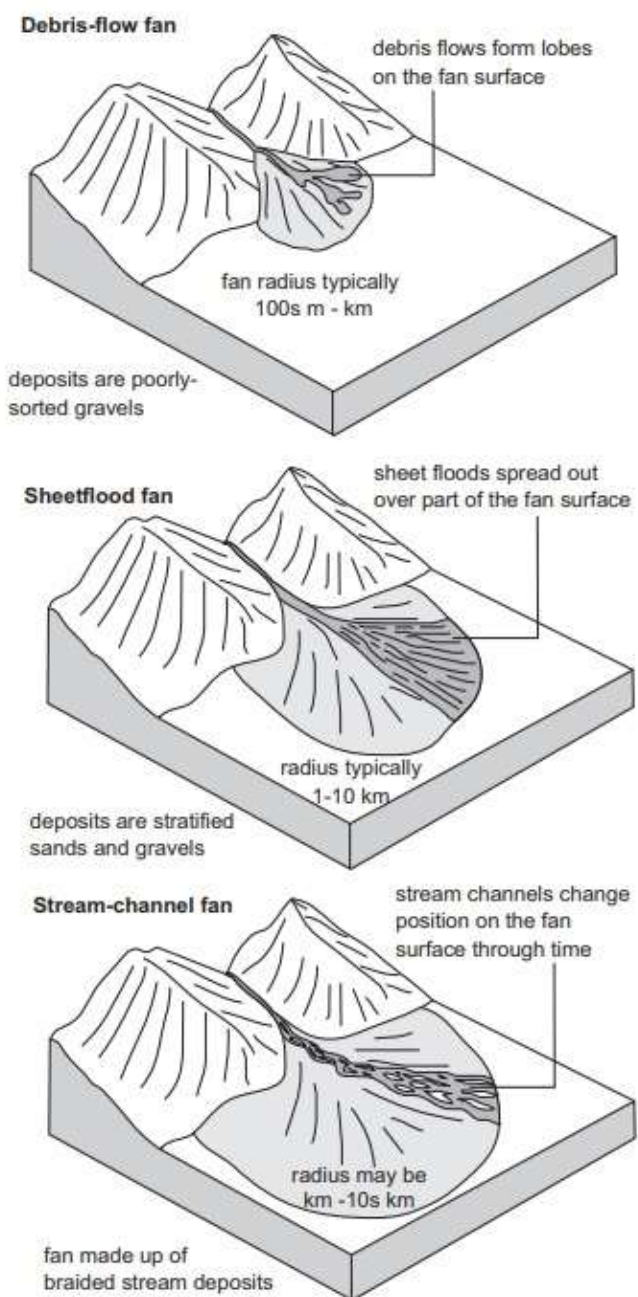
Morfološki elementi aluvijalne lepeze su drenažni bazen, vrh lepeze koji predstavlja najvišu točku uz kanjon iz kojeg se širi zrakasta/lepezasta forma i dolazi voda iz dovodnog kanala, dovodni kanal koji predstavlja kanal najvišeg reda i dovodi vodu do lepeze, urezani kanal, koji je nastavak dovodnog kanala na lepezi, presjek točaka su lokacije završavanja usječenog kanala (Hooke 1967), aktivni taložni režanj, distribucijski kanal i jaruge (slika 3). Nagib lepeze je najčešće najstrmiji u proksimalnom području gdje se vidi jasan prekid u nagibu na vrhu lepeze i granice taloženja grubog erodiranog materijala na rubu lepeze (Nichols, 2009).

Slika 3. Morfološke značajke aluvijalne lepeze i drenažnog bazena (Blair i Mcpherson 1994).

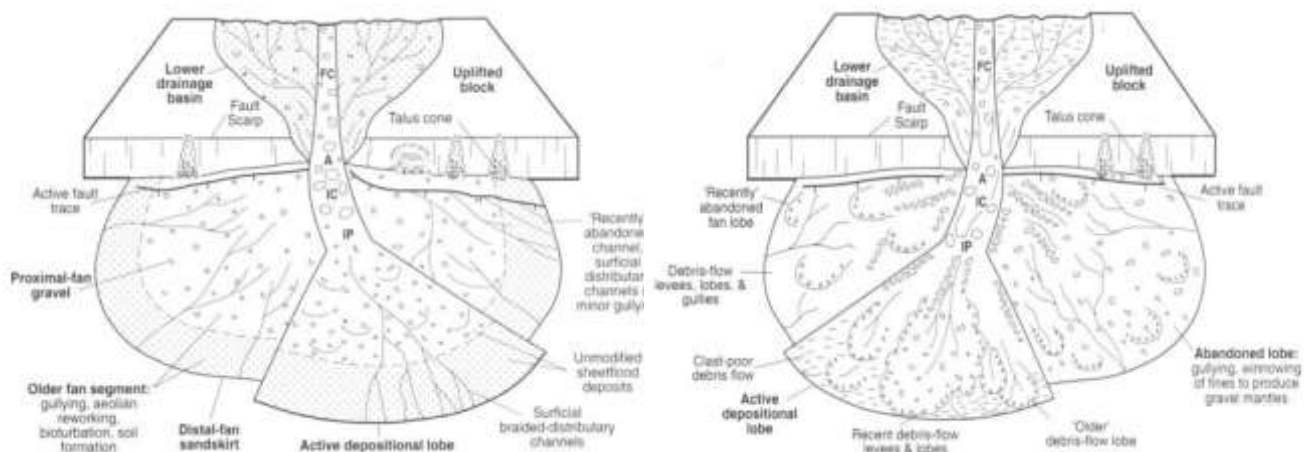


Naslage su najdeblje na vrhu lepeze i sužavaju se u obliku klina prema dnu (slika 4). Radijus lepeze obično varira od 0,5 do 10 km od planinske fronte, a materijal lepeze se spaja sa susjednim lepezama ili se šire u luku od 180° (Anstey, 1965,1966).

Na procese taloženja utječu vrsta i količina sedimenata koji se prenosi iz drenažnog bazena na lepezu, dostupnost vode i gradijent površine lepeze (slika 4). Procesi sedimentacije na lepezi dijele se u dvije skupine: primarni i sekundarni procesi. Primarni procesi, poput odrona kamenja, gravitacijska klizišta i poplave su procesi kratkog trajanja odgovorni za transport materijala iz drenažnog bazena na lepezu te rezultiraju stvaranjem lepeze. Sekundarni procesi, dijele se na sedimentno – gravitacijske tokove i fluidno-gravitacijske tokove (slika 5). Iako sekundarni procesi mogu imati minimalan utjecaj na konstrukciju lepeze, obično dominiraju površinskim značajkama lepeze, osim u područjima nedavno pogođenim primarnim procesima taloženja (Blair, 1987).



Slika 4. Vrste aluvijalnih lepeza – tokovi deprisa, sheetflood i pletenice; sva tri tipa se mogu razviti i na jednoj aluvijalnoj lepezi (Nichols, 2009).



Slika 5. Shematski prikaz primarnih i sekundarnih procesa na aluvijalnim lepezama, slika lijevo – prikaz procesa na plavinama s fluidnim tokovim, slika desno – plavinske lepeze s dominantnim tokovima debrisa (Blair i Mcpherson 1994)

Profil lepeza rezultat je prestanka dotoka vode i taloženja sedimenata ili formiranje kanala. Neizmijenjeni profil lepeze (ne prekida ga nikakav reljefni oblik u okolici) karakterizira jedan od tri moguća nagiba padine: opadajući nagib konkavne geometrije, konstantan nagib i segmentirani nagib. Smanjenje denudacije je manje brzine na lepezama čija je površina prekrivena naslagama fliša nego na nenaplavljennoj krškoj površini.

Prema Collinson (1986) aluvijalne lepeze se dijele na semiaridne lepeze i humidne lepeze, tj. gdje je dominantan riječni tok. Humidne lepeze se odlikuju riječnim kanalima i debelim kanalnim sekvencijama sedimenata krupnozrnatog šljunka izražene imbricacije i lećastim ulošcima kose laminacije. Semiardine lepeze nastaju taloženjem zbog tektonski aktivnih rubova na rubu bazena gdje se prijenos materijala odvija zbog masenih tokova. U gornjem dijelu lepeze dominira materijal donesen detritnim tokovima, a u donjem dijelu prevladavaju dobro sortirani pijesci, šljunci s kosom i lećastom slojevitošću taloženi pokrovnim tokovima. Oko prepletenih prudova u prijelaznom dijelu lepeze prevladavaju sedimenti osiromašeni sitnozrnatom materijalom zbog gubitka vode.

Aluvijalne lepeze se gotovo uvijek sastoje od loše sortiranih krupnozrnatih naslaga zbog relativno kratke udaljenosti transporta sedimenata od njegovog izvora, procesa trošenja zbog raščlanjenog reljefa i brzog gubitka nosivosti protoka (Blair i Mcpherson 1994). Smjesa sedimenata i vode će biti rjeđa uz dostupnost veće količine vode, a taloženje će biti brže uz pomoć pokrovnih tokova gdje je krajnji produkt lepeza s većim opsegom i manjim nagibom (slika 4). Ukoliko se mješavina sastoji od velike količine sedimenata i malo vode, ona teče viskozno poput guste kaše. Strujanje takve mješavine je laminarno te se kreće po površini dok

ne izgubi vodu ili se gradijent smanji. Unutar toka nema sortiranja veličine zrna niti orijentacije taloženja zbog nedostatka turbulencije. Karakteristike materijala nataloženog na aluvijalnoj lepezi su: konglomerati s klastitima odvojenim finim matriksom, sortiranje konglomerata različitih veličina po slojevima lepeze je vrlo loš, nasumična orijentacija klasta izuzev bazaltnih tokova, mogu se pojaviti velike dimenzije klasta unutar jednog sloja taloženog tokovima i slojevi nanoseni debritnim tokovima mogu biti debljine od desetak centimetara do metar (Nichols, 2009). U većini slučajeva, gornji dio lepeze grade krupni konglomerati (veći i od 1 m) i šljunci, dok se niži dijelovi odlikuju pješćani i sitnozrnati erodirani materijal.

Zbog velike količine oborina slivno područje biva preplavljeno te se rastresiti erodirani materijal koji gradi lepezu u suspenziji pomiče na površinu lepeze. Tok se tada širi preko lepeze kao pokrovni tok (sheetflood), velike brzine i turbulentnog strujanja koji se događa na padinama nagiba 38° do 58° stvarajući antidine (Blair, 2000). Sedimentaciju pokrovnih tokova karakteriziraju krpaste formacije debljine do metra gdje se na dnu formacije nalaze grublji i veći materijal, a pri vrhu sitniji pješćani materijal. Najsitniji sedimenti u suspenziji se talože na rubu i van lepeze.

Rijeka izlaskom iz drenažnog bazena može nastaviti svoj tok preko lepeze kroz ograničeni kanal, gdje se taloži šljunak koji začepљуje kanal sedimentom te se kao taložni oblik tvore pletenice (slika 4). Radijus lepeze bit će određen kanalom u kojem se taloži šljunak, a sitniji materijal će biti transportiran na aluvijalnu ravnicu. Oblik lepeze bit će sličan lepezi nastaloj pokrovnim tokom. Slojeve karakteriziraju klastični konglomerati koji se usitnjavaju do pješćenjaka sedimentnih struktura poput imbricacije i poprečne slojevitosti šljunka i pješćenjaka.

Između epizoda taloženja, intenzivne će oborine rezultirati protokom vode preko lepeze kao površinski tokovi koji će odnijeti sitni materijal i time ukloniti matriks između naslaga. Ukoliko se oslobođeni prostor ne popuni, ostaje konglomerat bez matriksa.

Aluvijalne lepeze su dobar pokazatelj tektonske aktivnosti i klimatskih promjena. Lepeze se razvijaju na rubovima sedimentnih bazena odnosno na mjestima tektonske aktivnosti s rasjedima duž ruba, što rezultira slijeganjem u bazenu i uzdizanjem slivnog područja. Najpovoljnija lokacija za razvoj aluvijalne lepeze jest u tektonski aktivnim zonama, gdje se planinske uzvisine nalaze uz nizinske doline (Blair i McPherson, 1994). Veličina klasta i debljina slojeva pomažu pri identifikaciji tektonskih izbivanja. Međusobno povezane klimatske varijable koje utječu na aluvijalnu lepezu su količina oborina, vegetacija i temperatura. Povećanje količine oborina rezultira pokrovnim tokovima s manje debritnih tokova. Ova klimatska promjena će se odraziti kao pojava konglomerata s manje matriksa. Eksponecijalno

s temperaturom raste stopa trošenja sedimentnih stijena. Vegetacija utječe na stijene kemijskim trošenjem koje je uzrokovano organskim kiselinama, a ukorijevanje rezultira otpornošću na gravitaciju i povećava stabilnost padina. Osim klimatskih i tektonskih promjena, litologija lepeze također utječe na taloženje materijala. Ukoliko se područje sastojalo od sitnijih čestica lepezu će karakterizirati muljeviti materijal. Ako se materijal sastojao od otpornijih stijena, one će se erodirati do pijeska ili šljunka koji će se potom transportirati i taložiti tokovima stvarajući lepezu (Nichols i Thompson 2005).

Kretanje sedimenata iz drenažnog bazena do lepeze omogućava povećanje veličine lepeze i drenažnog bazena stoga dolazi do grupiranja, tj. manjih aluvijalnih bazena i njihovih drenažnih bazena s velikim aluvijalnim lepezama i njihovim drenažnim bazenima. Odnos površine drenažnog bazena i lepeze se može izraziti kao:

$$A_f = cA_d^n$$

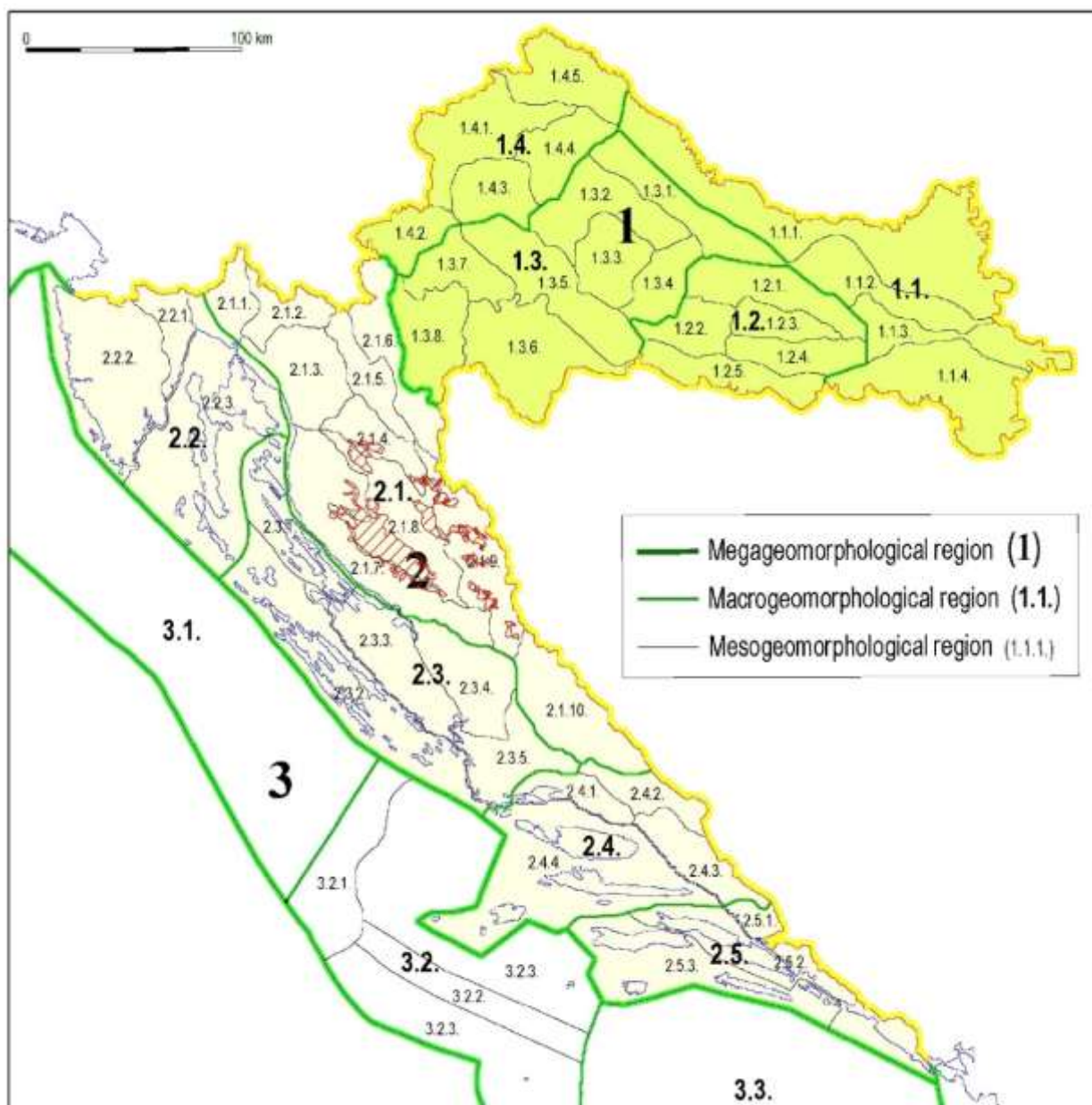
Gdje je A_f površina lepeze, A_d površina drenažnog bazena, a c i n su empirijski određene konstante (Harvey, 1990).

Drew (1873) je primijetio da aluvijalne lepeze s velikim drenažnim bazenima imaju većinom manje prosječne nagibe od onih s manjim drenažnim bazenom zbog većeg kapaciteta pohrane drenažnog bazena i njihov utjecaj na primarne procese (odron stijena, debritni tokovi, sheetfloods...) na lepezi.

3. Istraživano područje

Dinarsko gorje je područje preko 150 km širine i 650 km dužine te se nalazi između Jadranskog mora na jugozapadu i Panonskog bazena na sjeveroistoku (Mihevec i dr., 2010). Kao i većina većih reljefnih oblika koji mu pripadaju, pruža se pravcem sjeverozapad-jugoistok. Obrada i analiza plavinskih lepeza vršila se na području Like, gorskog područja okruženog planinskim lancima Male Kapele (1.280 m) na sjeveru, Velebita (1.758 m) na jugu, Velike Kapele (1.503 m) na zapadu i Ličke Plješivice (1.657 m) na istoku. Između navedenih planina nalaze se polja u kršu na nadmorskoj visini od oko 450-700 m (Blašković, 1957). Područje Like većinom grade karbonatne sedimentne stijene (vapnenac i dolomit), dok znatno manju površinu zauzimaju nekarbonatne stijene.

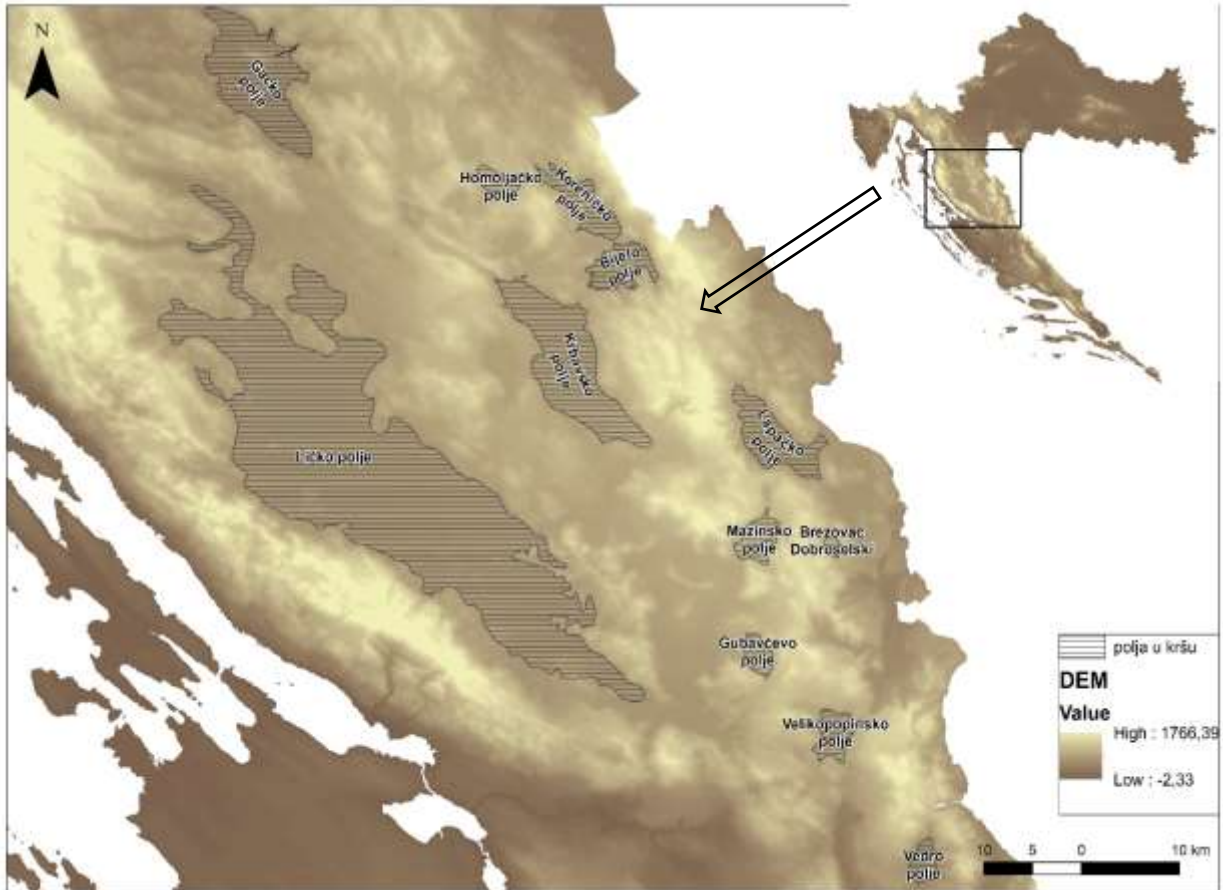
Geomorfološki položaj područja predstavlja njegov položaj u geomorfološkoj regionalizaciji Hrvatske (Bognar, 2001). Prema tome, područje istraživanja je moguće podijeliti u nekoliko geomorfoloških regija. Megamakrogeomorfološke regije podrazumijevaju velike geotektonske i strukturno-geomorfološke cjeline. Analizirano područje pripada prema megamakroregionalnoj podjeli u Dinarski gorski sustav (2.) (slika 6). Makrogeomorfološke regije su velike strukturno-geomorfološke regionalne cjeline, kojima je opći geomorfološki razvoj i dinamika morfoevolucijski gledano jedinstvena (Bognar, 2011.) Stoga, pripada u makrogeomorfološku regiju Gorska Hrvatska (2.1.) koja se dalje dijeli na mezogeomorfološke regije: Gorski skupina Mala Kapela (2.1.4.), Gorski hrbat-masiv Velebita (2.1.7.), Ličku zavalu (2.1.8.) u kojoj se nalazi najveći dio istraživanog područja te Ličku Plješivicu s gorskim masivom Poštaka (2.1.9.) Mezogeomorfološke regije su temeljne reljefne jedinice velikih morfoloških cjelina, a subgeomorfološka regija predstavlja cjeline geomorfološki istovrsnog tipa. Prema Subgeomorfološkim regijama analizirano područje pripada: JZ podgorsko-zavalsko-udolinskom području Male Kapele (2.1.4.3.), Nizovima horskih hrptova i kosa SZ dijela Male Kapele (2.1.4.2.), Gorskom hrptu Južnog Velebita (2.1.7.5.), Gorskom hrptu Srednjeg Velebita s Bužminskim i Perušičkim pobrđem (2.1.7.4.), Nizu zavala Oltari- Krasno – Lipovo Polje (2.1.7.2.), Međugorskoj zavali Gacke (2.1.8.7.), Srednje Ličkoj zavali s Perušičkom zavalom (2.1.8.6.), Mađugorskoj zavali Gračačkog polja s Ričićkim pobrđem (2.1.8.5.), Međugorskoj zavali Krbavskog polja (2.1.8.4.), Međugorskoj zavali Koreničkog i Bijelopolja (2.1.8.3.), JI dijelu Ličkog sredogorja (2.1.8.2.), SZ dijelu Ličkog sredogorja (2.1.8.1.), Gorskom hrptu Si Plješivice s pobrđem Medveđak (2.1.9.1.), Gorskoj skupini srednje Plješivice (2.1.9.4.), Gorskoj skupini JI Plješivice s pobrđem Kokirna (2.1.9.5.) te Gorskom masivu Poštaka s dolinom gornje Zrmanje (2.1.9.5.).



Slika 6. Geomorfološki položaj istraživanog područja (Izvor: Bognar, 2011)

Polja u kršu su jedna od najznačajnijih reljefnih oblika dinarskog krša i većina ih se proteže u smjeru pružanja Dinarida. Zbog različitih hidroloških i geoloških čimbenika Gams (1978) razlikuje pet vrsta krških polja: rubno, periferno, preljevno, polje temeljne razine (većina krških polja) i pijedmontsko polje u aluvijalnoj dolini. Mnogo krških polja sadrži jezerske, fluvijalne ili glacijalne neogenske i kvartarne sedimente koji se protežu i do nekoliko stotina metara dubine (Zupan Hajna, 2019). Starost sedimentata opada od istoka prema zapadu. Većina krških polja u Lici su depresije koje dosežu do starijih nepropusnih sedimentata pa možemo pretpostaviti da se uglavnom radi o strukturnim poljima.

Plavinske lepeze vežemo uz rubove krških polja stoga je područje istraživanja obuhvatilo, od najvećeg do najmanjeg: Ličko polje, Krbavsko polje, Gacko polje, Lapačko polje, Koreničko polje, Bijelo polje, Velikopopinsko polje, Mazinsko polje, Gubavčevo polje, Vedro polje, Homoljačko polje i Brezovac Dobroselski (slika 7).



Slika 7. Položaj analiziranih krških polja

4. Metodologija istraživanja

Ovo istraživanje provedeno je na temelju digitalnog modelu reljefa 5x5 m koji je izrađen na temelju visinskih podataka Državne geodetske uprave (DGU) te topografske karte 1:25000 (TK25) preuzete s Geoportala DGU-a. Uz njih korištene su i Osnovne Geološke karte 1:100000 izrađene od strane Instituta za geološka istraživanja Zagreb (Polšak i dr, 1967, Sokač i dr, 1967, Šušnjar i dr, 1969, Grimani i dr, 1972, Ivanović i dr, 1973 Šušnjar i dr, 1973, Velić i dr, 1974). Korišteni su i tumači relevantni područjima istraživanja: Bihać, Drvar, Gospić, Knin i Obrovac (Polšak i dr, 1967, Sokač i dr, 1967, Šušnjar i dr, 1969, Ivanović i dr, 1976, Sokač i dr, 1976).

Geomorfološka analiza provedena je u računalnom programu ArcGIS 10.8. u kojem su korištene aplikacije ArcMap i ArcToolbox, a najvećim dijelom ekstenzije *Spatial Analyst Tools*. Za statističku obradu dobivenih podataka korišten je MS Excel paketa MS Office 2019.

Analiza podataka provedena je u četiri faze:

1. Identifikacija rubova krških polja
2. Identifikacija plavinskih lepeza u istraživanim poljima
3. Definiranje drenažnih bazena identificiranih plavinskih lepeza
4. Prostorna i morfometrijska analiza

Rubovi krških polja su određeni subjektivno na temelju DEM-a i topografskih karata. Određivanje rubova krških depresija složen je problem (Ćalić, 2010, Vujaković 2013, Šegina i dr, 2018) pa se u ovom radu nije puno pažnje posvetilo detaljima. Glavna svrha određivanja rubova krških polja bila je radi izračuna njihove ukupne površine te udjela plavinskih lepeza u istoj. Na rubnim dijelovima krških polja identificirane su i vektorizirane plavinske lepeze pomoću karte izohipsi, hipsometrijske karte, karte nagiba, karte zakrivljenosti padina, karte sjenčanog reljefa i topografske karte TK25. Nakon određivanja položaja plavinskih lepezi bilo je potrebno odrediti spojnu točku plavinske lepeze s drenažnim bazenom od kuda se prihranjuje.

Drenažne mreže pripadajućih plavinskih lepeza definirane su pomoću funkcija u alatu *Hidrology tools* u *Spatial Analyst toolsu*. Tako su dobiveni rasterski podaci o drenažnom bazenu i drenažnoj mreži koji su potom prebačeni u vektorski format. Prije konačne analize izvršena je korekcija obuhvata drenažnih bazena. Iz automatski određenih drenažnih bazena izdvojena su okršena područja tj. ona gdje se pojavljuju ponikve tj. nema površinske drenažne mreže.

Analiza plavinskih lepeza i drenažnih bazena obuhvatila je njihovu hipsometriju, nagibe, ekspoziciju i zakrivljenost. Pomoću alata *Minimum Bounding geometry* izračunate su širina i dužina plavinskih lepeza, a pomoću DEM-a su određene njihove najviše i najniže točke.

Geološka građa drenažnih bazena određena je pomoću Osnovnih geoloških karata. Profili plavinskih lepeza napravljeni su alatom *3D Analyst*. Određivanjem površine desne strane toka drenažnih bazena izračunat je faktor asimetrije drenažnih bazena. Procjena volumena plavinskih lepeza i pripadajućih drenažnih bazena izračunata je množenjem površine s srednjom vrijednosti visina od koje se oduzela minimalna visina lepeza i drenažnih bazena.

U analizi drenažne mreže koja prihranjuje plavinske lepeze izvršena je Strahlerova klasifikacija, određivanje parametara 1. i 2. Hortonovog zakona te analiza gustoće drenažne mreže.

Oblici hipsometrijskih krivulja utvrđeni su hipsometrijskim integralom kojeg možemo izraziti s formulom:

$$H_i = (h_{\text{mean}} - h_{\text{min}})/(h_{\text{max}} - h_{\text{min}})$$

h_{min} - minimalna vrijednost nadmorske visine u drenažnom bazenu

h_{max} - maksimalna vrijednost nadmorske visine u drenažnom bazenu

h_{mean} – prosječna vrijednost nadmorske visine u drenažnom bazenu (Pike i Wilson, 1971)

Indeks bifurkacije predstavlja odnos broja susjednih kategorija tokova po drenažnom bazenu. Indeks bifurkacije jest rezultat Hortonovih zakona koji se još naziva zakon broja tokova. Kako bi se izračunali Hortonovi zakoni potrebno je izračunati i indekse bifurkacije. Formula za izračunavanje indeksa bifurkacije (I_b) glasi:

$$I_b = N_n / N_{n+1}$$

N – broj tokova

n – kategorija tokova (Kvetek i Bočić, 2014)

Kako bi se izračunao teorijski model prvog Hortonovog zakona potrebno je izračunati prosječni indeks bifurkacije za svaki drenažni bazen. Što je veća vrijednost kategorije toka, to bi broj tokova unutar te kategorije trebao biti manji (Kirchner, 1993). Formula za računanje teorijskog modela glasi:

$$N_n = I_{b\text{mean}}^{z \cdot n}$$

N – broj tokova

n – analizirana kategorija toka

I_b – srednja vrijednost indeksa bifurkacije

z – najviši razred toka

Podaci o broju tokova se mogu logaritmirati kako bi se jasnije istaknule razlike između stvarnog stanja i teorijskog modela.

$$\log N_n = (z - n) \log I_b$$

I_b u ovom slučaju predstavlja indeks bifurkacije zasebnog toka.

Indeks duljina (IL) definiran je kao odnos prosječnih duljina tokova dvije susjedne kategorije, a računa se kao:

$$I_L = L_{n+1}/L_n$$

L – prosječna duljina toka određene kategorije

n – kategorija toka (Kvetek i Bočić, 2015)

Drugim Hortonovim zakonom se definiraju duljine tokova pojedine kategorije. Drugi Hortonov zakon se izražava formulom:

$$L_n = L_1 + L_L^{n-1}$$

L – srednja vrijednost toka određene kategorije

L_1 – srednja vrijednost toka najniže kategorije

n – analizirana kategorija

L_L – indeks duljina

Da bi se jasnije istaknule razlike izvršeno je logaritmiranje prema formuli:

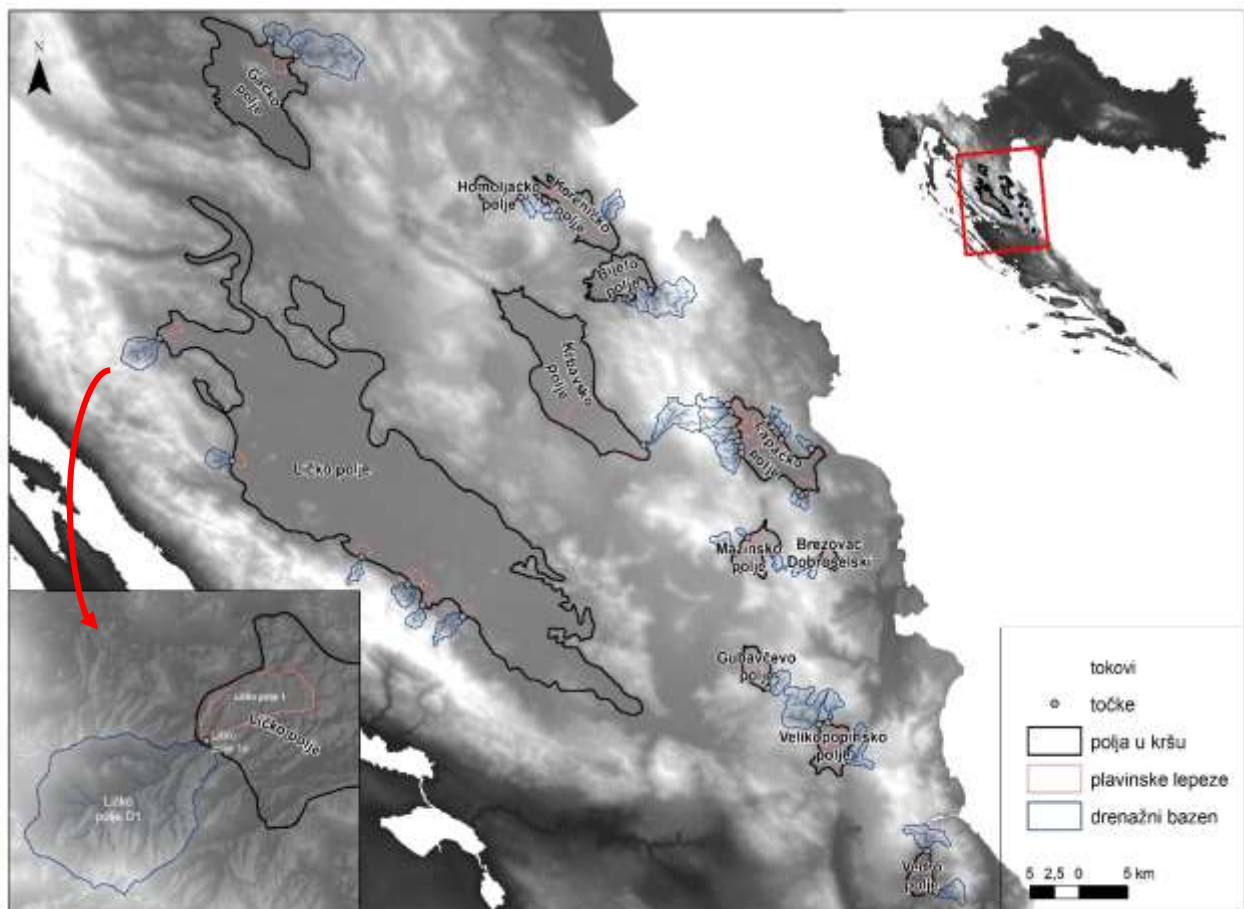
$$\log L_n = \log L_1 + (n-1) \log L_L$$

Plavinske lepeze, točke i drenažni bazeni nazvani su na temelju polja u kršu u kojem se nalaze. Plavinske lepeze time dobivaju naziv krškog polja te redosljedni broj (npr. Velikopopinsko polje 3). Točke spoja plavinske lepeze s drenažnim bazenom dobivaju imena plavinskih lepeza s nastavkom slova a, b ili c (npr. Velikopopinsko polje 3a). Drenažni bazeni nose naziv kontaktne plavinske lepeze s prefiksom D prije redosljednog broja lepeze i nastavkom slova a, b ili c, ukoliko postoji više točaka spoja drenažnog bazena (npr. Velikopopinsko polje D3a) (slika 8).

5. Geomorfološka analiza plavinskih lepeza i njihovih drenažnih bazena

5.1. Prostorni raspored i veličina

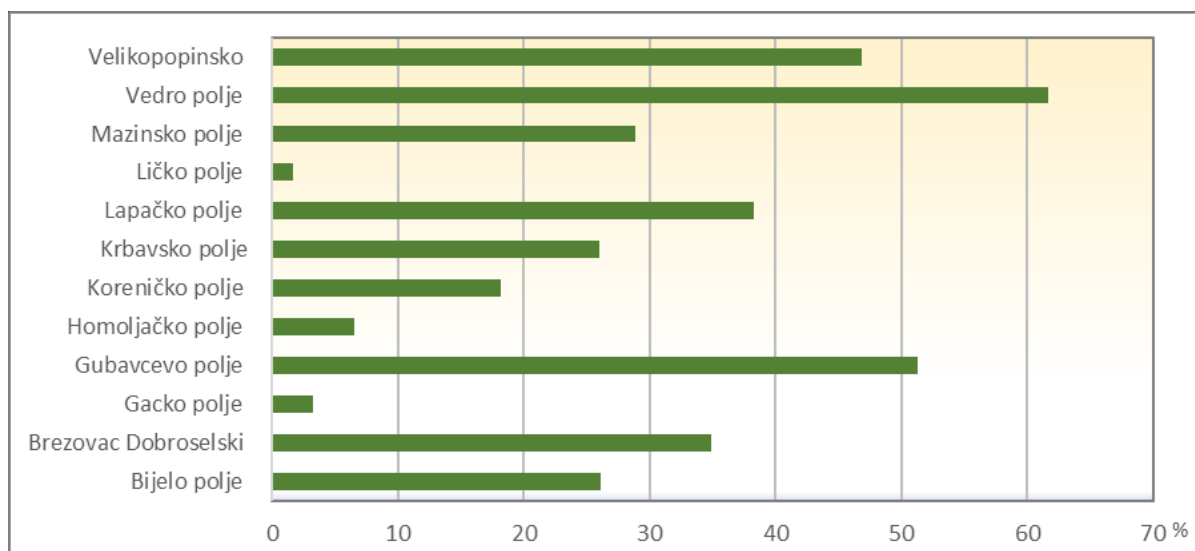
U ovom radu je u 12 krških polja utvrđeno 38 plavinskih lepeza i 42 pripadajuća drenažna bazena (slika 8). Najveće polje u kršu u istraživanom području jest Ličko polje s površinom od 606,42 km². U navedenom krškom polju identificirano je 6 plavinskih lepeza čija površina zauzima 10,21 km² odnosno 1,68 % površine krškog polja. Krško polje u okolini mjesta Brezovac Dobroselski je najmanje analizirano krško polje s površinom 3,06 km². Ovdje je utvrđena jedna plavinska lepeza površine 1,06 km² s udjelom površine u krškom polju od 34,87 %. Krško polje s najvećim udjelom lepeza jest Vedro polje gdje je udio plavinskih lepeza u površini polja 61,63 % unatoč tome što su u tom području identificirane samo dvije plavinske lepeze (tablica 1). U Lapačkom polju, površine 36,91 km², zabilježen je najveći broj lepeza, njih 10 ukupne površine 14,14 km² što je 38,31 % površine krškog polja (slika 9). Po jedna plavinska lepeza zabilježena je u Gubavčevom, Homoljačkom i Krbavskom polju.



Slika 8. Prikaz plavinskih lepeza, drenažnih bazena i krških polja analiziranog područja

Tablica 1. Udio analiziranih plavina u krškim poljima

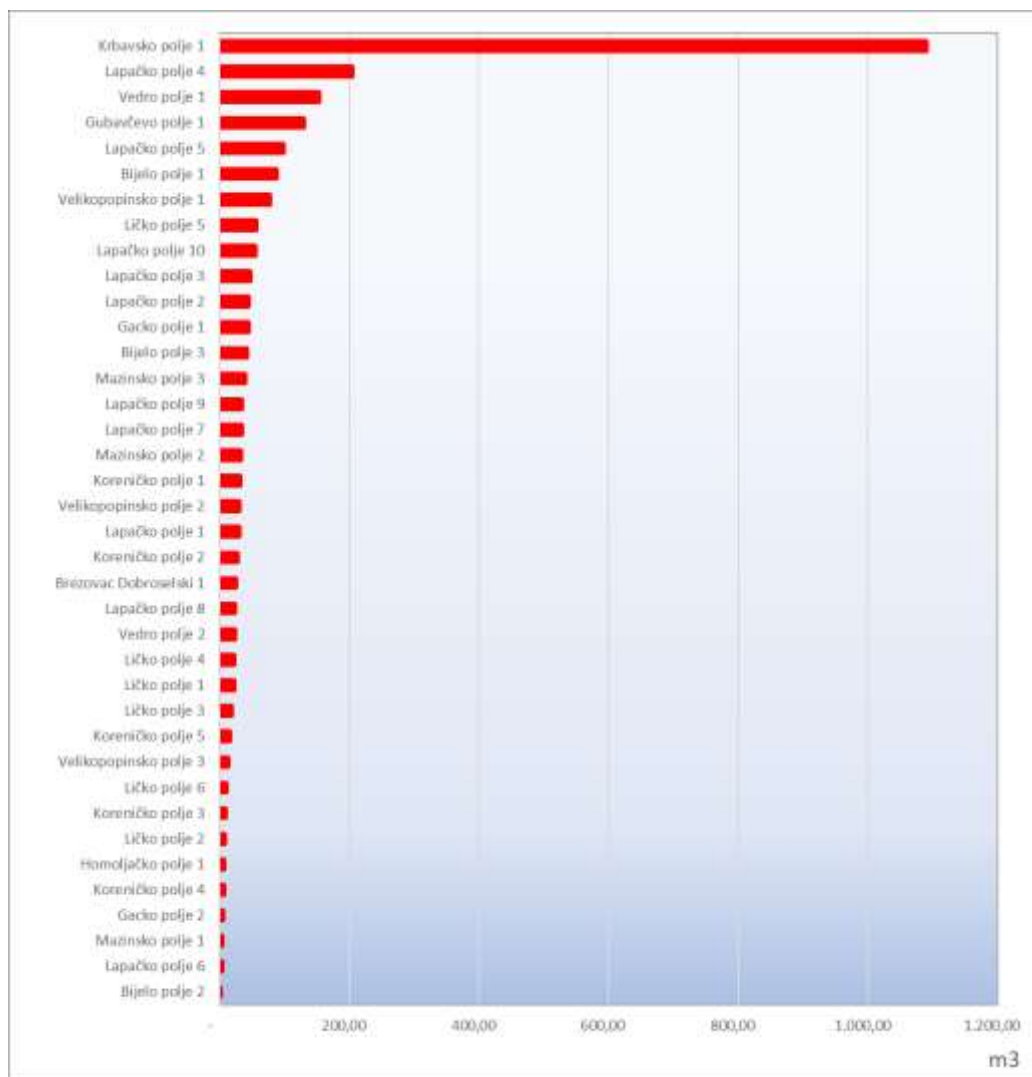
Naziv krškog polja	površina krškog polja (km ²)	površina plavinskih lepeza (km ²)	udio plavina u krškom polju (%)
Bijelo polje	21,03	5,48	26,06
Brezovac Dobroselski	93,69	1,07	34,87
Gacko polje	83,92	2,70	3,22
Gubavčevo polje	23,15	4,65	51,31
Homoljačko polje	7,65	0,50	6,56
Koreničko polje	36,91	4,21	18,17
Krbavsko polje	13,79	24,35	25,99
Lapačko polje	9,06	14,14	38,31
Ličko polje	14,65	10,21	1,68
Mazinsko polje	3,06	3,99	28,91
Vedro polje	9,04	5,57	61,63
Velikopopinsko	606,43	6,87	46,88



Slika 9. Prikaz udjela analiziranih plavina u krškim poljima

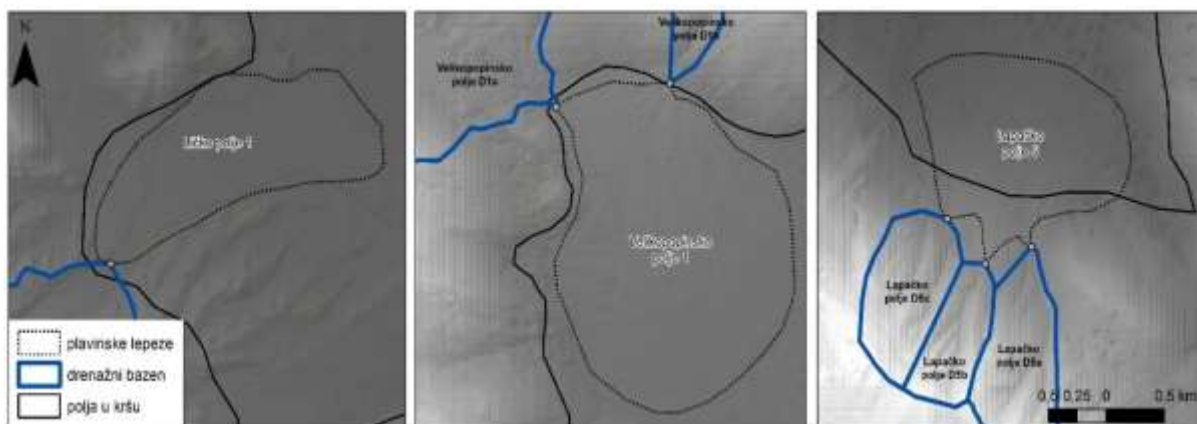
Najveća utvrđena plavinska lepeza nalazi se u jugoistočnom dijelu Krbavskog polja s površinom od 24,35 km². Najmanju utvrđenu plavinsku lepezu istraživanog područja možemo naći u jugoistočnom dijelu Bijelog polja s površinom od 0,19 km² (slika 10). Ukupna površina svih analiziranih plavinskih lepeza iznosi 83,74 km². Prosječna površina svih plavinskih lepeza iznosi 2,20 km². 31 plavinska lepeza ima površinu manju od prosjeka, dok 7 plavinskih lepeza površinom nadmašuju prosjek. Plavinska lepeza u Krbavskom polju je također najveća plavinska lepeza procijenjenog volumena u iznosu od 1089,45 m³, širinu od 3820 m i duljinu od 8756,42 m. Već navedena plavinska lepeza u Bijelom polju ima najmanji volumen od 1,08

m³ i duljinu u iznosu od 407,45 m. Najuža plavinska lepeza nalazi se u istočnom dijelu Lapačkog polja širine 543 m. Prosječna širina plavinskih lepeza iznosi 1479,89 m. Plavinske lepeze su podjednako raspoređene po pitanju širine gdje je 19 plavinskih lepeza ispodprosječne širine, a 19 iznadprosječne. Prosječna duljina plavinskih lepeza krških polja Dinarida iznosi 1800,33 m. 25 plavinskih lepeza je ispodprosječne duljine, a 13 njih iznadprosječne duljine.



Slika 10. Prikaz volumena identificiranih plavinskih lepeza

Podjela plavinskih lepeza se može vršiti prema njihovom tipu, odnosno na temelju broja drenažnih bazena koji opskrbljuju jednu plavinu. Stoga se dijele na jednostruke, dvostruke, trostruke itd. (slika 11). Od 38 plavinskih lepeza, njih 30, tj. 79 % ukupnog broja plavinskih lepeza su jednostrukog tipa, tri plavinske lepeze, tj. 8 %, su dvostruke, a njih pet, odnosno 13 % je trostrukih. Lapačko polje je polje s najviše trostrukih plavinskih lepeza, njih dvije. Dvostruke plavinske lepeze nalaze se u Gubavčevom polju (1) i u Velikopopinskom polju, njih dvije.



Slika 11. Jednostruka, dvostruka i trostruka plavinska lepeza

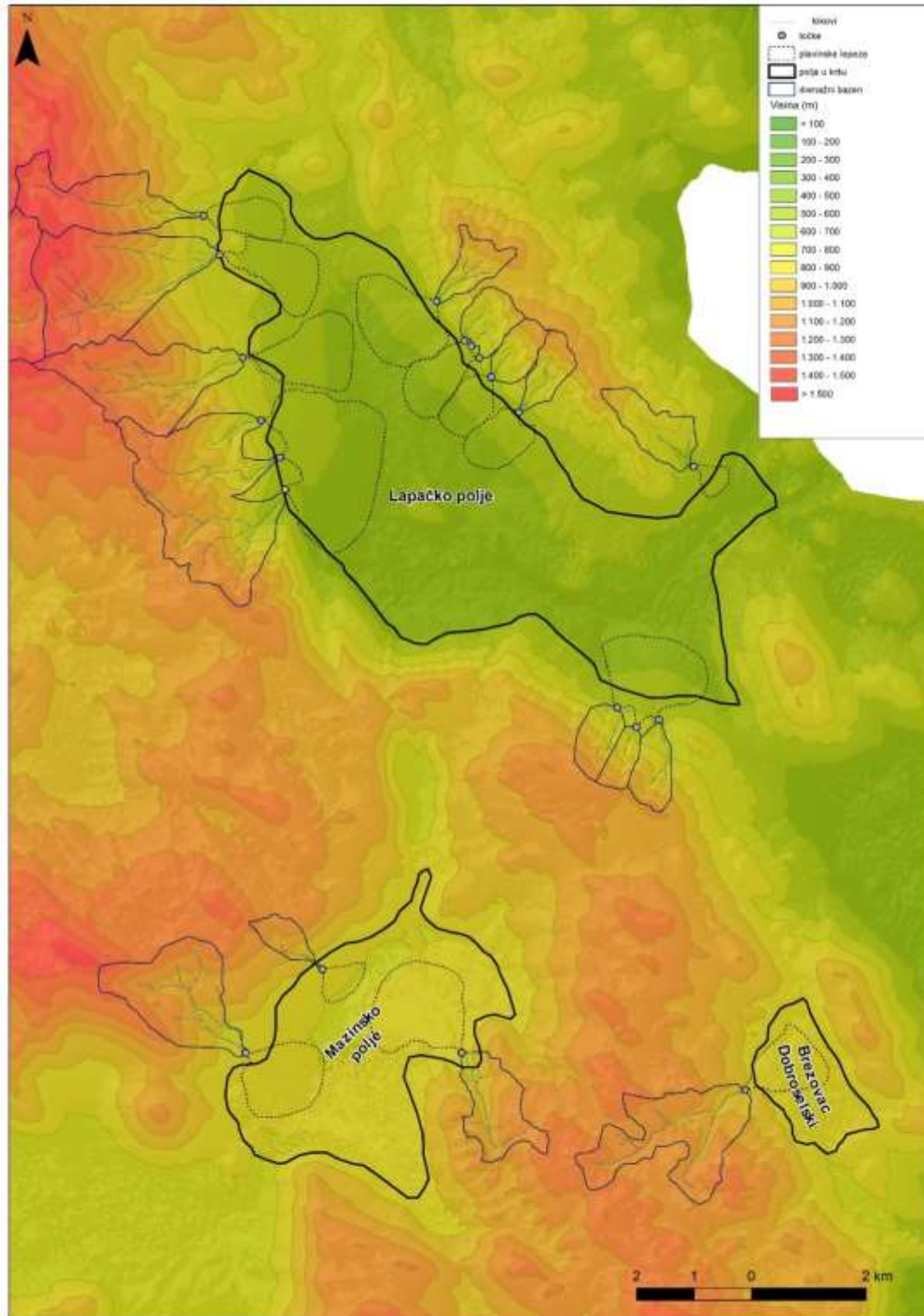
5.2. Hipsometrija

Hipsometrijske značajke nekog prostora su važan pokazatelj reljefne strukture, te su korisne u kombinaciji s ostalim morfometrijskim pokazateljima prilikom uočavanja mogućnosti iskorištavanja prostora za razne potrebe (Lozić, 1996).

Prostor istraživanog područja zahvaća nadmorske visine manje od 100 metara pa sve do područja koje karakterizira visina veća od 1500 metara u rasponu od 100 metara visine (slika 12).

Najniže vrijednosti visine uočene su u Vedrom polju, gdje najmanja visina iznosi 387 m, minimalna visina plavinske lepeze u istoimenom polju iznosi 395 m te drenažnog bazena 450 m (slika 13 i 14). Plavinska lepeza s najvišom nadmorskom visinom od 900 m nalazi se u kod mjesta Brezovac Dobroselski, visina krškog polja iznosi 807 m, dok se drenažni bazen s najvišom nadmorskom visinom od 1655m nalazi u okolici Krbavskog polja (tablica 2). Najmanji raspon visina od 19,04 m može se uočiti kod plavinske lepeze u zapadnom dijelu Ličkog polja, a najveću visinsku razliku od 187,52 m ima plavinska lepeza u južnom dijelu Lapačkog polja. Najmanja visinska razlika drenažnog bazena nalazi se u istočnom dijelu Velikopopinskog polja i iznosi 191,49 m. Najveći raspon visina od 924,12 m ima drenažni bazen koji se nalazi u istočnom dijelu Bijelog polja. Prosječna minimalna visina plavinskih lepeza iznosi 618,10 m. 22 plavinske lepeze, odnosno njih 58%, imaju ispodprosječnu minimalnu visinu, a iznadprosječnu visinu ima njih 16, tj. 42%. Prosječna maksimalna visina plavinskih lepeza iznosi 697,28 m. Ispodprosječnu maksimalnu visinu ima 20 plavinskih lepeza, tj. 53 % ukupnog broja plavinskih lepeza. Iznadprosječnu maksimalnu visinu ima 47 % plavinskih lepeza, odnosno njih 18 (slika 13). Prosječna minimalna visina drenažnih bazena iznosi 688,05 m. 24 drenažna bazena, tj. 57 %, imaju ispodprosječnu minimalnu visinu, a njih

18 (43 %) iznadprosječnu minimalnu visinu. Prosječna maksimalna visina drenažnih bazena iznosi 1248,71 m. Ispodprosječna maksimalna visina može se uočiti kod 50% drenažnih bazena, odnosno njih 21, dok se iznadprosječna maksimalna visina uočava kod ostalih 50% drenažnih bazena. (slika 14).

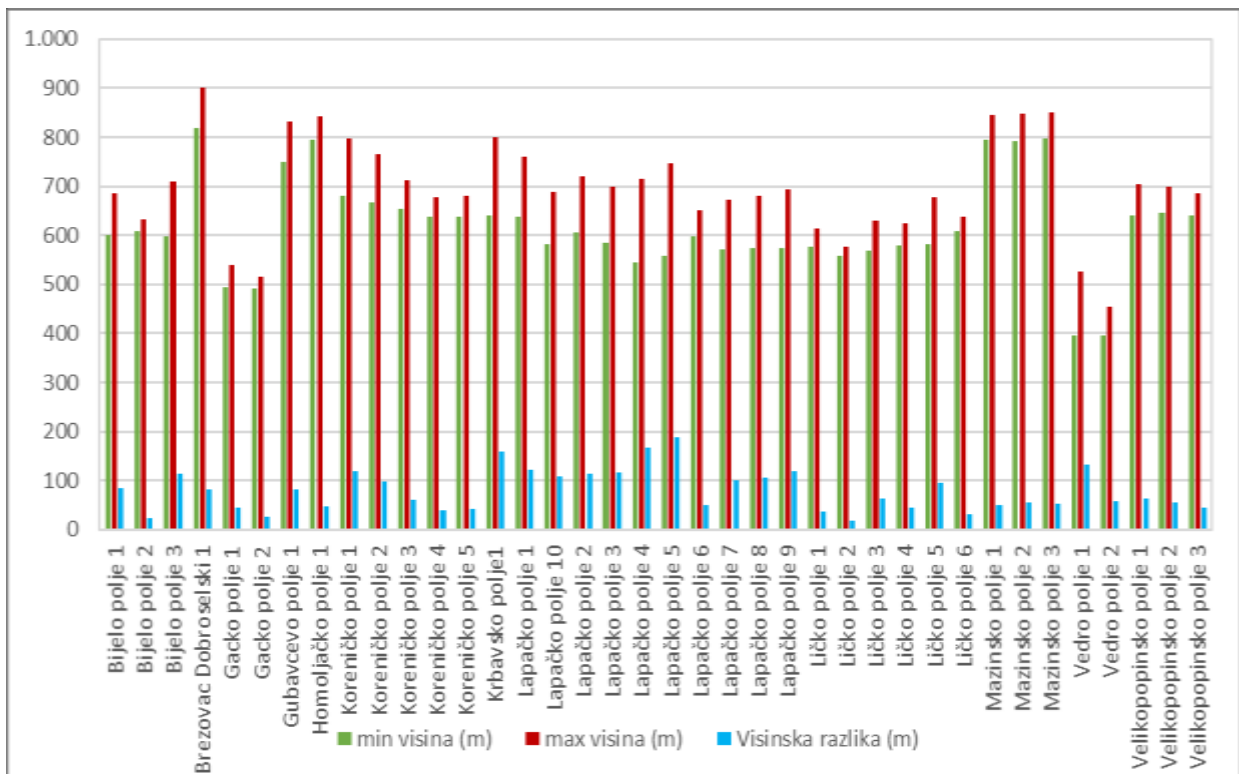


Slika 12. Hipsometrijska karta Ličkog i Mazinskog polja i Brezovca Dobroselskog

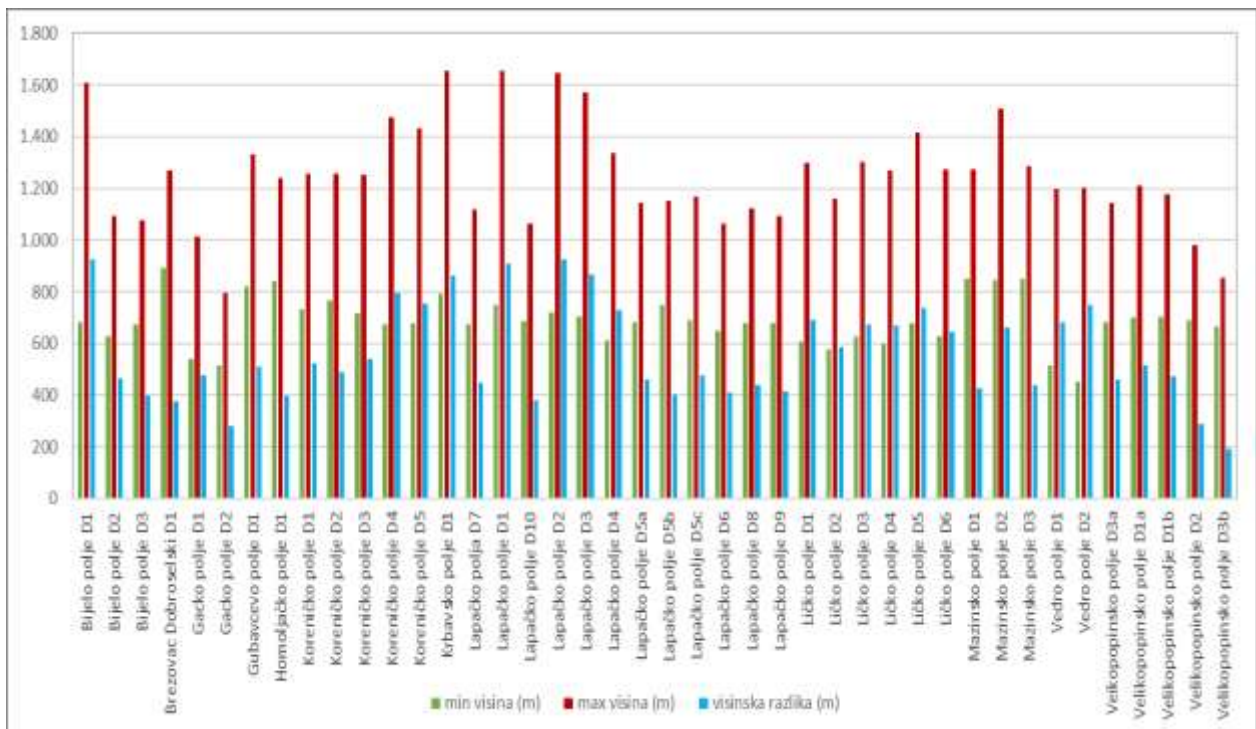
Tablica 2. Minimalna i maksimalna visina te visinska razlika plavinskih lepeza i drenažnih bazena

naziv plavinskih lepeza	min visina (m)	max visina (m)	Visinska razlika (m)
Bijelo polje 1	600,45	684,71	84,27
Bijelo polje 2	608,21	632,37	24,16
Bijelo polje 3	597,17	710,54	113,37
Brezovac Dobroselski 1	818,35	900,30	81,95
Gacko polje 1	494,29	539,28	44,99
Gacko polje 2	492,02	516,73	24,71
Gubavcevo polje 1	750,25	831,95	81,71
Homoljačko polje 1	795,08	842,49	47,41
Koreničko polje 1	680,18	798,15	117,97
Koreničko polje 2	668,00	766,59	98,59
Koreničko polje 3	652,77	713,57	60,79
Koreničko polje 4	638,42	676,78	38,36
Koreničko polje 5	638,48	681,58	43,10
Krbavsko polje1	641,40	799,02	157,62
Lapačko polje 1	638,15	759,71	121,56
Lapačko polje 10	581,35	689,25	107,90
Lapačko polje 2	607,08	720,67	113,60
Lapačko polje 3	584,14	699,79	115,65
Lapačko polje 4	545,76	713,96	168,20
Lapačko polje 5	558,96	746,48	187,52
Lapačko polje 6	599,28	650,12	50,84
Lapačko polje 7	570,38	671,32	100,95
Lapačko polje 8	574,98	679,88	104,90
Lapačko polje 9	574,77	693,82	119,04
Ličko polje 1	577,57	613,57	36,00
Ličko polje 2	558,17	577,21	19,04
Ličko polje 3	568,16	630,27	62,11
Ličko polje 4	580,48	624,02	43,54
Ličko polje 5	582,51	678,20	95,69
Ličko polje 6	607,39	637,74	30,35
Mazinsko polje 1	794,75	845,08	50,33
Mazinsko polje 2	792,38	848,35	55,97
Mazinsko polje 3	797,37	851,11	53,74
Vedro polje 1	395,70	527,08	131,38
Vedro polje 2	396,90	454,58	57,68
Velikopopinsko polje 1	640,69	704,99	64,30
Velikopopinsko polje 2	645,27	699,94	54,68
Velikopopinsko polje 3	640,70	685,54	44,84

naziv drenažnog bazena	min visina (m)	max visina (m)	visinska razlika (m)
Bijelo polje D1	683,55	1607,68	924,12
Bijelo polje D2	629,69	1094,13	464,44
Bijelo polje D3	675,41	1074,57	399,16
Brezovac Dobroselski D1	890,61	1268,37	377,76
Gacko polje D1	539,03	1015,02	475,99
Gacko polje D2	516,51	796,87	280,36
Gubavcevo polje D1	820,79	1331,17	510,38
Homoljačko polje D1	842,29	1241,31	399,03
Koreničko polje D1	730,89	1255,14	524,25
Koreničko polje D2	767,77	1256,65	488,89
Koreničko polje D3	713,93	1253,11	539,17
Koreničko polje D4	675,82	1472,88	797,06
Koreničko polje D5	679,05	1434,04	754,99
Krbavsko polje D1	792,30	1655,86	863,56
Lapačko polje D7	674,02	1119,80	445,77
Lapačko polje D1	747,97	1655,24	907,26
Lapačko polje D10	684,97	1065,38	380,42
Lapačko polje D2	721,67	1645,32	923,65
Lapačko polje D3	702,26	1569,46	867,20
Lapačko polje D4	611,26	1338,48	727,22
Lapačko polje D5a	683,87	1145,14	461,27
Lapačko polje D5b	750,02	1152,73	402,71
Lapačko polje D5c	691,74	1168,27	476,53
Lapačko polje D6	650,62	1062,57	411,95
Lapačko polje D8	680,33	1120,80	440,47
Lapačko polje D9	678,60	1092,59	413,98
Ličko polje D1	606,82	1297,95	691,13
Ličko polje D2	576,79	1161,16	584,37
Ličko polje D3	626,75	1302,62	675,87
Ličko polje D4	599,17	1269,51	670,35
Ličko polje D5	679,36	1416,82	737,47
Ličko polje D6	626,55	1272,80	646,25
Mazinsko polje D1	848,81	1274,23	425,43
Mazinsko polje D2	845,91	1508,71	662,80
Mazinsko polje D3	848,08	1285,40	437,31
Vedro polje D1	515,01	1196,05	681,04
Vedro polje D2	450,93	1201,86	750,94
Veikopopinsko polje D3a	683,28	1143,34	460,06
Velikopopinsko polje D1a	697,51	1212,02	514,51
Velikopopinsko polje D1b	703,03	1176,34	473,31
Velikopopinsko polje D2	691,26	979,11	287,85
Velikopopinsko polje D3b	663,91	855,40	191,49



Slika 13. Visinska razlika plavinskih lepeza



Slika 14. Visinska razlika drenažnih bazena

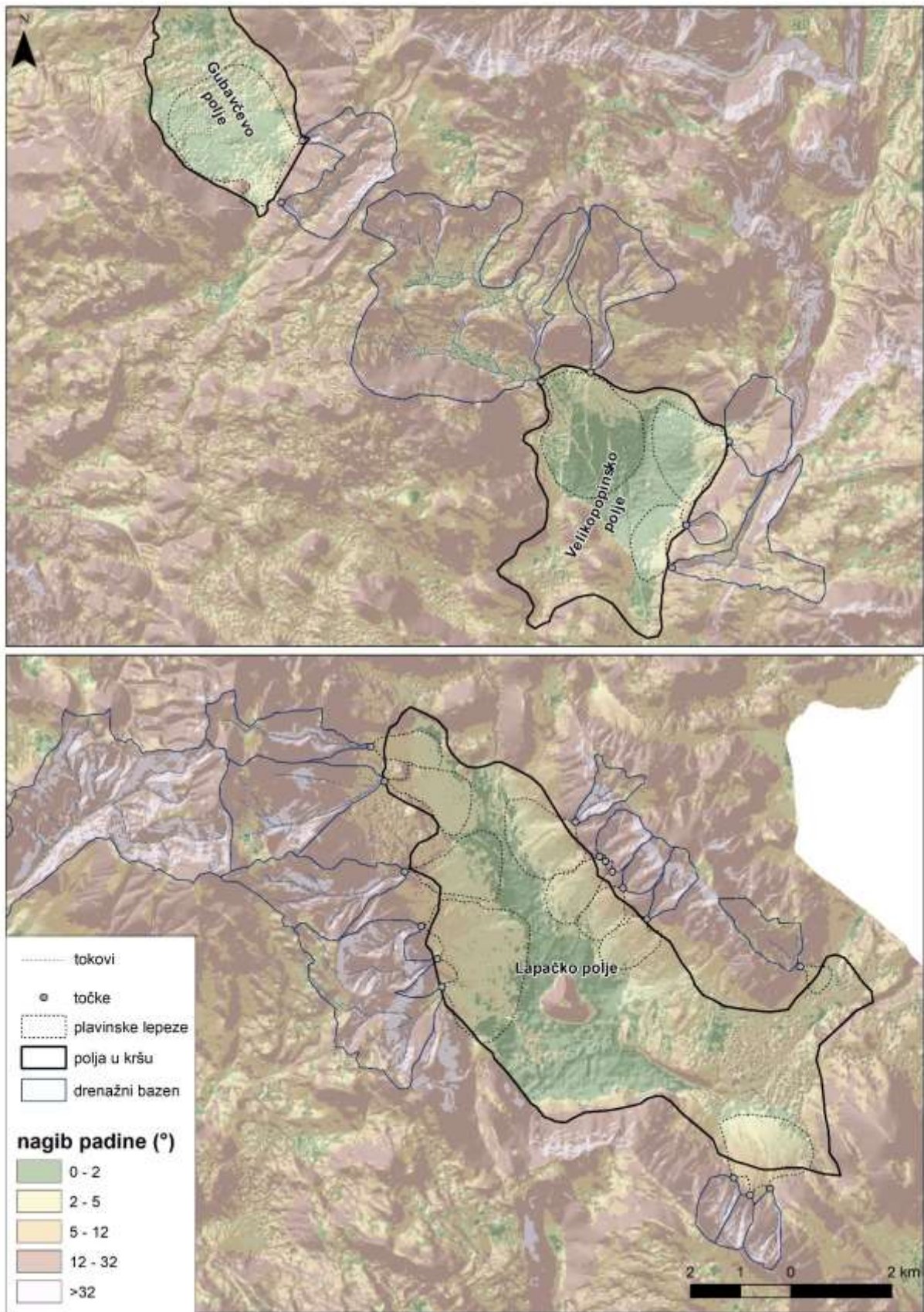
5.3. Nagib padina

Geomorfološka klasifikacija nagiba padina prihvaćena od IGU (International Geographical Union) temeljena je na morfološkim procesima čiji intenzitet ovisi o veličini nagiba i reljefnim oblicima (Lozic, 1996):

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

Analizom digitalnog modela reljefa utvrđeni su minimalne i maksimalne vrijednosti nagiba padina na plavinskim lepezama i njihovim drenažnim bazenima. Vrijednosti manje od 6° karakteristične su za plavinske lepeze, dok se vrijednosti veće od 6° uočavaju na drenažnim bazenima plavinskih lepeza (slika 15). Vrijednosti nagiba plavinskih lepeza podjednako su raspoređene u kategorijama 0° - 2° i 3° - 5°. Kategorija jako nagnutog terena, 13° - 32°, prevladava u drenažnim bazenima, dok je manje zastupljena kategorija nagnutog terena i pojačanog spiranja, 6° - 12°. Najmanja vrijednost nagiba plavinskih lepeza od 0,78° nalazi se u Ličkom polju, dok je najveća vrijednost od 6,85° utvrđena na plavinskoj lepezi u Koreničkom polju (slika 16). Drenažni bazen u okolici mjesta Brezovac Dobroselski karakteriziran je nagnutim terenom s najmanje opaženim nagibom od 6,63° (slika 17). Jako nagnuti teren, snažne erozije uočen je u Koreničkom polju na drenažnom bazenu s najvišim nagibom istraživanog područja od 19,90° (tablica 3).

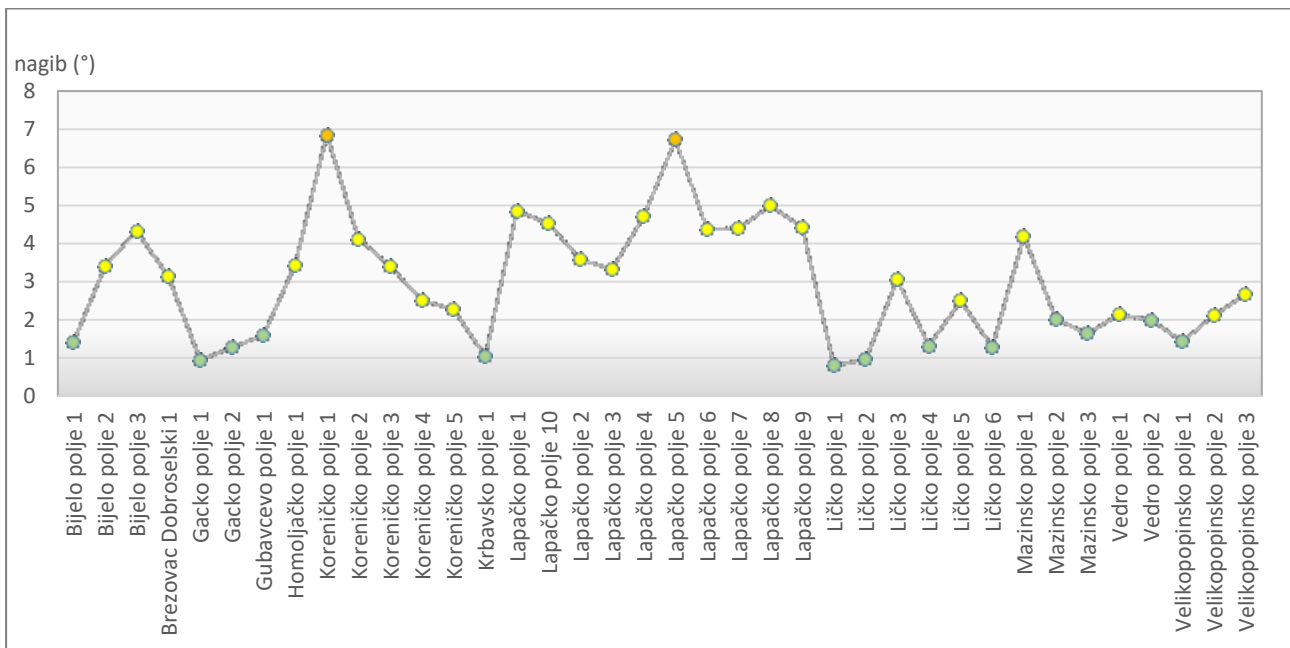
Prosječni nagib plavinskih lepeza iznosi 2,98°. Plavinske lepeze su podjednako raspoređene po pitanju nagiba, gdje je ispodprosječni nagib značajka 50 % plavinskih lepeza (njih 19), a iznadprosječni nagib je uočen u ostalih 50 % ukupnog broja plavinskih lepeza. Prosječan nagib drenažnih bazena iznosi 13,28°. 21 odnosno 50 % drenažnih bazena ima nagib manji od 13,28°.



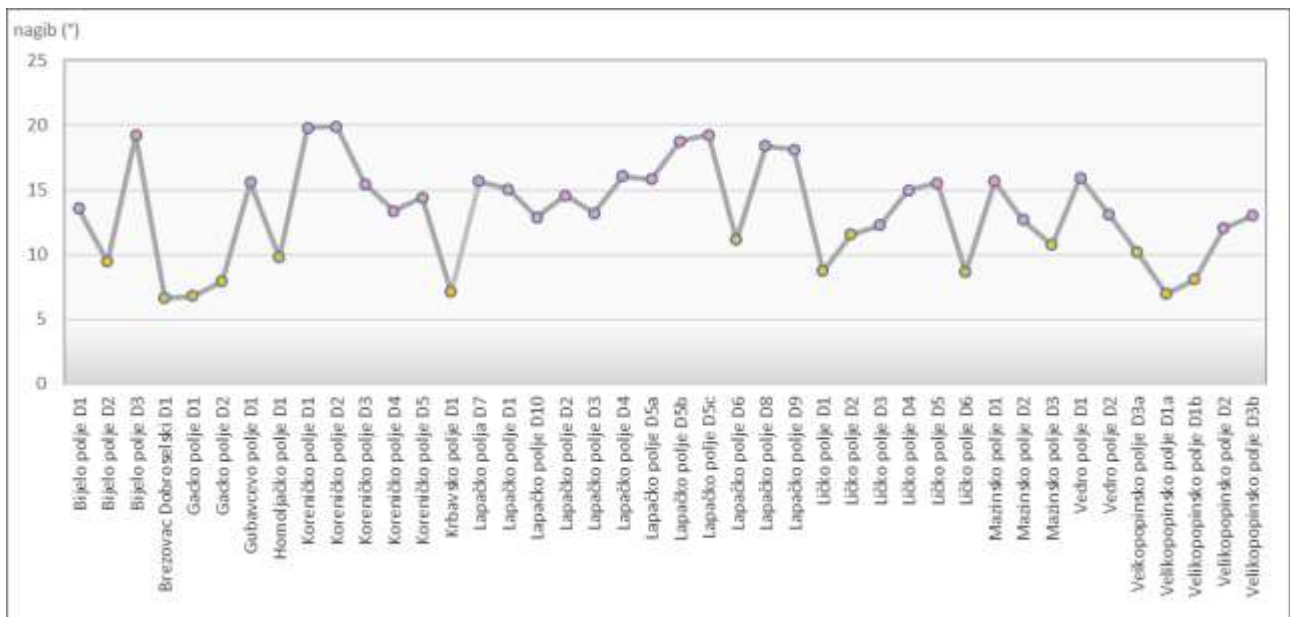
Slika 15. Nagibi padina Gubavčevog, Velikopopinskog i Lapačkog polja

Tablica 3. Nagibi padina plavinskih lepeza i drenažnih bazena

naziv plavinske lepeze	nagib (°)	naziv drenažnog bazena	nagib (°)
Bijelo polje 1	1,40	Bijelo polje D1	13,55
Bijelo polje 2	3,39	Bijelo polje D2	9,41
Bijelo polje 3	4,32	Bijelo polje D3	19,22
Brezovac Dobroselski 1	3,12	Brezovac Dobroselski D1	6,63
Gacko polje 1	0,94	Gacko polje D1	6,75
Gacko polje 2	1,26	Gacko polje D2	7,90
Gubavcevo polje 1	1,59	Gubavcevo polje D1	15,58
Homoljačko polje 1	3,43	Homoljačko polje D1	9,75
Koreničko polje 1	6,85	Koreničko polje D1	19,83
Koreničko polje 2	4,11	Koreničko polje D2	19,90
Koreničko polje 3	3,39	Koreničko polje D3	15,48
Koreničko polje 4	2,50	Koreničko polje D4	13,35
Koreničko polje 5	2,26	Koreničko polje D5	14,43
Krbavsko polje 1	1,03	Krbavsko polje D1	7,10
Lapačko polje 1	4,84	Lapačko polje D7	15,64
Lapačko polje 10	4,51	Lapačko polje D1	15,08
Lapačko polje 2	3,57	Lapačko polje D10	12,87
Lapačko polje 3	3,32	Lapačko polje D2	14,58
Lapačko polje 4	4,70	Lapačko polje D3	13,22
Lapačko polje 5	6,71	Lapačko polje D4	16,06
Lapačko polje 6	4,37	Lapačko polje D5a	15,84
Lapačko polje 7	4,38	Lapačko polje D5b	18,77
Lapačko polje 8	4,98	Lapačko polje D5c	19,26
Lapačko polje 9	4,41	Lapačko polje D6	11,13
Ličko polje 1	0,78	Lapačko polje D8	18,39
Ličko polje 2	0,95	Lapačko polje D9	18,12
Ličko polje 3	3,05	Ličko polje D1	8,70
Ličko polje 4	1,31	Ličko polje D2	11,52
Ličko polje 5	2,49	Ličko polje D3	12,29
Ličko polje 6	1,27	Ličko polje D4	14,98
Mazinsko polje 1	4,18	Ličko polje D5	15,54
Mazinsko polje 2	2,01	Ličko polje D6	8,65
Mazinsko polje 3	1,63	Mazinsko polje D1	15,68
Vedro polje 1	2,12	Mazinsko polje D2	12,69
Vedro polje 2	1,99	Mazinsko polje D3	10,71
Velikopopinsko polje 1	1,42	Vedro polje D1	15,95
Velikopopinsko polje 2	2,11	Vedro polje D2	13,11
Velikopopinsko polje 3	2,66	Velikopopinsko polje D3a	10,17
		Velikopopinsko polje D1a	6,95
		Velikopopinsko polje D1b	8,09
		Velikopopinsko polje D2	12,03
		Velikopopinsko polje D3b	13,00



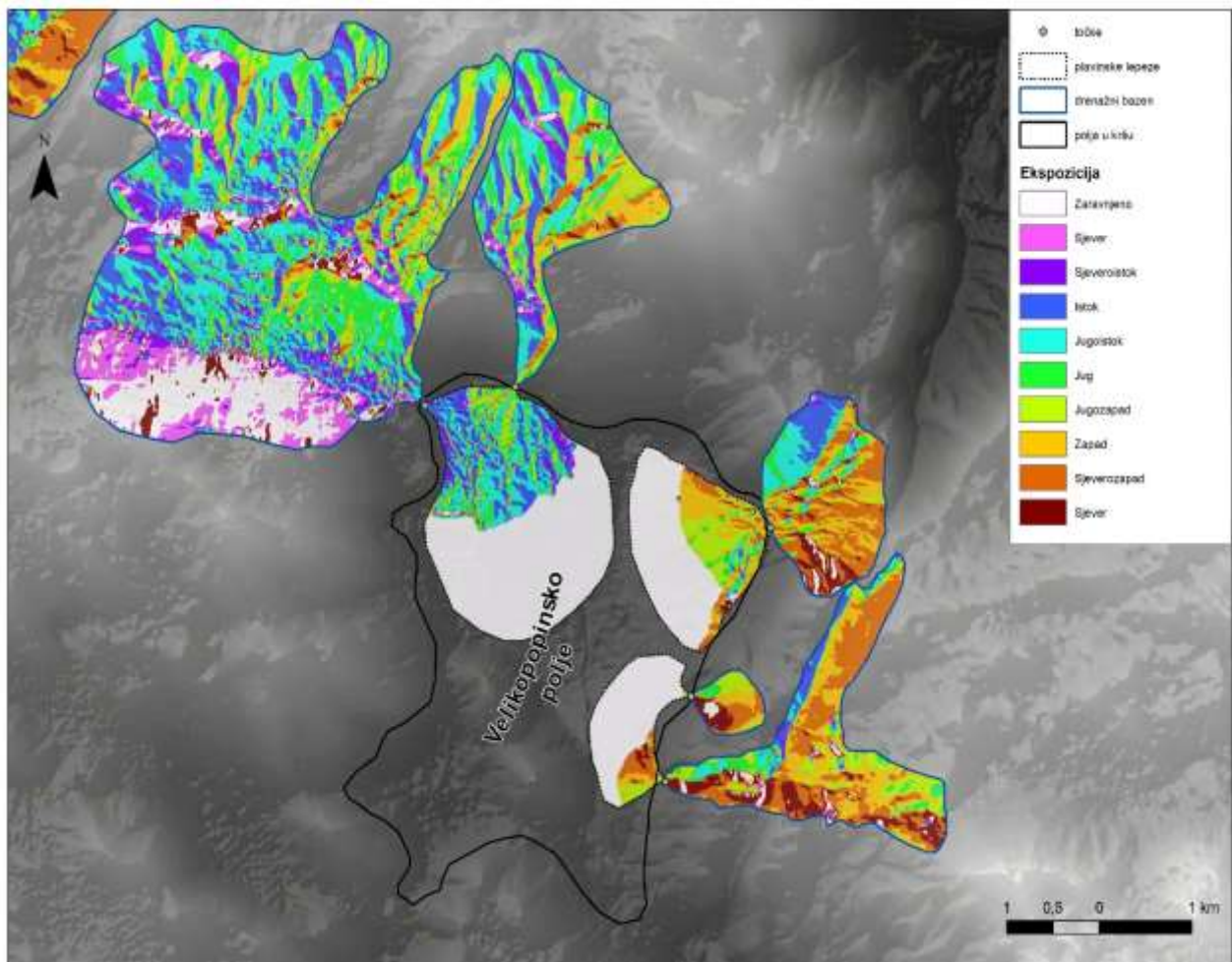
Slika 16. Prikaz nagiba plavinskih lepeza



Slika 17. Prikaz nagiba drenažnih bazena

5.4. Ekspozicija padina

Ekspozicija padina u smjeru najvećeg nagiba predstavlja njezinu orijentaciju s obzirom na strane svijeta. (Pahernik, 2007). Kut se najčešće određuje od pravca sjevera u smjeru kazaljke na satu (slika 18). Utjecaj ekspozicija na geomorfološke procese značajan je jer različito eksponirane padine primaju različitu količinu kratkovalnog zračenja, što utječe na karakteristike klimatskih elemenata kao egzogeno-geomorfoloških agenasa (Radoš i dr. 2012).



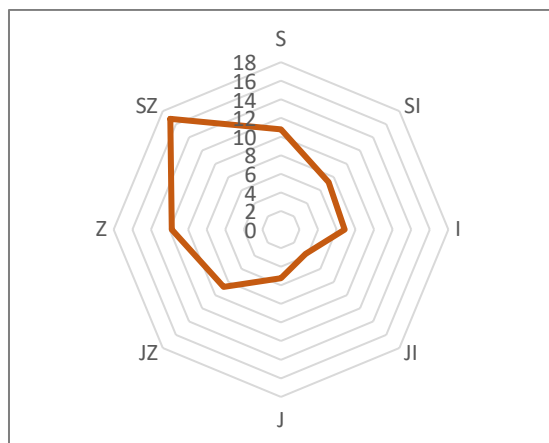
Slika 18. Ekspozicija padina Velikopopinskog polja

Na slici 19. uočava se zastupljenost sjeverozapadnog smjera ekspozicije padina kod plavinskih lepeza, a na slici 20. se može uočiti podjednaka zastupljenost svih smjerova ekspozicije padina kod drenažnih bazena s udjelima od 10 do 12 % površine. Najveću zastupljenost imaju zaravnjene i južne padine, a najmanju sjeverne (slika 21). Najzastupljeniji smjer ekspozicije padina kod plavinskih lepeza je zaravnjeno područje koje čini 28,91 % ukupne površine, a zatim smjer sjeverozapada koji čini 16,84 % površine plavinskih lepeza (tablica 4).

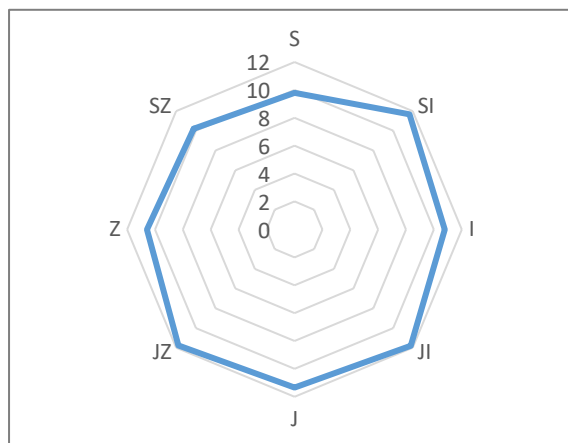
Tablica 4. Površine i udijeli ekspozicije padina plavinskih lepeza i drenažnih bazena

ekspozicija plavinskih lepeza	površina (km ²)	površina (%)
Zaravnjeno	23,67	28,91
Sjever	8,81	10,76
Sjeveroistok	5,91	7,22
Istok	5,61	6,85
Jugoistok	3,04	3,72
Jug	4,30	5,25
Jugozapad	7,14	8,72
Zapad	9,61	11,74
Sjeverozapad	13,79	16,84

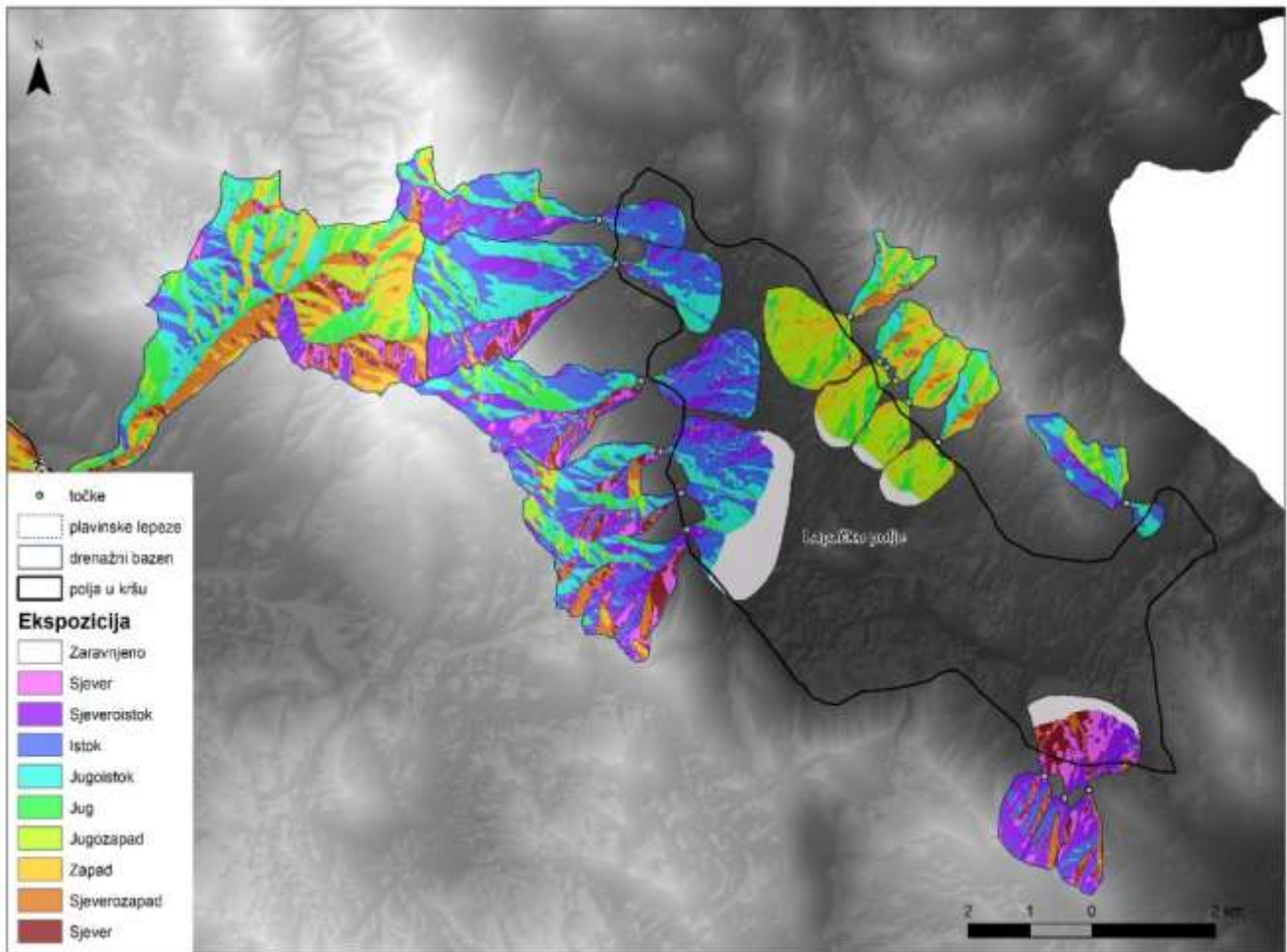
ekspozicija drenažnog bazena	površina (km ²)	površina (%)
Zaravnjeno	18,78	12,07
Sjever	15,24	9,79
Sjeveroistok	18,16	11,67
Istok	16,78	10,78
Jugoistok	18,35	11,79
Jug	17,65	11,34
Jugozapad	18,31	11,77
Zapad	16,47	10,58
Sjeverozapad	15,91	10,22



Slika 19. Ekspozicija padina plavinskih lepeza u omjeru s udjelom površine



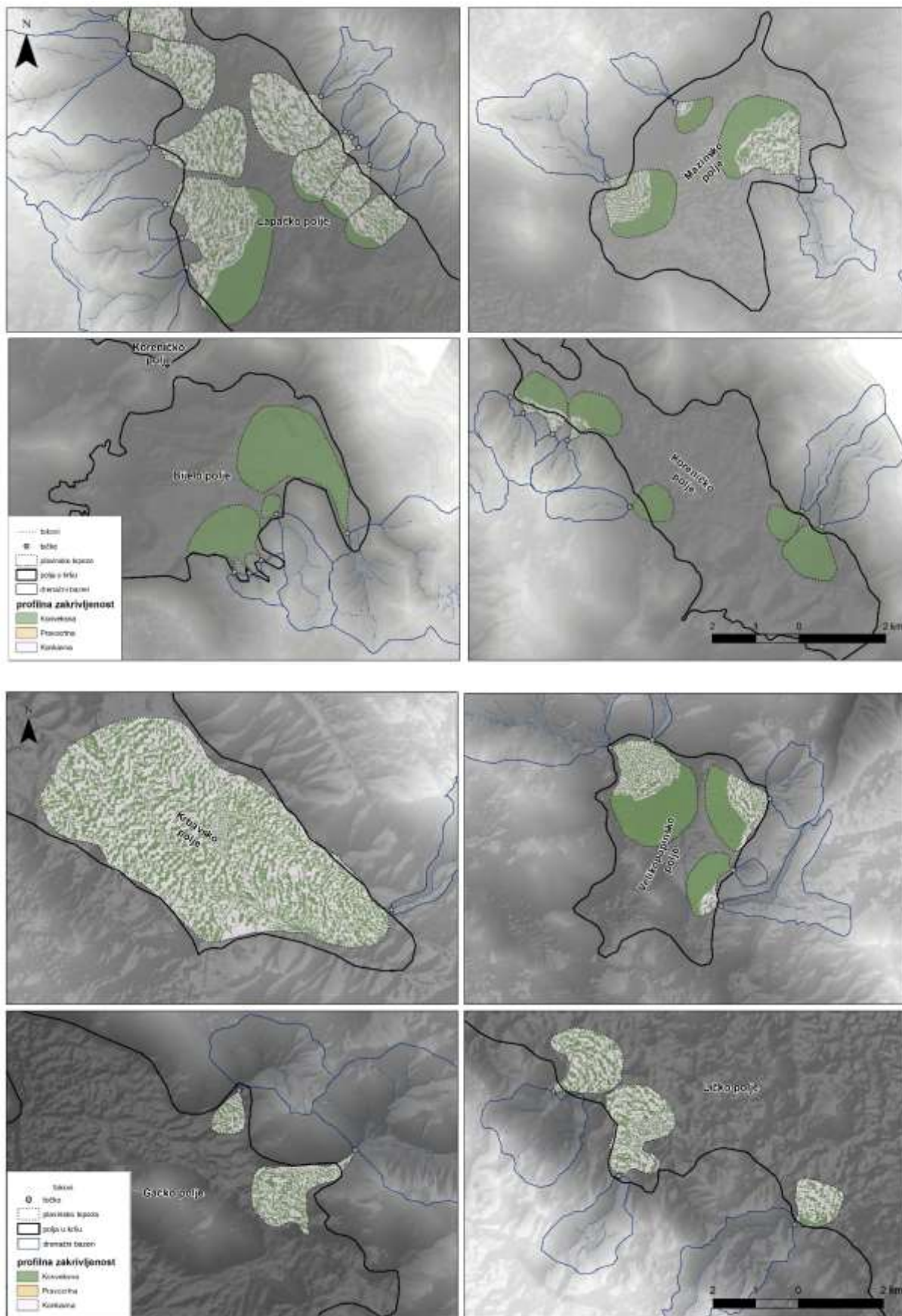
Slika 20. Ekspozicija padina drenažnih bazena u omjeru s udjelom površine



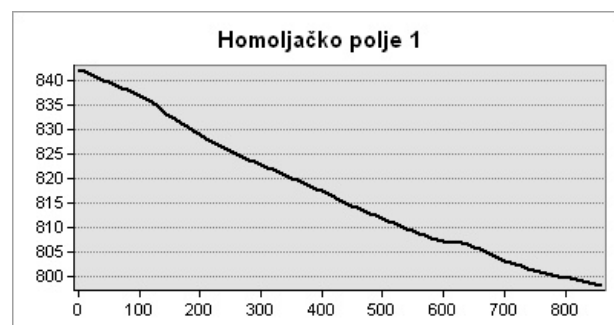
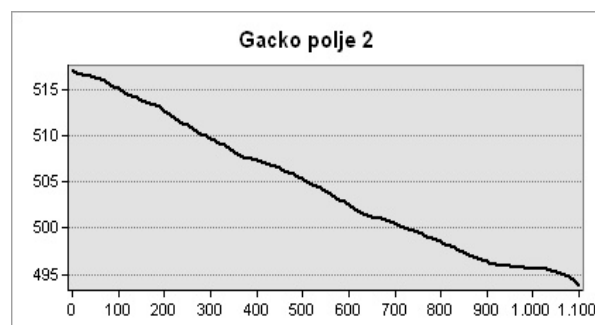
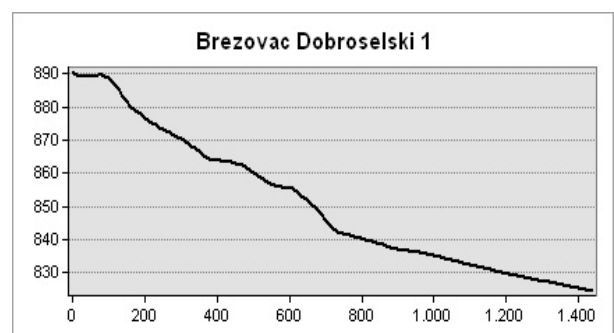
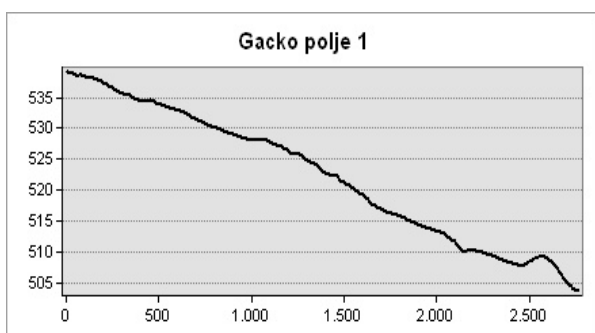
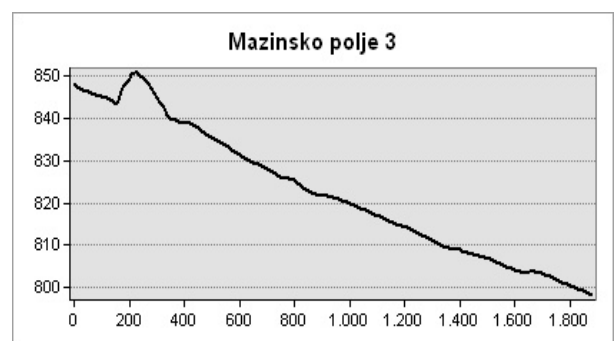
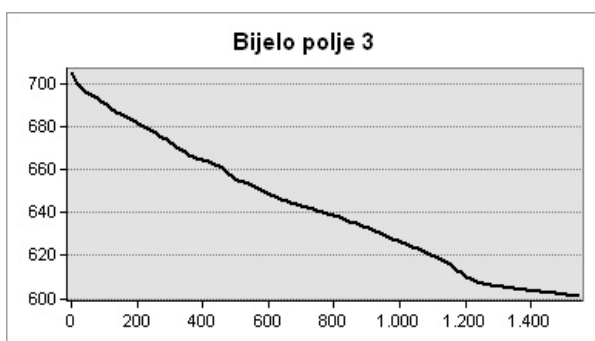
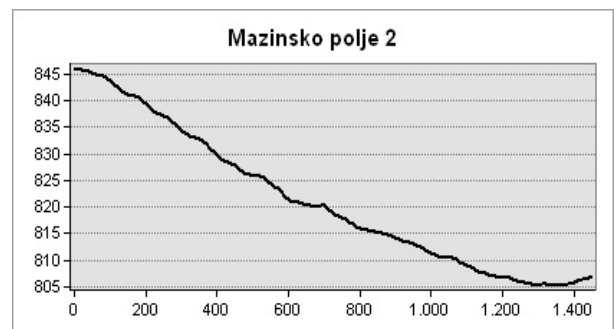
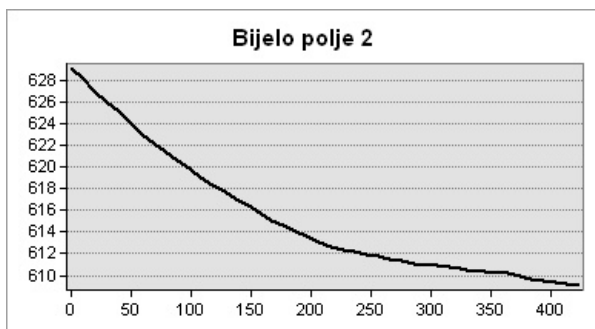
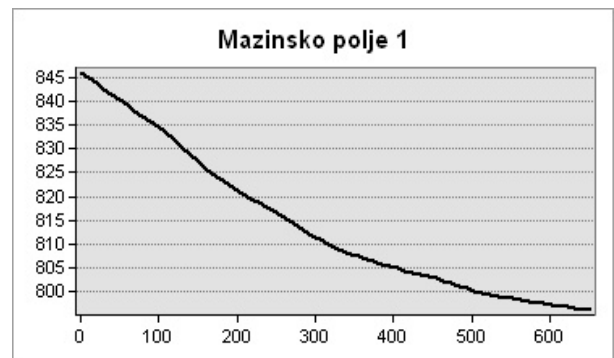
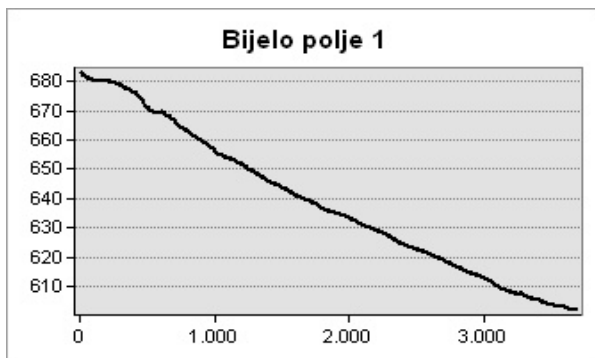
Slika 21. Ekspozicija padina plavinskih lepeza i pripadajućih drenažnih bazena Lapačkog polja

5.5. Profilna zakrivljenost padina

Na oblik padine utječu akumulacijski i denudacijski procesi koji su produkt endogenih i egzogenih geomorfoloških procesa. Analize zakrivljenosti padina ukazuju na karakter i intenzitet procesa koji djeluju na promjene u izgledu padina ili njihovih dijelova. Profilna zakrivljenost padina ističe područja relativno brzih promjena na nagibima padina. Profilna zakrivljenost odnosi se na linije okomite na izohipse. Pozitivne vrijednosti prikazuju konkavni uzdužni profil padine, a negativne vrijednosti na konveksni profil. Nula prikazuje pravocrtnu liniju (Radoš i dr, 2012). Ukoliko je prostor uravnotežen dolazi do razvoja pravocrtne padina (slika 22 i 23).



Slika 22. Profina zakrivljenost padina izabranih plavinskih lepeza

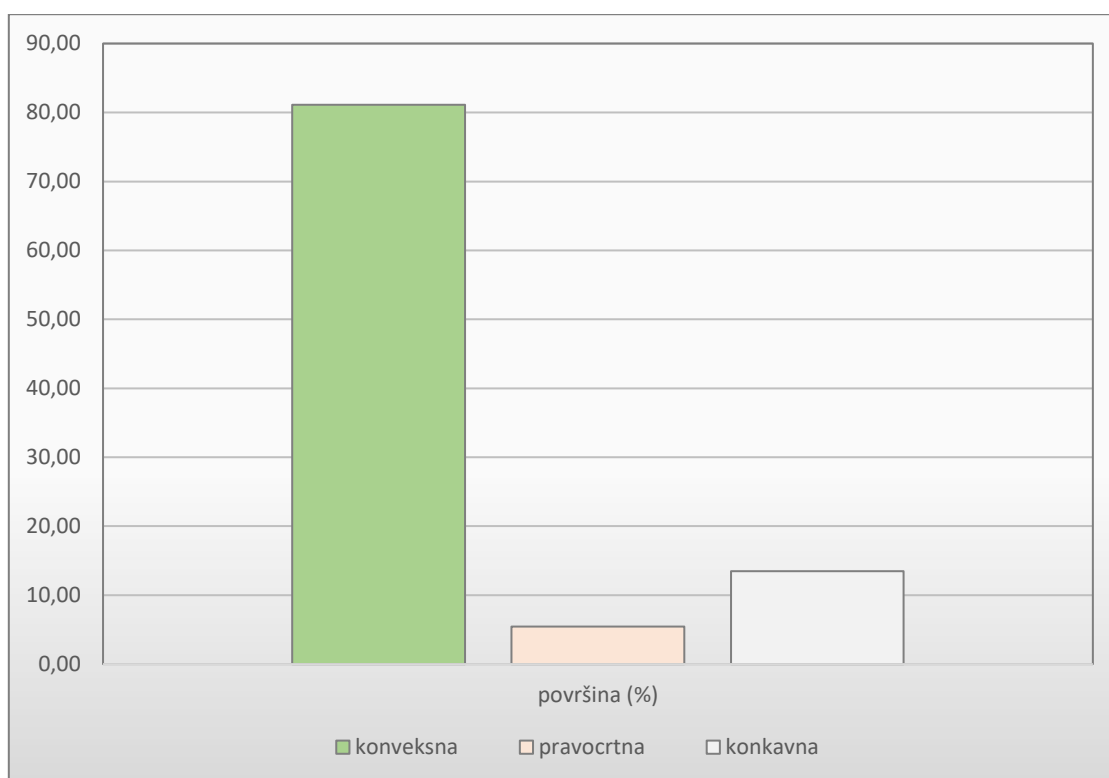


Slika 23. Uzdužni profil izabranih plavinskih lepeza (profili ostalih plavinskih lepeza nalaze se u prilogu)

U tablici 5 se uočava dominacija konveksnih padina plavinskih lepeza u odnosu na konkavne i pravocrtne. Konveksne padine čine 81,11 % površine plavinskih lepeza, konkavne padine čine 13,46 %, dok najmanji udio zauzimaju pravocrtne padine s 5,44 % površine (slika 24).

Tablica 5. Udio površine profilne zakrivljenosti padina plavinskih lepeza

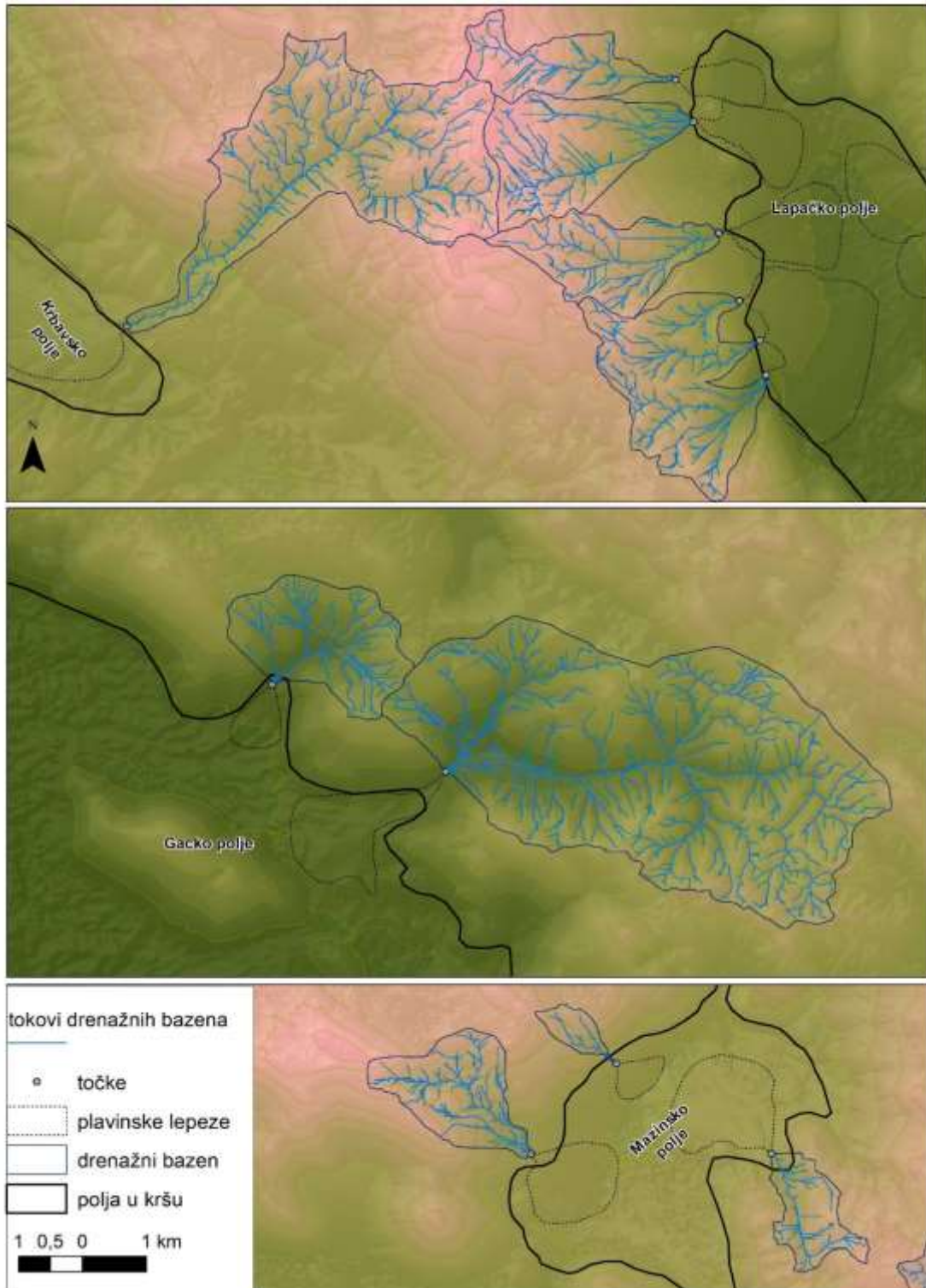
profilna zakrivljenost padina plavinskih lepeza	površina (km ²)	površina (%)
konveksna	67,90	81,11
pravocrtna	4,55	5,44
konkavna	11,26	13,46



Slika 24. Udio površine profilne zakrivljenosti padina plavinskih lepeza

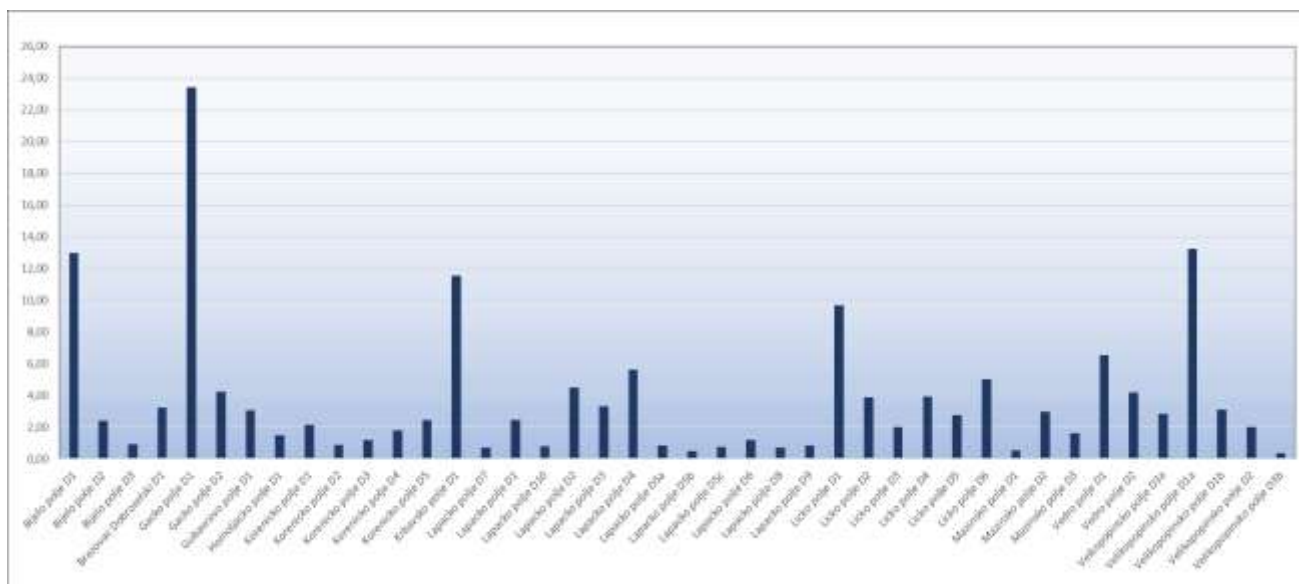
5.6. Drenažni bazeni i mreže tokova

Oblik drenažne mreže ovisi o orijentaciji, prostornom rasporedu i duljini tokova, također nagib drenažnog bazena i geološka struktura utječu na njen oblik. Na istraživanom prostoru Like ukupno se nalazi 42 drenažna bazena koji tvore plavinske lepeze (slika 25).



Slika 25. Prikaz odabranih drenažnih bazena i njihovih mreža tokova istraživanog područja

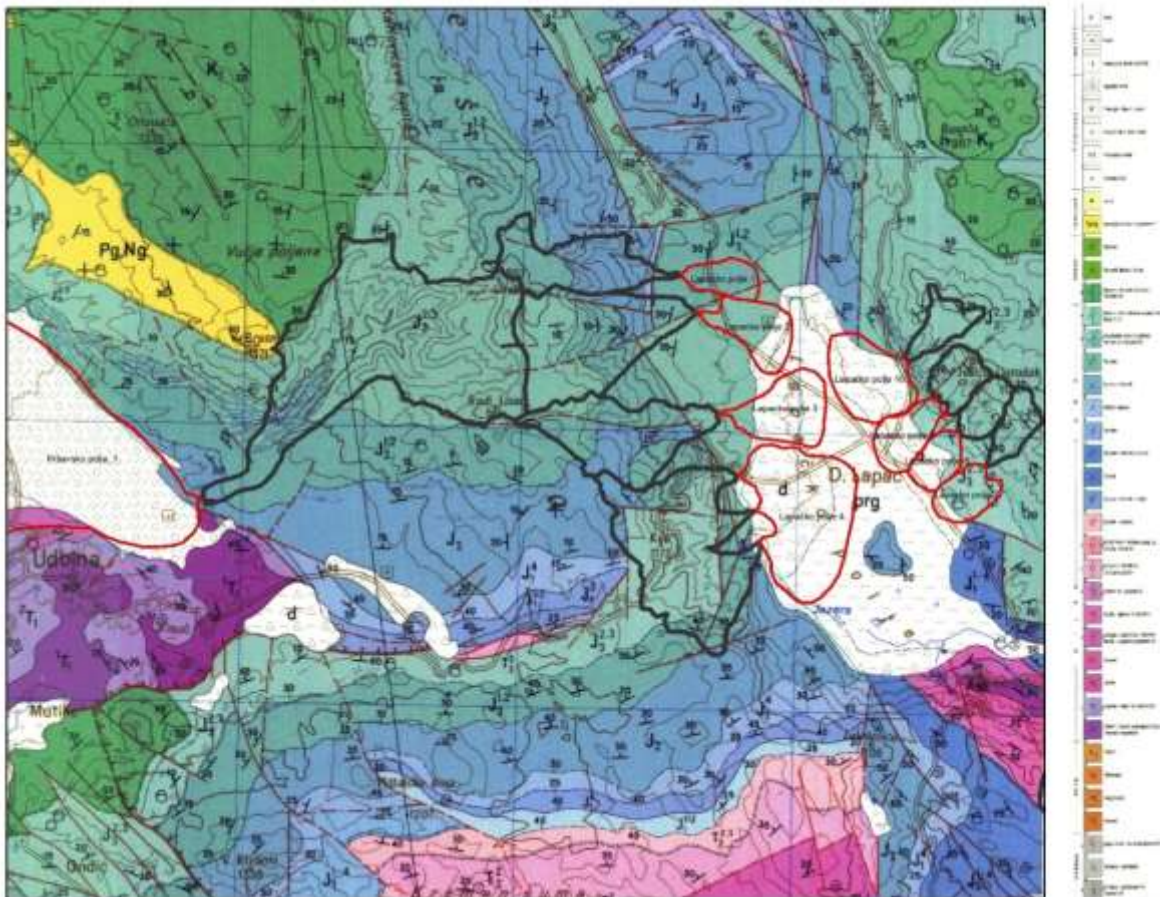
Ukupna duljina vodenih tokova drenažnih bazena iznosi 3759,86 km. Najduža mreža tokova nalazi se u drenažnom bazenu Krbavskog polja te iznosi 8207,90 m. Ukupna površina 42 drenažna bazena iznosi 158,57 km². Najveći drenažni bazen nalazi se u Gackom polju s površinom od 23,42 km² i volumenom 4,98 km³, a najmanji u Velikopopinskom polju s površinom veličine 0,36 km² i volumenom 0,03 km³ (slika 26). Prosječna površina 42 drenažna bazena jest 3,78 km². Ispodprosječnu površinu ima 69 % drenažnih bazena odnosno njih 29, dok se njih 13 (31%) ima površinu veću od prosjeka. Ukupni procijenjeni volumen analiziranih drenažnih bazena iznosi 46,36 km³ s prosjekom od 1,10 km³. Ispodprosječni volumen može se uočiti kod 31 drenažna bazena odnosno 73 % analiziranih drenažnih bazena. 10 drenažnih bazena iznadprosječnog volumena čine 37 % ukupnog broja drenažnih bazena.



Slika 26. Veličina drenažnih bazena u km²

5.6.1. Geološka podloga drenažnih bazena

Drenažni bazeni Bijelog polja su oblikovani u vapnencima i dolomitima donjojurske starosti. U okolici Brezovca Dobroselskog mogu se uočiti vapnenci i dolomiti trijaske starosti koji grade drenažne bazene navedenog područja. Proluvijalni šljunci i pijesci pleistocenske starosti zajedno s dolomitima i vapnencima jurske starosti grade drenažne bazene Gackog polja. Vapnenci i dolomiti gornjojurske i donjokredne starosti nalaze se u drenažnim bazenima Homoljačkog, Koreničkog i Krbavskog polja (slika 27). Drenažne bazene Lapačkog polja karakteriziraju vapnenci i dolomiti jurske starosti. Najstariji analizirani drenažni bazeni nalaze se u okolici Ličkog polja čija starost vapnenaca datira od vremena gornjeg karbona, pješčenjaka iz razdoblja perma, a vapnenaca i dolomita iz razdoblja trijasa. Drenažni bazeni Mazinskog polja trijaske i jurske starosti pretežno su dolomitnog i vapnenačkog sastava. Škriljavi pješčenjaci i vapnenci donjotrijaske starosti grade drenažne bazene Vedrog polja. Drenažni bazeni vapnenačkog i dolomitnog sastava trijaske i jurske starosti uočavaju se u području Velikopopinskog polja (tablica 6).



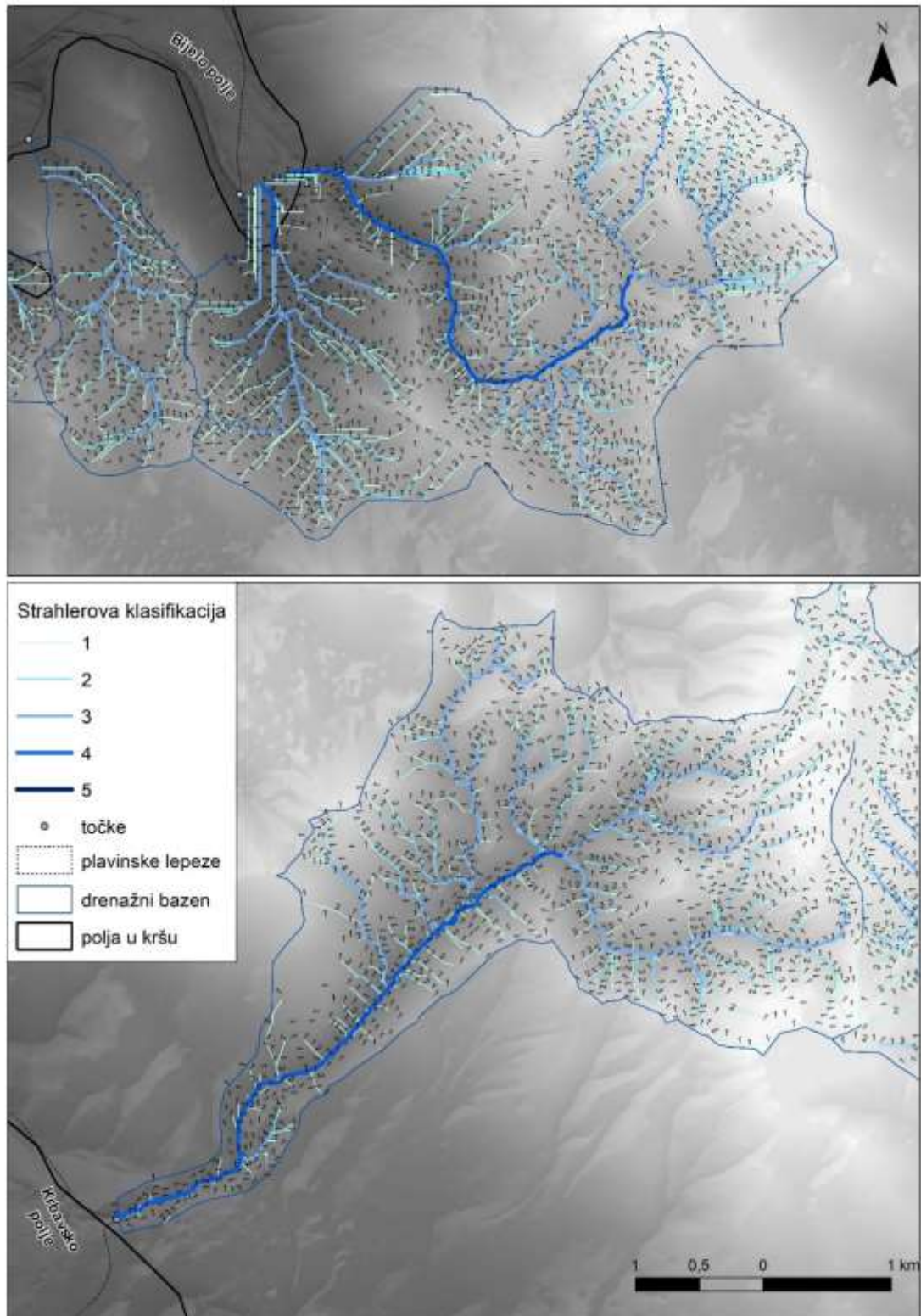
Slika 27. Geološka karta Krbavskog i Lapačkog polja (prema Šušnjar i dr, 1973)

Tablica 6. geološka građa i drenažnih bazena

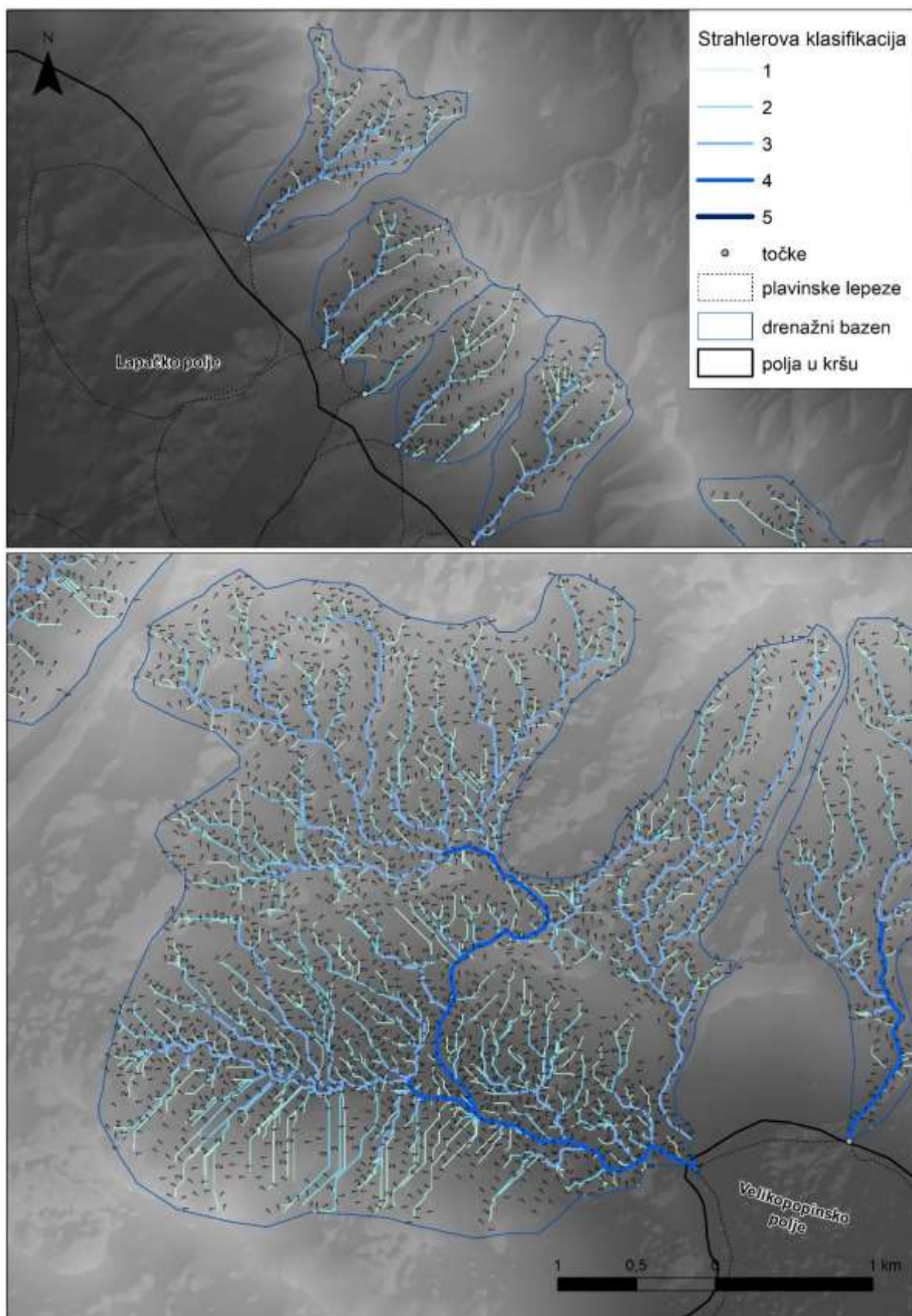
drenažni bazen	geološka grđa drenažnog bazena
Bijelo polje D1	vapnenci i dolomiti (jura, donja kreda)
Bijelo polje D2	vapnenci i dolomiti (jura)
Bijelo polje D3	vapnenci i dolomiti (gornja jura)
Brezovac Dobroselski D1	vapnenci (donji trijas), vapnenci i dolomiti (srednji trijas)
Gacko polje D1	dolomiti s lečama vapnenaca (gornja jura), dolomiti i vapnenci (srednja jura), sredina proluvijalni šljunci i pijesci (pleistocen)
Gacko polje D2	vapnenci i dolomiti (gornja jura) dolomiti (donja kreda), sredina proluvijalni šljunci i pijesci (pleistocen)
Gubavčevo polje D1	kvarcni konglomerati i vapnenci, laporti i dolomiti (donji trijas), vapnenci i dolomiti (gornja jura)
Homoljačko polje D1	vapnenci i dolomiti (gornja jura)
Koreničko polje D1	vapnenci i dolomiti (gornja jura)
Koreničko polje D2	vapnenci i dolomiti (gornja jura)
Koreničko polje D3	vapnenci i dolomiti (gornja jura, donja kreda)
Koreničko polje D4	vapnenci i dolomiti (gornja jura, donja kreda)
Koreničko polje D5	vapnenci i dolomiti (gornja jura, donja kreda)
Krbavsko polje D1	vapnenci i dolomiti (gornja jura)
Lapačko polje D1	vapnenci i dolomiti (srednja i gornja jura)
Lapačko polje D10	vapnenci i dolomiti (gornja jura)
Lapačko polje D2	vapnenci i dolomiti (srednja i gornja jura)
Lapačko polje D3	vapnenci i dolomiti (srednja i gornja jura)
Lapačko polje D4	vapnenci i dolomiti (gornja i srednja jura)
Lapačko polje D5a, 5b, 5c	kalkareniti i vapnenci (donji trijas) ,vapnenci i dolomiti (srednji trijas)
Lapačko polje D6	vapnenci i dolomiti (gornja jura)
Lapačko polje D7	vapnenci i dolomiti (gornja jura)
Lapačko polje D8	vapnenci i dolomiti (gornja jura)
Lapačko polje D9	vapnenci i dolomiti (gornja jura)
Ličko polje D1	crni vapnenci s rožnjacima, vapnenci i dolomiti (srednji, gornji trijas)
Ličko polje D2	vapnenci i dolomiti (srednji, gornji trijas), proluvijalni šljunci (pleistocen)
Ličko polje D3	vapnenci i dolomiti (srednji trijas)
Ličko polje D4	vapnenci u pješčenjacima (gornji karbon), pješčenjaci (gornji perm), tinčasti pješčenjaci i škriljavci (donji trijas)
Ličko polje D5	dolomiti (srednji i gornji perm), vapnenci i dolomiti (srednji trijas)
Ličko polje D6	vapnenci u pješčenjacima (gornji karbon), konglomerati , pješčenjaci i dolomiti (gornji perm), vapnenci i dolomiti (srednji trijas)
Mazinsko polje D1	vapnenci i dolomiti (donji trijas)
Mazinsko polje D2	konglomerati, vapnenci i dolomiti (donji trijas), dolomiti (donja jura)
Mazinsko polje D3	vapnenci i dolomiti (donji i srednji trijas)
Vedro polje D1	škriljavi pješčenjaci i vapnenci (donji trijas), vapnenci i dolomiti (jura),
Vedro polje D2	vapnenci i škriljavi pješčenjaci (donji trijas)
Velikopopinsko polje D1a	vapnenci i dolomiti (srednji trijas), vapnenci i dolomiti (donja jura)
Velikopopinsko polje D1b	vapnenci i dolomiti (srednji trijas, donja jura)
Velikopopinsko polje D2	vapnenci i dolomiti (gornja jura)
Velikopopinsko polje D3a	vapnenci (donji trijas), vapnenci i dolomiti (donja i gornja jura)
Velikopopinsko polje D3b	vapnenci i dolomiti (gornja jura)

5.7. Strahlerova klasifikacija tokova

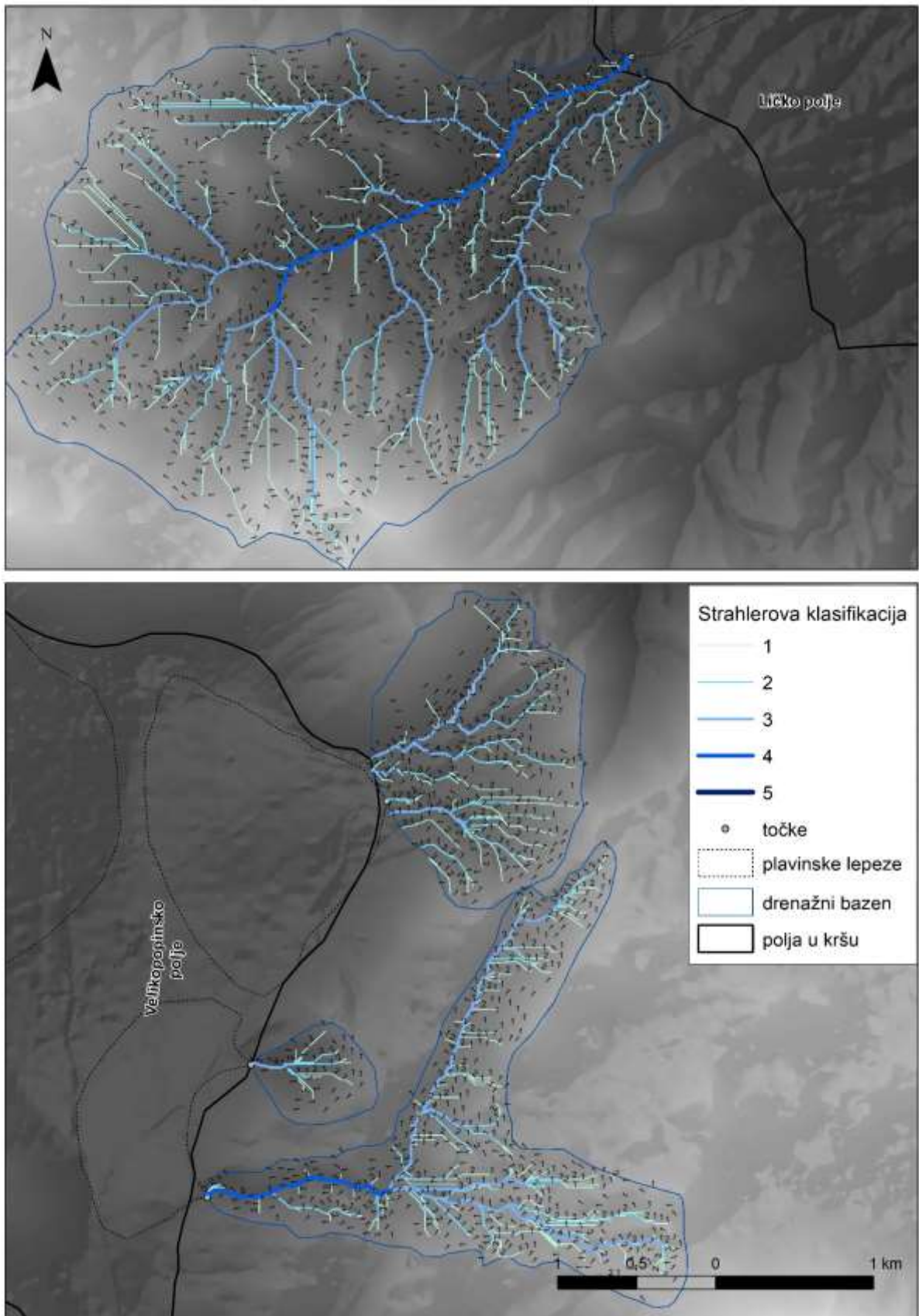
Strahlerovom klasifikacijom reda tokova utvrđeno je 5 redova tokova u drenažnim bazenima u području Like (slika 28,29 i 30).



Slika 28. Strahlerova klasifikacija tokova drenažnih bazena Bijelog polja i Krbavskog polja

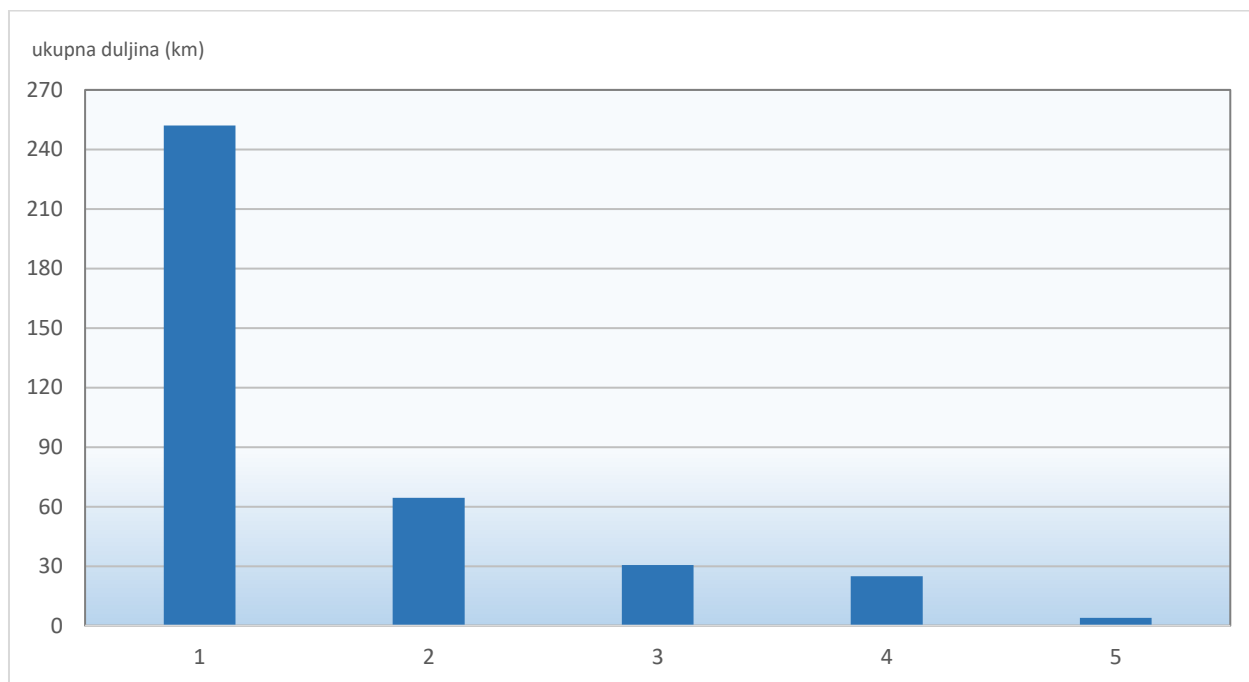


Slika 29. Strahlerova klasifikacija tokova drenažnih bazena Lapačkog polja i Velikopopinskog polja

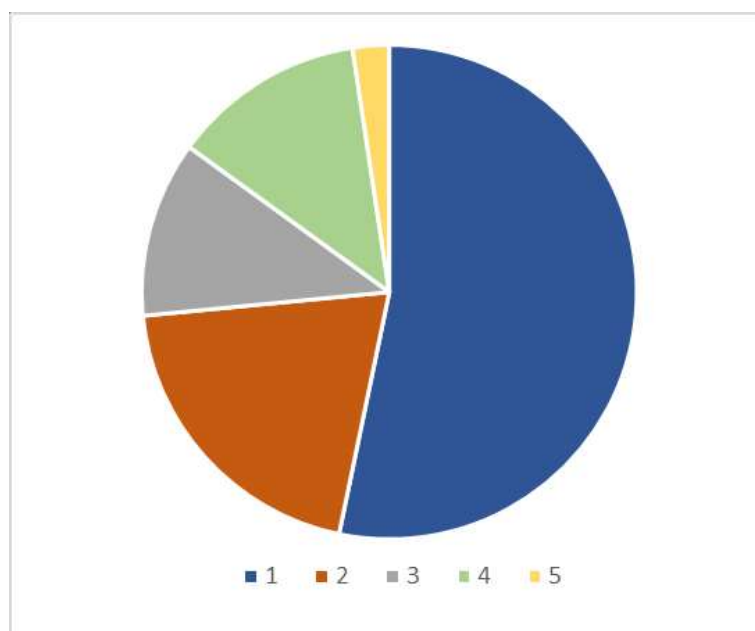


Slika 30. Strahlerova klasifikacija tokova drenažnih bazena Ličkog polja i Velikopopinskog polja

Tokovi 5. reda su tokovi s najvišim brojem pritoka te čine 2,38 % ukupnog broja tokova s dužinom od 3,89 km (slika 31). Tokovi 4. reda obuhvaćaju 12,62 % od ukupnog broja tokova s dužinom od 24,87 km. Manji udio od 4. reda tokova ima 3. red tokova s udjelom od 11,53 % i dužinom ukupnog toka od 30,65 km. Udio od 20,21 % zauzimaju tokovi 2. reda s dužinom od 64,48 km. Najviši udio imaju tokovi 1. reda od 53,26 % s ukupnom dužinom toka od 252,09 km koji često predstavljaju kratke, povremene i bujične tokove (slika 32).



Slika 31. Ukupna duljina tokova prema kategorijama Strahlerove klasifikacije



Slika 32. Udio duljine tokova prema kategorijama Strahlerove klasifikacije od ukupne duljine

5.7.1. Indeks bifurkacije, prvi i drugi Hortonov zakon

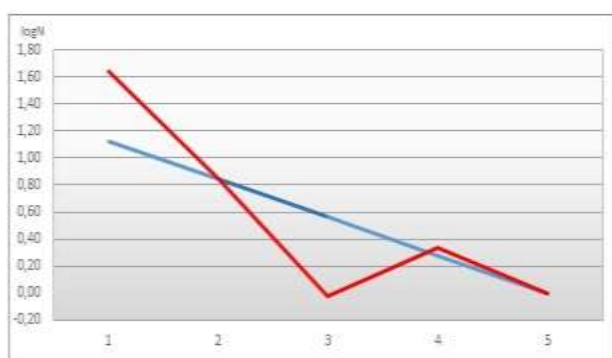
Indeks bifurkacije je izračunat za 6 drenažnih bazena koji daju 5 najvećih plavinskih lepeza, a to su: Krbavsko polje D1, Gubavčevo polje D1, Vedro polje D1, Lapačko polje D4, Velikopopinsko polje D1a i Velikopopinsko polje D1b.

Najmanji prosječni indeks bifurkacije ima Gubavčevo polje D1, a najveći prosječni indeks ima drenažni bazen plavine Lapačko polje D4 (tablica 7). Svi analizirani drenažni bazeni imaju 5 kategorija tokova osim drenažnog bazena kod Gubavčevog polja koji ih ima 4. Analizirani drenažni bazeni većinom negativno odstupaju od teorijskog modela u okviru Prvog Hortonovog zakona (slika 33). Drenažni bazeni Krbavsko polje D1, Vedro polje D1, Lapačko polje D4, Velikopopinsko polje D1a i D1b pozitivno odstupaju 4. tokom od teorijskog modela, dok svi negativno odstupaju 3. tokom. Pozitivna odstupanja mogu ukazivati na relativno tektonsko izdizanje s obzirom na okolni prostor prilikom čega dolazi do jačanja erozije te intenzivnijeg grananja tokova i skraćivanja njihove dužine (Kvetek i Bočić, 2015). Međutim, negativna odstupanja ukazuju na procese akumulacije što se može uočiti u 1. , 2. i 3. razredu Vedrog polja D1, Lapačko polje D4 i Velikopopinsko polje D1a (slika 33). Analizirani drenažni bazeni imaju nepravilan trend zbog razlike između treće i četvrte kategorije toka naspram prve i druge kategorije toka. Najmlađi tektonski uvjeti mogu biti razlog odstupanja, međutim povećana količina vode ili različita litološka podloge također imaju velik utjecaj (Marković, 1983).

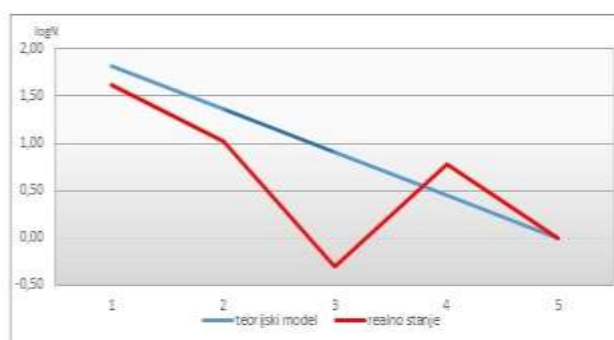
Rezultati analize 2. Hortonovog zakona prikazuju da nema odstupanja od teorijskog modela u području drenažnog bazena Gubavčevog polja. Drenažni bazeni Krbavsko polje D1 i Velikopopinsko polje D1b pozitivno odstupaju od teorijskog modela. Tok 4. kategorije Vedrog polja D1 pozitivno odstupa od teorijskog modela, makar ostatak tokova niže kategorije negativno odstupaju. Tok 3. razreda drenažnih bazena Lapačko polje D4 i Velikopopinsko polje D1a negativno odstupa dok ostatak tokova pozitivno odstupaju (slika 34). Negativna odstupanja od teorijskog modela može označavati prostor pojačane erozije te samim time recentnih kretanja u prostoru, pozitivna odstupanja označavaju mjesta relativnog tonjenja i akumulacije (Marković, 1983).

Tablica 7. Indeks bifurkacije i indeks duljine tokova

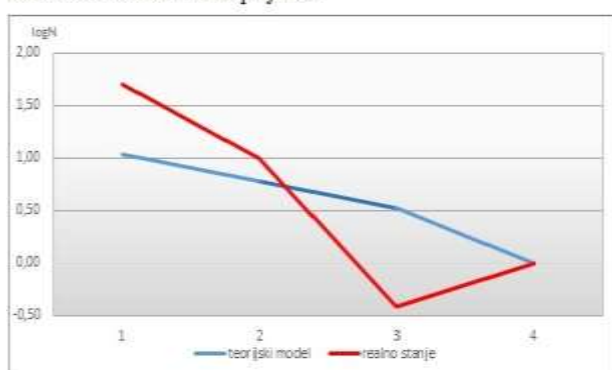
naziv drenažnog bazena	Indeks bifurkacije				Aritmetička sredina
	1/2	2/3	3/4	4/5	
Krbavsko polje D1	2,57	1,91	0,97	2,19	1,91
Gubavčevo polje D1	2,67	2,16	0,62		1,82
Vedro polje D1	2,62	1,71	0,87	13,24	
Lapačko polje D4	2,54	2,18	0,71	5,98	2,85
Velikopopinsko polje D1a	2,56	1,87	0,94	6,14	2,88
Velikopopinsko polje D1b	3,09	1,42	1,07	2,69	2,07
	Indeks duljina				
	2/1	3/2	4/3	5/4	
Krbavsko polje D1	0,63	0,80	0,75	0,81	
Gubavčevo polje D1	0,73	0,76	0,76		
Vedro polje D1	0,67	0,82	0,79	1,18	
Lapačko polje D4	0,61	1,06	0,64	1,10	
Velikopopinsko polje D1a	0,77	1,00	0,69	1,11	
Velikopopinsko polje D1b	0,71	0,83	0,91	0,84	



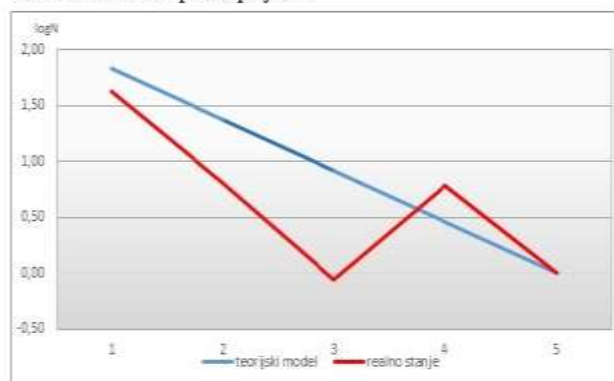
drenažni bazen Krbavsko polje D1



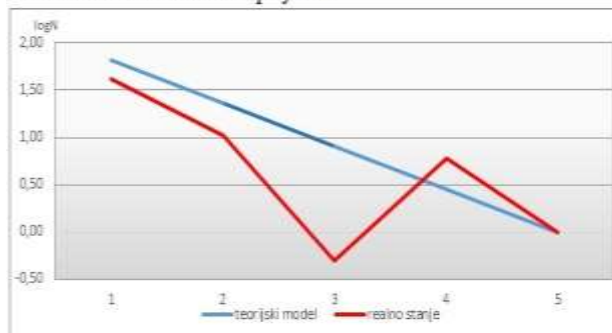
drenažni bazen Lapačko polje D4



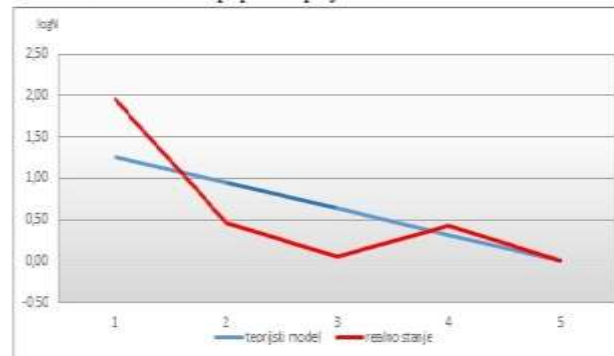
drenažni bazen Gubavčevo polje D1



drenažni bazen Velikopopinsko polje D1a

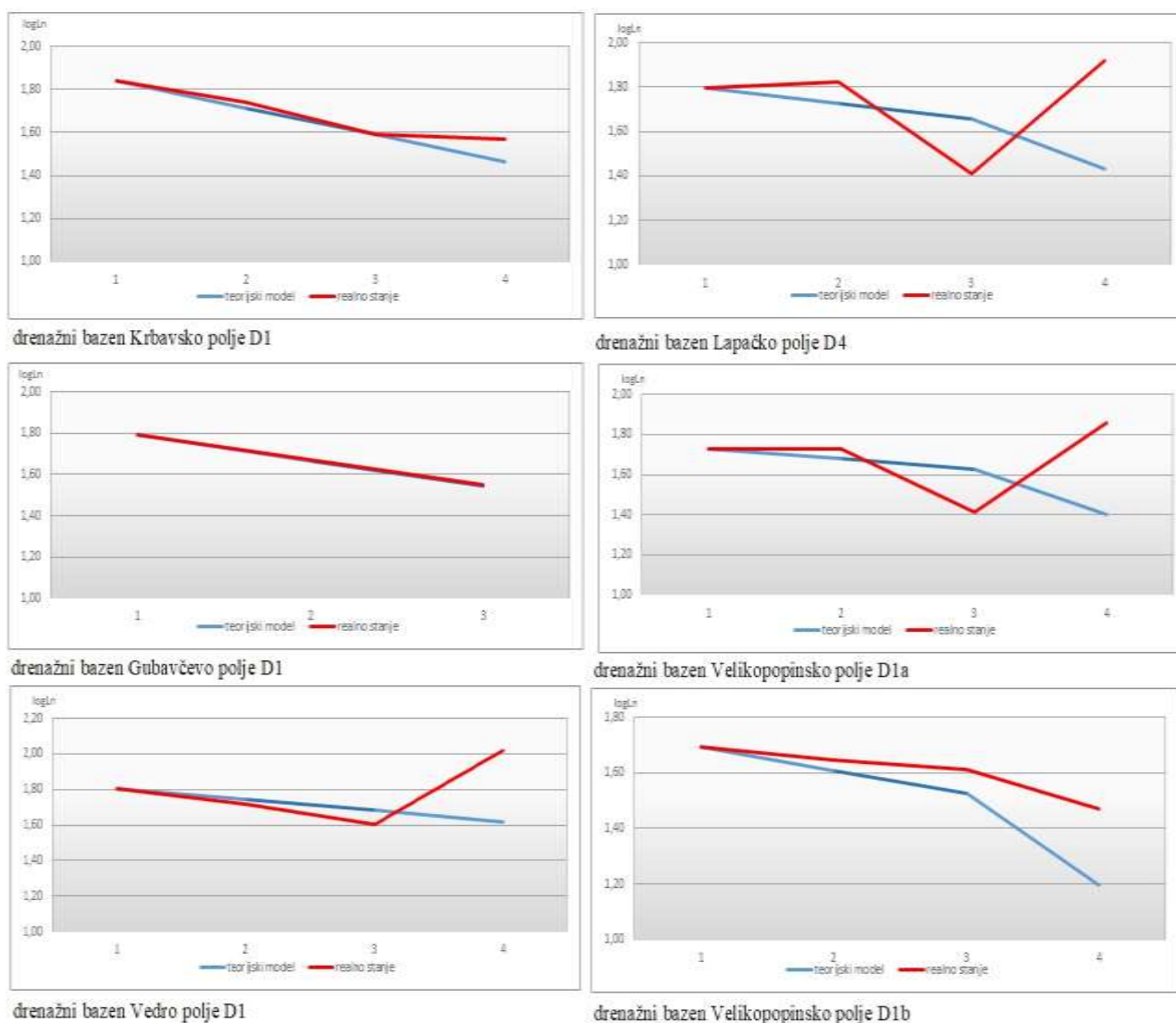


drenažni bazen Vedro polje D1



drenažni bazen Velikopopinsko polje D1b

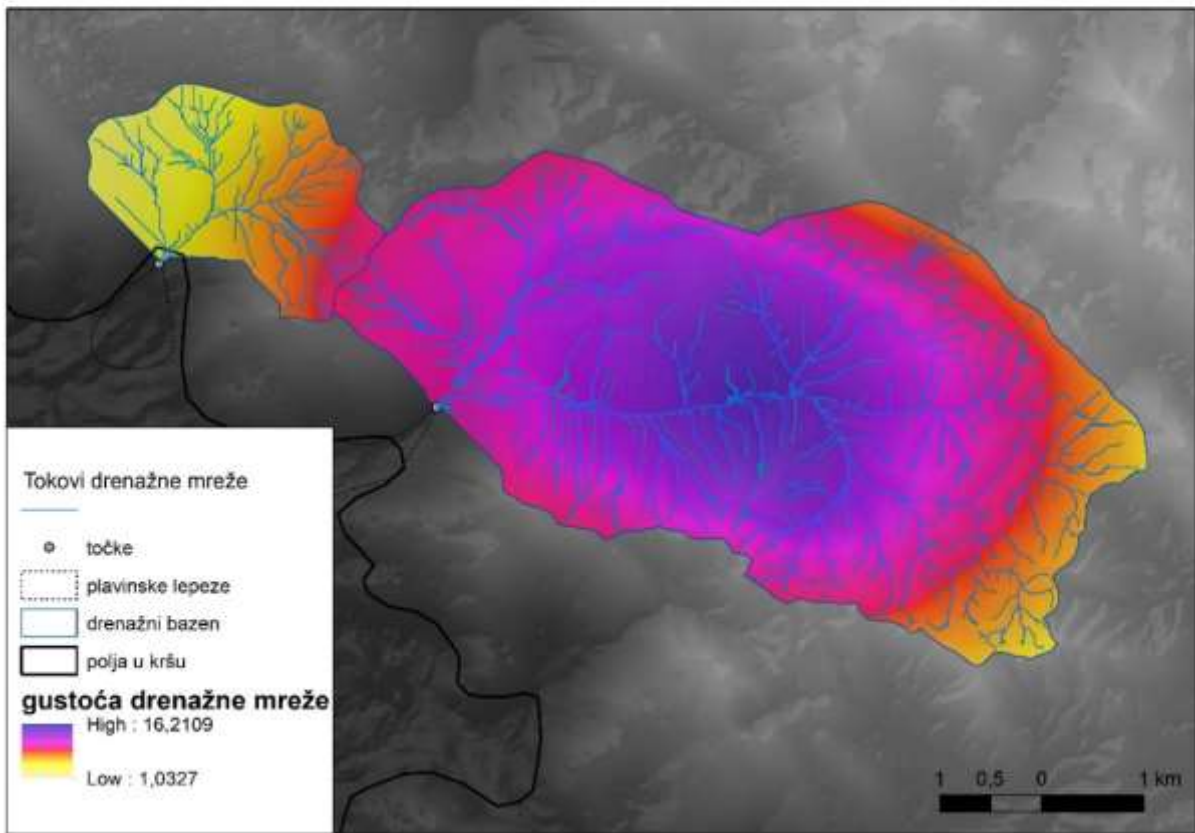
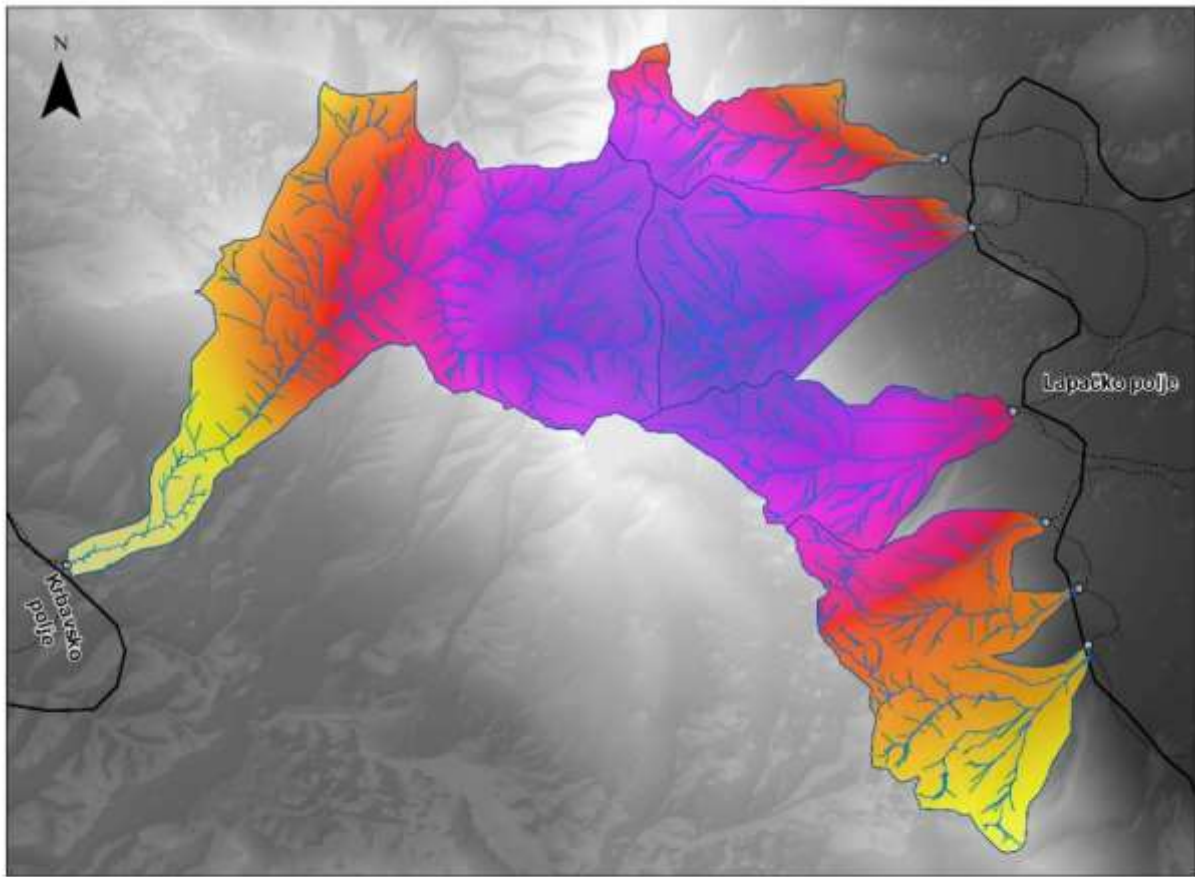
Slika 33. Prvi Hortonov zakon, odstupanje broja tokova od teorijskog modela



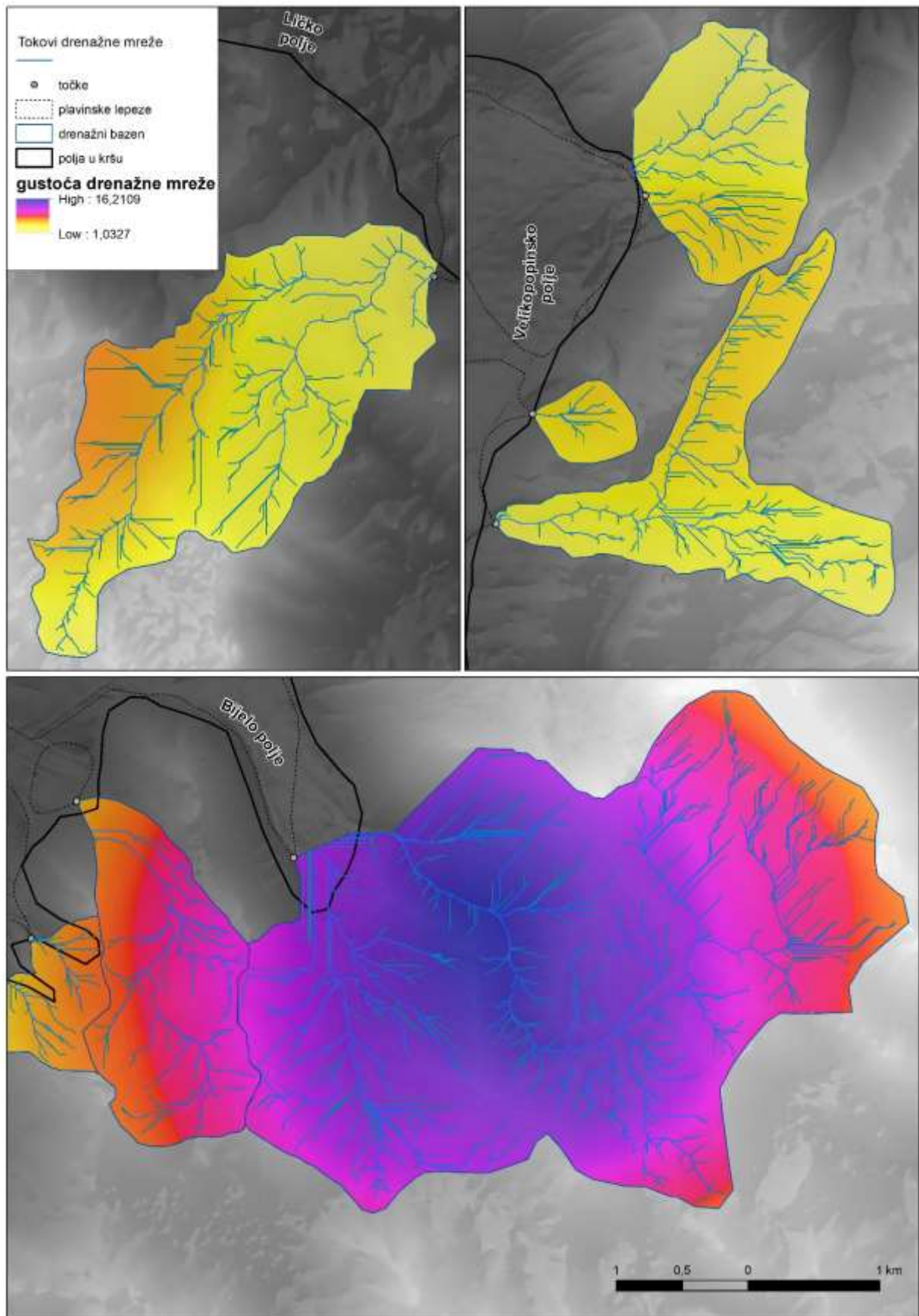
Slika 34. Drugi Hortonov zakon, odstupanje duljine tokova od teorijskog modela

5.8. Gustoća drenažne mreže

Gustoćom drenažne mreže može se zaključiti intenzitet erozije područja i prostorni raspored. Gustoća drenažne mreže izražava se duljinom tokova u jedinici površine. Što je drenažna mreža razgranatija, tj. što je veća duljina tokova po jedinici površine, to je erozija snažnija (Kvetek i Bočić, 2015). Izračun prosječne gustoće drenažne mreže dobiva se podjelom ukupne duljine tokova s ukupnom površinom istraživanog područja, u ovom slučaju drenažnim bazenima. Prosječna gustoća tokova drenažne mreže iznosi $2,37 \text{ km/km}^2$. Maksimalna gustoća drenažne mreže iznosi $16,21 \text{ km/km}^2$ (slika 35 i 36).



Slika 35. Gustoća drenažne mreže drenažnih bazena Krbavskog, Lapačkog i Gackog polja



Slika 36. Gustoća drenažne mreže drenažnih bazena Ličkog, Velikopopinskog i Bijelog polja

5.9. Asimetrija drenažne mreže

Tektonski pokreti mogu imati velik utjecaj na nagib drenažnog bazena. Pomoću asimetrije drenažne mreže može se utvrditi jesu li tektonski pokreti imali velik utjecaj na nagib drenažnog bazena:

$$Af = Ar / At * 100$$

Ar - gledajući nizvodno predstavlja površinu desne strane drenažnog bazena

At - ukupna površina drenažnog bazena

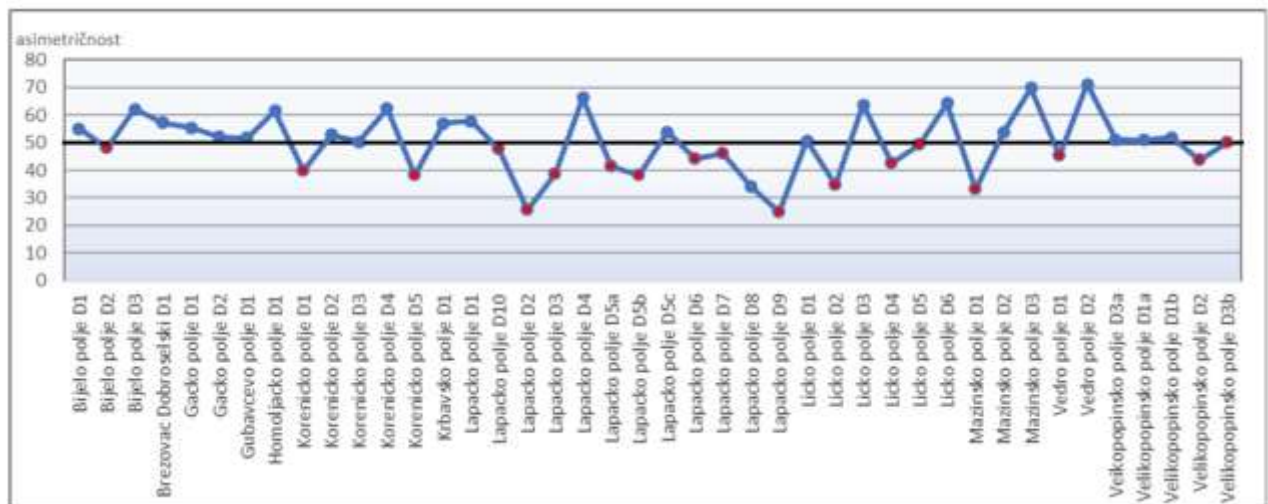
Ukoliko je rezultat veći od 50, drenažni bazen je asimetričan i utjecaj tektonskih procesa nagnuo je drenažni bazen na lijevu stranu gledajući nizvodno u odnosu na tok. Ukoliko je rezultat manji od 50 dolazi do desnog nagiba u odnosu na glavni tok zbog utjecaja tektonike. Vrijednost 50 ukazuje na odsutnost tektonskih pokreta te je bazen simetričan (Sinožić, 2018).

Od 42 drenažna bazena, njih 19 ima vrijednosti manje od 50 što ukazuje na asimetričnost i desnog nagiba drenažnog bazena zbog tektonskih procesa. Tri drenažna bazena karakterizira simetričnost, tj. vjerojatni slabiji utjecaj tektonskih procesa stoga je njihova vrijednost 50 (slika 37). 20 drenažnih bazena ima vrijednost veću od 50 te su padine drenažnih bazena nagnute u lijevu stranu u odnosu na tok (tablica 8).

Tablica 8. asimetrija analizirane drenažne mreže

Naziv drenažnog bazena	At (km ²)	Ar (km ²)	Af	Prema Perez Pena et. Al Af
Bijelo polje D1	12,99	7,15	55,05	-5,05
Bijelo polje D2	2,42	1,16	48,00	2,00
Bijelo polje D3	0,92	0,57	62,21	-12,21
Brezovac Dobroselski D1	3,23	1,85	57,23	-7,23
Gacko polje D1	23,42	12,97	55,36	-5,36
Gacko polje D2	4,25	2,21	52,04	-2,04
Gubavčevo polje D1	3,07	1,59	51,68	-1,68
Homoljačko polje D1	1,51	0,93	61,57	-11,57
Koreničko polje D1	2,13	0,85	39,69	10,31
Koreničko polje D2	0,86	0,45	52,97	-2,97
Koreničko polje D3	1,20	0,60	50,32	-0,32
Koreničko polje D4	1,79	1,12	62,39	-12,39
Koreničko polje D5	2,44	0,93	38,21	11,79
Krbavsko polje D1	11,54	6,58	57,02	-7,02
Lapačko polje D1	2,44	1,41	57,74	-7,74
Lapačko polje D10	0,78	0,37	47,73	2,27
Lapačko polje D2	4,50	1,15	25,55	24,45
Lapačko polje D3	3,31	1,27	38,48	11,52

Lapačko polje D4	5,63	3,73	66,29	-16,29
Lapačko polje D5a	0,82	0,34	41,34	8,66
Lapačko polje D5b	0,49	0,19	38,36	11,64
Lapačko polje D5c	0,76	0,41	53,79	-3,79
Lapačko polje D6	1,17	0,52	43,96	6,04
Lapačko polje D7	0,71	0,33	46,01	3,99
Lapačko polje D8	0,71	0,24	33,95	16,05
Lapačko polje D9	0,83	0,21	25,01	24,99
Ličko polje D1	9,65	4,90	50,75	-0,75
Ličko polje D2	3,90	1,36	34,75	15,25
Ličko polje D3	2,01	1,28	63,70	-13,70
Ličko polje D4	3,91	1,66	42,40	7,60
Ličko polje D5	2,74	1,35	49,32	0,68
Ličko polje D6	5,02	3,22	64,25	-14,25
Mazinsko polje D1	0,52	0,17	33,17	16,83
Mazinsko polje D2	2,96	1,59	53,74	-3,74
Mazinsko polje D3	1,63	1,14	69,87	-19,87
Vedro polje D1	6,53	2,95	45,24	4,76
Vedro polje D2	4,20	2,99	71,20	-21,20
Veikopopinsko polje D3a	2,86	1,46	51,21	-1,21
Velikopopinsko polje D1a	13,26	6,74	50,87	-0,87
Velikopopinsko polje D1b	3,11	1,61	51,84	-1,84
Velikopopinsko polje D2	2,00	0,88	43,91	6,09
Velikopopinsko polje D3b	0,36	0,18	49,86	0,14



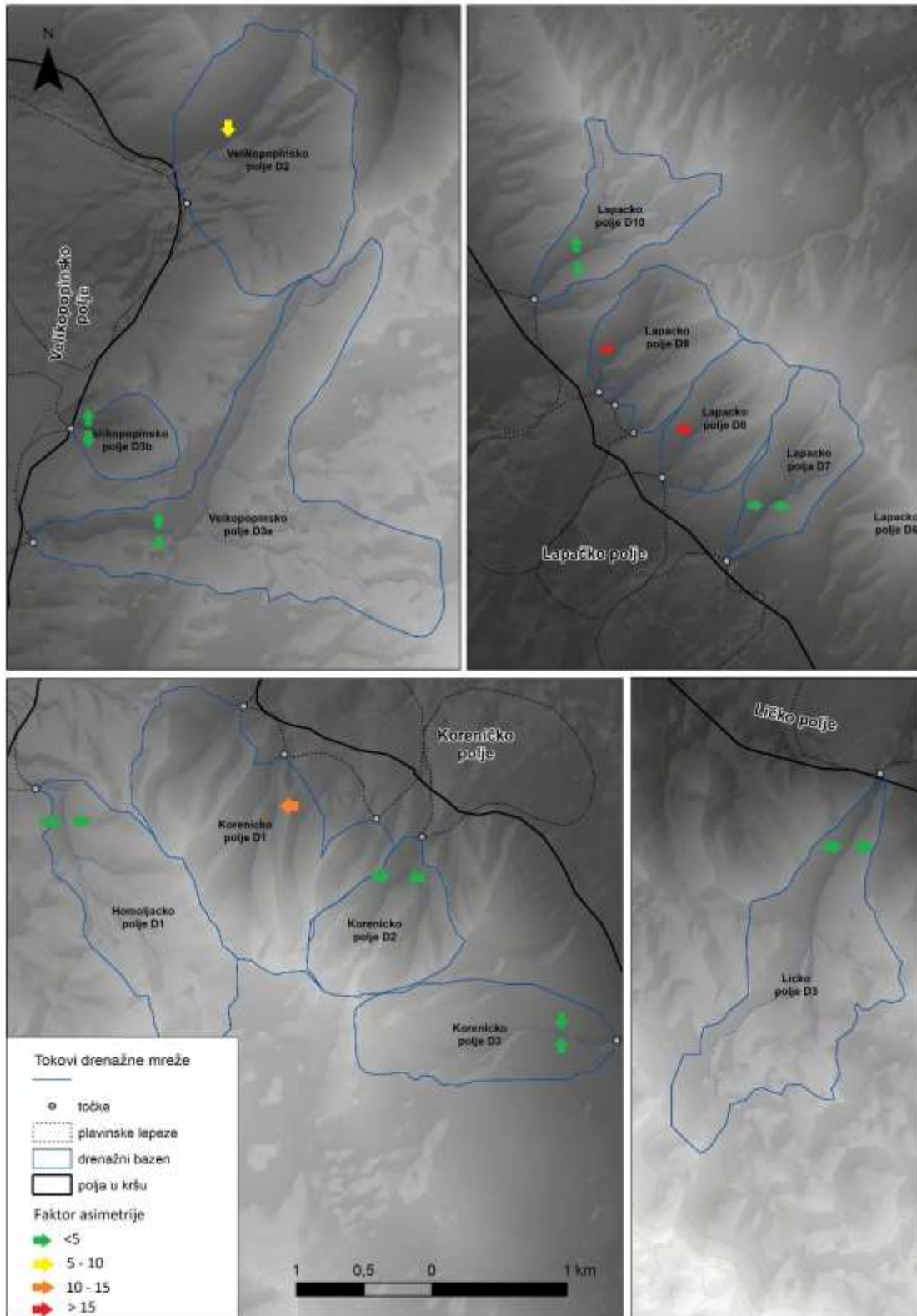
Slika 37. Asimetričnost drenažnih bazena

Prema Perez Pena et. Al, 2010 asimetrija drenažne mreže može se izraziti ovako:

$$Af = [50 - Ar \times 100 / At]$$

Rezultati analize asimetrije drenažnih bazena mogu ukazivati na simetrični ($FA < 5$), blago asimetrični ($FA = 5-10$), umjereno asimetrični ($FA = 10-15$) i izrazito asimetrični drenažni bazen ($FA > 15$) (Matoš i dr, 2014). Faktor asimetrije za 29 od 42 drenažna bazena

iznosi manje od 5 što ukazuje na simetričnost drenažnih bazena. U drugu skupinu blago asimetričnih drenažnih bazena s vrijednostima od 5 do 10 pripada 4 drenažna bazena. 4 drenažna bazena si umjereno asimetrični s vrijednostima od 10 do 15. Najveći stupanj asimetrije s vrijednostima iznad 15 ima 5 drenažnih bazena (slika 38, tablica 8).



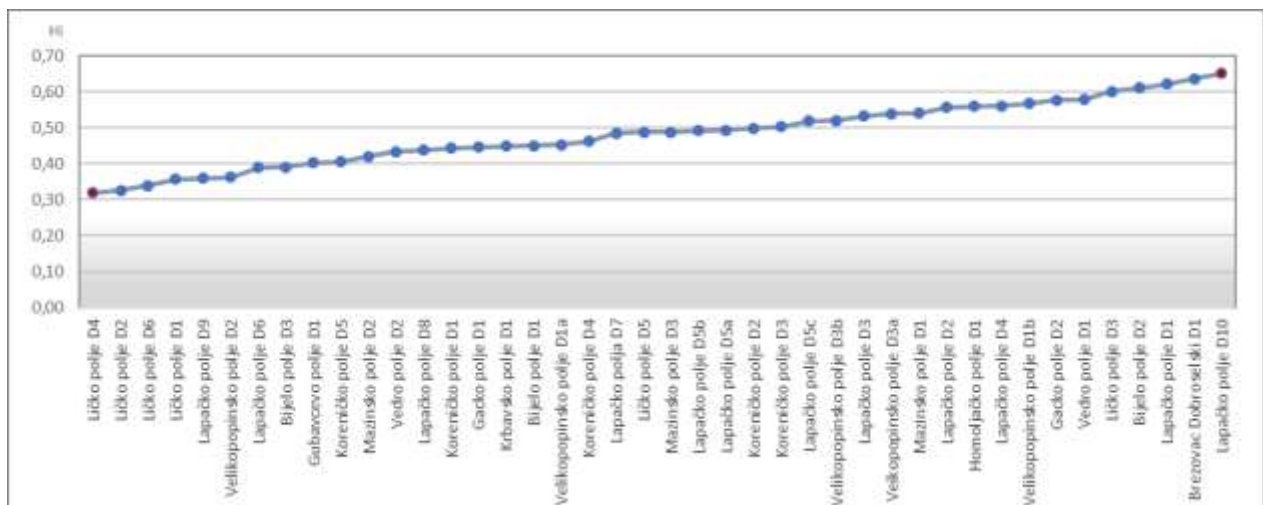
Slika 38. Faktor asimetrije glavnih tokova drenažnih bazena

5.10. Hipsometrijski integral

Razne tektonske aktivnosti i njihove interakcije, klimatskih uvjeta i litologije utječu na stadij erozije drenažnog bazena. Na navedeni erozijski stadij ukazuju hipsometrijske krivulje različitih oblika (konkavan, S ili konveksan oblik). Prema Strahleru, konkavan oblik hipsometrijskih linija predstavljaju krajnje faze erozije i jako erodirana područja (Strahler, 1952). Konveksan oblik hipsometrijske krivulje predstavljaju mlada, blago erodirane prostore, dok S oblik hipsometrijske krivulje prikazuje umjereno erodirana područja.

Vrijednosti bliže broju 1 odnose se na mladi erozijski stadij, a vrijednosti bliže 0 odnose se na zreli ili krajnji erozijski stadij (Strahler, 1952, Keller i Pinter, 2002, Perez-Pena i dr, 2009, Ruzkiczay-Rudinger i dr, 2009). Niske vrijednosti hipsometrijskog integrala uobičajene su u područjima fluvijalnog taloženja, dok visoke vrijednosti pripisujemo diseciranim područjima povezanim s erozijskim procesima.

Dobivene vrijednosti hipsometrijskog integrala variraju od 0,32 do 0,65 (tablica 9). Srednja vrijednost hipsometrijskog integrala svih drenažnih bazena iznosi 0,48. 19, odnosno 45% drenažnih bazena ima ispodprosječni hipsometrijski integral, dok njih 23, 55% imaju iznadprosječni hipsometrijski integral. 24 drenažna bazena ima vrijednosti hipsometrijskog integrala bliže 0, a njih 18 bliže 1. Najmanje vrijednosti imaju drenažni bazeni Ličkog polja koje se kreću od 0,32 do 0,36. Najveće vrijednosti hipsometrijskog integrala pripisujemo drenažnim bazenima sjevernog dijela Lapačkog polja u vrijednostima od 0,62 i 0,65. Osim Lapačkog polja visoku vrijednost hipsometrijskog integrala ima i drenažni bazen u okolini Brezovca Dobroselskog u vrijednosti od 0,64 (slika 39).



Slika 39. Hipsometrijski integral drenažnih bazena

Tablica 9. Hipsometrijski integral, maksimalna i minimalna visina te srednja vrijednost visine drenažnih bazena

Naziv drenažnog bazena	min visina (m)	max visina (m)	srednja vrijednost (m)	Hi
Bijelo polje D1	683,55	1607,68	1100,29	0,45
Bijelo polje D2	629,69	1094,13	913,43	0,61
Bijelo polje D3	675,41	1074,57	831,35	0,39
Brezovac Dobroselski D1	890,61	1268,37	1131,23	0,64
Gacko polje D1	539,03	1015,02	751,81	0,45
Gacko polje D2	516,51	796,87	678,28	0,58
Gubavcevo polje D1	820,79	1331,17	1026,35	0,40
Homoljačko polje D1	842,29	1241,31	1065,49	0,56
Koreničko polje D1	730,89	1255,14	963,69	0,44
Koreničko polje D2	767,77	1256,65	1012,03	0,50
Koreničko polje D3	713,93	1253,11	985,56	0,50
Koreničko polje D4	675,82	1472,88	1044,19	0,46
Koreničko polje D5	679,05	1434,04	985,98	0,41
Krbavsko polje D1	792,30	1655,86	1180,58	0,45
Lapačko polje D7	674,02	1119,80	890,69	0,49
Lapačko polje D1	747,97	1655,24	1312,25	0,62
Lapačko polje D10	684,97	1065,38	932,26	0,65
Lapačko polje D2	721,67	1645,32	1236,89	0,56
Lapačko polje D3	702,26	1569,46	1164,11	0,53
Lapačko polje D4	611,26	1338,48	1018,98	0,56
Lapačko polje D5a	683,87	1145,14	911,82	0,49
Lapačko polje D5b	750,02	1152,73	948,17	0,49
Lapačko polje D5c	691,74	1168,27	939,52	0,52
Lapačko polje D6	650,62	1062,57	811,17	0,39
Lapačko polje D8	680,33	1120,80	873,37	0,44
Lapačko polje D9	678,60	1092,59	827,71	0,36
Ličko polje D1	606,82	1297,95	853,70	0,36
Ličko polje D2	576,79	1161,16	767,60	0,33
Ličko polje D3	626,75	1302,62	1033,84	0,60
Ličko polje D4	599,17	1269,51	813,62	0,32
Ličko polje D5	679,36	1416,82	1039,17	0,49
Ličko polje D6	626,55	1272,80	846,12	0,34
Mazinsko polje D1	848,81	1274,23	1078,97	0,54
Mazinsko polje D2	845,91	1508,71	1124,74	0,42
Mazinsko polje D3	848,08	1285,40	1061,50	0,49
Vedro polje D1	515,01	1196,05	908,96	0,58
Vedro polje D2	450,93	1201,86	777,12	0,43
Veikopopinsko polje D3a	683,28	1143,34	931,47	0,54
Velikopopinsko polje D1a	697,51	1212,02	930,84	0,45
Velikopopinsko polje D1b	703,03	1176,34	971,97	0,57
Velikopopinsko polje D2	691,26	979,11	795,69	0,36
Velikopopinsko polje D3b	663,91	855,40	763,74	0,52

6. Zaključak

Analizom plavinskih lepeza i pripadajućih drenažnih bazena u odabranim krškim poljima i usporedbom podataka s geološkom kartom i značajkama reljefa mogu se donijeti sljedeći zaključci:

- Na analiziranih 12 krških polja identificirano je 38 plavinskih lepeza i njima pripadajućih 42 drenažna bazena
- Na oblikovanje reljefa istraživanog područja utjecaj su imali fluvijalni procesi erozije i akumulacije
- Drenažni bazeni oblikovani su karbonatnim stijenama (vapnenci i dolomiti) većinom jurske i kredne starosti
- Češća pojava sajskih i kampilskih naslaga te lemeš naslaga uočena je u drenažnim bazenima manjih površina
- Najstarije stijene istraživanog područja nalaze se u drenažnom bazenu Ličkog polja (Ličko polje D4)
- Prosječni udio površine plavinskih lepeza u krškom polju iznosi 28,63 % gdje najveći udio površine polja zauzimaju plavinske lepeze u Vedrom polju, a najmanji udio u Ličkom polju
- Odnos veličine površine plavinskih lepeza i pripadajućih drenažnih bazena iznosi 0,68
- Vrijednosti nagiba drenažnih bazena i plavinskih lepeza posljedica su erozije, akumulacije i tektonskih procesa. Veći nagibi drenažnih bazena upućuju na manje taloženje materijala te veću eroziju, dok manji nagibi uočeni na plavinskim lepezama upućuju na procese taloženja materijala donešenog tokovima drenažnih bazena.
- Na istraživanom području se lako uočavaju tri geomorfološke zone fluvijalnih sustava. Erozijska zona u gornjim dijelovima drenažnih bazena, zona prijelaza u tekućicama najviših kategorija te zona taloženja na površinama plavinskih lepeza.
- Tokovi najviše kategorije su se usjekli u drenažne bazene procesima padinske denudacije i erozije te topljenjem stijenske mase.
- Gustoća drenažne mreže je relativno mala zbog mnogih podzemnih tokova u analiziranom području. Gustoća drenažne mreže se povećava na rubovima drenažne mreže gdje prevladavaju tokovi niže kategorije

- Pet kategorija Strahlerove klasifikacije ukazuje na dobru razgranatost drenažnih mreža. Tokovi najniže kategorije predstavljaju kratke, povremene ili bujične tokove na većim nagibima padine koji se ulijevaju u tokove više kategorije
- Odstupanja realnog stanja od teorijskog stanja prvog i drugog Hortonovog zakona upućuju na neravnomjeran razvoj drenažnih mreža

7. Literatura

1. Anstey, R.L., 1965: Physical characteristics of alluvial fans. Natick, MA: Army Natick Laboratory, Technical Report ES-20.
2. Anstey, R.L., 1966: A comparison of alluvial fans in west Pakistan and the United States. *Pakistan Geographical Review* 21, 14-20.
3. Bognar A., 2001: Geomorfološka regionalizacija Hrvatske, *Acta Geographica Croatica*, vol. 34, 7-29.
4. Blair, T.C 1987a: Sedimentary processes, vertical stratification sequences, and geomorphology of the Roaring River alluvial fan, Rocky Mountain National Park, Colorado. *Journal of Sedimentary Petrology* 57, 1-18.
5. Blair, T.C., 2000b: Sedimentary processes and facies of the waterlaid Anvil Spring Canyon alluvial fan, Death Valley, California. *Sedimentology*, 46, 913–940.
6. Blair, T.C., McPherson, J.G., 1994: Alluvial fans and their natural distinction from rivers based on morphology, hydraulic processes, sedimentary processes and facies assemblages, *Journal of Sedimentary Research*, A64, 450–589.
7. Blair, T.C., McPherson, J.G., 1994: Alluvial fan processes and forms, *Geomorphology of Desert Environments*, 354- 402.
8. Blašković, V., 1957: *Enciklopedija Jugoslavije*, 5, 528 – 529, Zagreb.
9. Collinson, J.D., 1986: *Sedimentary Environments and Facies*, Second ed. Collinson, H.G., Blackwell, Oxford.
10. Čalić, J., 2010: Karstic uvala revisited: Toward a redefinition of the term. *Geomorphology* 134/1–2, 32-42
11. Drew, F., 1873: Alluvial and lacustrine deposits and glacial records of the Upper Indus Basin. *Geological Society of London Quarterly Journal* 29, 441-71.
12. Ford D., Williams P., 2007: *Karst Hydrogeology and Geomorphology*, John Wiley & Sons, pp. 562.
13. Gams, I., 1978: The polje: the problem of definition.- *Zeitschrift für Geomorphologie*, 22, 2, 170-181.

14. Gams, I., 2004; Kras v Sloveniji v prostoru in času. 2, Založba ZRC SAZU, 515 p., Ljubljana.
15. Goudie, A. S., 2004: Encyclopaedia of Geomorphology 1. New York.
16. Grimani, I., Šikić, K., Šimunić, A., 1972: Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, list Knin, L 33-141, Savezni Geološki Zavod, Beograd.
17. Grimani, I., Juriša, M., Šikić, K., Šimunić, A., 1975: Tumač Osnovne geološke karte za list Knin, L 33-141, Savezni Geološki Zavod, Beograd.
18. Harvey, A.M., 1990: Factors influencing Quaternary fan development in southeast Spain. In Alluvial fans - a field approach, A.H. Rachocki and M. Church, 247-70. New York: Wiley
19. Harvey, A.M., Mather, A.E., Stokes, M., 2005: Alluvial Fans: Geomorphology, Sedimentology, Dynamics. Special Publication 251, Geological Society Publishing House, Bath.
20. Hooke, R.L., 1967: Processes on arid-region alluvial fans. *Journal of Geology* 75, 438-60.
21. Ivanović, A., Sakač, K., Marković, S., Sokač, B., Šušnjar, M., Nikler, L., Šušnjara, A., 1973: Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, Obrovac, L 33-128, Savezni Geološki Zavod, Beograd.
22. Ivanović, A., Sakač, K., Sokač, B., Vrsalović-Cerević, I., Zupanić, J., 1976: Tumač Osnovne geološke karte za list Obrovac, L 33-140, Savezni Geološki Zavod, Beograd.
23. Kirchner, J. W. 1993: Statistical inevitability of Horton's laws and the apparent randomness of stream channel networks, Department of Geology and Geophysics, University of California, Berkley, California.
24. Keller E.A., Pinter N., 2002: Active Tectonics; Earthquakes, Uplift and Land scape. 2nd edition, Prentice-Hall, Upper Saddle River, New Jersey.
25. Kvetek, F., Bočić, N., 2015: Digitalna analiza drenažne mreže na primjeru Papuka, *Geografski horizont*, 2, 61-73.
26. Lozić, S. 1996: Nagibi padina kopnenog dijela Republike Hrvatske, *Acta Geographica Croatica*, Vol. 31, 41-50.

27. Nichols, G., 2009: *Sedimentology and Stratigraphy*, Second Edition, John Wiley & Sons, 129-150.
28. Nichols, G.J. & Thompson, B., 2005: Bedrock lithology control on contemporaneous alluvial fan facies, Oligo-Miocene, southern Pyrenees, Spain. *Sedimentology*, 52, 571–585.
29. Nichols, G.J., Fisher, J.A., 2007: Processes, facies and architecture of fluvial distributary system deposits. *Sedimentary Geology*, 195, 75–90.
30. Mack, G.H., James, W.C., Monger, H.C., 1993: Classification of paleosols, *Bulletin of the Geological Society of America*, 105, 129–136.
31. Marković, M., 1983: *Osnovi primenjene geomorfologije*, Geoinstitut, Beograd.
32. Marković, J., Bočić, N., Pahernik, M., 2016: Prostorni raspored i gustoća ponikava jugoistočnog Velebita, *Geoadrija* 21/1, 1-28, Zagreb.
33. Matoš, B., Tomljenović, B., Trenc, N., 2014: Identification of tectonically active areas using DEM: a quantitative morphometric analysis of Mt. Medvednica, NW Croatia, *Geological Quarterly* 58 (1), 51-70.
34. Mihevc, A., Prelovšek, M., Zupan Hajna, N., 2010: *Introduction to the Dinaric Karst, Slovenia*.
35. Pahernik, M., 2007: Digitalna analiza padina otoka Raba, *Geoadria* 12/1, Zadar, 3-22.
36. Perez Pena, J.V., Azor, A., Azanon, J.M., Keller, E.A., 2010: Active tectonics in the Sierra Nevada (Betic Cordillera, SE Spain): Insights from geomorphic indexes and drainage pattern analysis, *Geomorphology*, 119, 74-87.
37. Pike, R.J., Wilson, S.E., 1971: Elevation-relief ratio, hypsometric integral and geomorphic area-altitude analysis, *Geol.Soc.Amer. Bull* 82: 1079-1084.
38. Polšak, A., Šparica, M., Crnko J., Juriša, M., 1967: Osnovna geološke karta SFRJ 1:100 000, list Bihać, L 33-116, Savezni Geološki Zavod, Beograd.
39. Polšak, A., Šparica, J., Šimunić, A., Šimunić, A., Šparica M., Juriša, M., 1967: Tumač Osnovne geološke karte za list Bihać, L 33-116, Savezni Geološki Zavod, Beograd.
40. Radoš D., Lozić S., Šiljeg A., 2012: Morfometrijske značajke šireg područja Duvanjskog polja, Bosna i Hercegovina, *Geoadria* 17/2, Zadar, 177-207.

41. Radoš D., Lozić S., Šiljeg A., 2012: Primjena GIS metoda u analizi geomorfometrijskih značajki Duvanjskog polja, Čovjek i krš, 143 – 161.
42. Retallack, G.J., 2001: Soils of the Past: an Introduction to Paleopedology (2nd edition). Blackwell Science, Oxford.
43. Ruzsokiczay-Rüdiger Z., Fodor L., Horváth E., Telbisz T., 2009: Discrimination of fluvial, eolian and neotectonic features in a low hilly landscape: a DEM-based morphotectonic analysis in the Central Pannonian Basin, Hungary. *Geomorphology*, 104: 203–217.
44. Sokač, B., Nikler, L., Velić, I., Mamužić, P., 1967: Osnovna geološke karta SFRJ 1:100 000, list Gospić, K 33-127, Savezni Geološki Zavod, Beograd.
45. Sokač, B., Ščavničar, B., Velić, I., 1967: Tumač Osnovne geološke karte za list Gospić, K 33-127, Savezni Geološki Zavod, Beograd.
46. Sokač, B., Šušnjar, M., Bukovac, J., Bahun, S., 1976: Tumač Osnovne geološke karte za list Udbina, L 33-128, Savezni Geološki Zavod, Beograd.
47. Stepišnik, U., Grlj, A., Radoš, D., Žebre, M., 2016: Geomorphology of Blidinje, Dinaric Alps (Bosnia and Herzegovina), *Journal of maps*, 12, 163-171.
48. Stepišnik, U., 2010: Relict alluvial fans of Matarsko Podolje ad Vrhpoljska Brda, Slovenia, *Zeitschrift fur Geomorphologie*, 54,1, 17 – 29.
49. Stepišnik, U., 2009: Active and relict alluvial fans on contact karst of the Vrhpoljska brda hills, Slovenia, *Acta geographica Slovenia*, 49-2, 249-262.
50. Stepišnik, U., Ferk, M., Gostinčar, P., Černuta, L., Peternelj, K., Štemberger, T., Ilič, U., 2007: Alluvial fans on contact karst: An example from matarsko podolje, Slovenia, *Acta Carsologica*, 36/2, 209 – 21, Postojna.
51. Summerfield, M. A., 1996: *Global geomorphology: an introduction to the study of landforms*. London.
52. Šušnjar, M., Bukovac, J., 1969: Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, list Drvar, L 33-129, Savezni Geološki Zavod, Beograd.
53. Šušnjar, M., Bukovac, J., 1969: Tumač Osnovne geološke karte za list Drvar, L 33-129, Savezni Geološki Zavod, Beograd.

54. Šušnjar, M., Sokač, B., Bahun, S., Bukovac, J., Nikler, L., Ivanović, A., 1973: Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, Udbina, L-33-116, Savezni Geološki Zavod, Beograd.
55. Tišljar, J., 1994: Sedimentne stijene, Školska knjiga, Zagreb.
56. Velić, I., Bahun, S., Sokač, B., Galović, I., 1974: Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, Otočac, L 33-103, Savezni Geološki Zavod, Beograd.
57. Šegina, E., Benac, Č., Rubinić, J., Knez, M., 2018: Morphometric analyses of dolines — the problem of delineation and calculation of basic parameters. *Acta Carsologica* 47/1, 23-33
58. Sinožić, I., 2018: Geomorfološka obilježja drenaznog sustava središnje Istre, diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu
59. Strahler, A. N., 1952: Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography, *GSA Bulletin*, 63: 1117-1142.
60. Sokač, B., Bahun, S., Velić, I., Galović, I., 1976: Tumač Osnovne geološke karte za list Otočac, K 33-115, Savezni Geološki Zavod, Beograd.
61. Vujaković, A., 2013: Geomorfologija polja u kršu – primjer Koreničkog polja, Diplomski rad, Geografski odsjek PMF-a, 49 str.
62. Zupan Hajna, N., 2019: Dinaric karst – *Geography and geology*, 352-362.
63. Žebre, M., Stepišnik, U., 2015: Glaciokarst landforms and processes of the southern Dinaric Alps, *Earth Surface Processes and Landforms* 40, 1493 – 1505.
64. Žebre, M., Jež, J., Mechernich, S., Mušić, B., Horn, B., Jamšek Rupnik, P., 2019: Paraglacial adjustment of alluvial fans to the last deglaciation in the Snežnik Mountain, Dinaric karst Slovenia, *Geomorphology* 332, 66-79.

8. Izvori

URL 1 <https://www.quora.com/How-does-an-alluvial-fan-develop> 22.8.2022.

9. Prilog

Popis slika

Slika 1. 3D prikaz plavinske lepeze Krbavskog polja	4
Slika 2. Skica aluvijalne lepeze.....	4
Slika 3. Morfološke značajke aluvijalne lepeze i drenažnog bazena (Blair i Mcpherson 1994)..	5
Slika 4. Vrste aluvijalnih lepeza – tokovi deprisa, sheetflood i pletenice; sva tri tipa se mogu razviti i na jednoj aluvijalnoj lepezi (Nichols, 2009).....	6
Slika 5. Shematski prikaz primarnih i sekundarnih procesa na aluvijalnim lepezama, slika lijevo – prikaz procesa na plavinama s fluidnim tokovim, slika desno – plavinske lepeze s dominantnim tokovima debrisa (Blair i Mcpherson 1994.....	7
Slika 6. Geomorfološki položaj istraživanog područja (Izvor: Bognar, 2011).....	11
Slika 7. Položaj analiziranih krških polja.....	12
Slika 8. Prikaz plavinskih lepeza, drenažnih bazena i krških polja analiziranog područja.....	16
Slika 9. Prikaz udjela analiziranih plavina u krškim poljima.....	17
Slika 10. Prikaz volumena identificiranih plavinskih lepeza.....	18
Slika 11. Jednostruka, dvostruka i trostruka plavinska lepeza.....	19
Slika 12. Hipsometrijska karta Ličkog i Mazinskog polja i Brezovca Dobroselskog.....	20
Slika 13. Visinska razlika plavinskih lepeza.....	22
Slika 14. Visinska razlika drenažnih bazena.....	22
Slika 15. Nagibi padina Gubavčevog, Velikopopinskog i Lapačkog polja.....	24
Slika 16. Prikaz nagiba plavinskih lepeza.....	26
Slika 17. Prikaz nagiba drenažnih bazena.....	26
Slika 18. Ekspozicija padina Velikopopinskog polja.....	27
Slika 19. Ekspozicija padina plavinskih lepeza u omjeru s udjelom površine.....	28
Slika 20. Ekspozicija padina drenažnih bazena u omjeru s udjelom površine.....	28
Slika 21. Ekspozicija padina plavinskih lepeza i pripadajućih drenažnih bazena Lapačkog polja.....	29
Slika 22. Profilna zakrivljenost padina izabranih plavinskih lepeza.....	30
Slika 23. Uzdužni profil izabranih plavinskih lepeza (profili ostalih plavinskih lepeza nalaze se u prilogu).....	31
Slika 24. Udio površine profilne zakrivljenosti padina plavinskih lepeza.....	32
Slika 25. Prikaz odabranih drenažnih bazena i njihovih mreža tokova istraživanog područja...33	

Slika 26. Veličina drenažnih bazena u km ²	34
Slika 27. Geološka karta Krbavskog i Lapačkog polja (prema Šušnjar i dr, 1973).....	35
Slika 28. Strahlerova klasifikacija tokova drenažnih bazena Bijelog polja i Krbavskog polja.....	37
Slika 29. Strahlerova klasifikacija tokova drenažnih bazena Lapačkog polja i Velikopopinskog polja.....	38
Slika 30. Strahlerova klasifikacija tokova drenažnih bazena Ličkog polja i Velikopopinskog polja.....	39
Slika 31. Ukupna duljina tokova prema kategorijama Strahlerove klasifikacije.....	40
Slika 32. Udio duljine tokova prema kategorijama Strahlerove klasifikacije od ukupne duljine.....	40
Slika 33. Prvi Hortonov zakon, odstupanje broja tokova od teorijskog modela.....	42
Slika 34. Drugi Hortonov zakon, odstupanje duljine tokova od teorijskog modela.....	43
Slika 35. Gustoća drenažne mreže drenažnih bazena Krbavskog, Lapačkog i Gackog polja.....	44
Slika 36. Gustoća drenažne mreže drenažnih bazena Ličkog, Velikopopinskog i Bijelog polja.....	45
Slika 37. Asimetričnost drenažnih bazena.....	47
Slika 38. Faktor asimetrije glavnih tokova drenažnih bazena.....	48
Slika 39. Hipsometrijski integral drenažnih bazena.....	49

Popis tablica

Tablica 1. Udio analiziranih plavina u krškim poljima.....	17
Tablica 2. Minimalna i maksimalna visina te visinska razlika plavinskih lepeza i drenažnih bazena.....	21
Tablica 3. Nagibi padina plavinskih lepeza i drenažnih bazena.....	25
Tablica 4. Površine i udijeli ekspozicije padina plavinskih lepeza i drenažnih bazena.....	28
Tablica 5. Udio površine profilne zakrivljenosti padina plavinskih lepeza.....	32
Tablica 6. geološka građa i drenažnih bazena.....	36
Tablica 7. Indeks bifurkacije i indeks duljine tokova.....	42
Tablica 8. asimetrija analizirane drenažne mreže.....	46
Tablica 9. Hipsometrijski integral, maksimalna i minimalna visina te srednja vrijednost visine drenažnih bazena.....	50

Profili analiziranih plavinskih lepeza

