Interreg
Sofinancira EVROPSKA UNIJA
Sufinancira EUROPSKA UNIJA
Slovenija – Hrvatska

transPlant

Študija 3D modela reliefa

~ različica 1.0 ~

/

Studija 3D modela reljefa

~ verzija 1.0 ~

Ljubljana, 31. oktober 2025/
Ljubljana, 31. listopad 2025

NASLOV DOKUMENTA/NAZIV DOKUMENTA:
Študija 3D modela reliefa (različica 1.0)/
Studija 3D modela reljefa (inačica 1.0)

DOKUMENT PRIPRAVIL/DOKUMENT PRIPREMIO:
Znanstvenoraziskovalni center Slovenske akademije znanosti in umetnosti, Geografski inštitut Antona Melika/
Znanstvenoistraživački centar Slovenske akademije znanosti i umjetnosti, Geografski institut Antona Melika
Novi trg 2, 1000 Ljubljana, Slovenija

UREDNICA/UREDNICA:
Mateja Breg Valjavec

AVTORJI/AUTORI:
Mateja Breg Valjavec, Rok Ciglič, Lenart Štaut, Špela Čonč, Matjaž Geršič, Uroš Stepišnik (zunanji strokovnjak)

PREVOD/PRIJEVOD:
Nadia Dunato Pejnović (Prirodoslovni muzej Rijeka)

RECENZIJA/RECENZIJA:
Nadia Dunato Pejnović (Prirodoslovni muzej Rijeka)

KAZALO VSEBINE/SADRŽAJ

1. UVOD/UVOD 4
1.1. Namen in cilji poročil/Svrha i ciljevi izvješća 4
1.2 Struktura poročila/Struktura izvješća 4
1.3 Priprava in analiza 3D modelov mikro-reliefa/Priprema i analiza 3D modela mikroreljefa 4
1.4 Povezovanje 3D modelov mikro-reliefa z ekološkimi značilnostmi mikro-habitatov/Povezivanje 3D modela mikroreljefa s ekološkim karakteristikama mikrostaništa 5
2 SPLOŠNE GEOMORFOLOŠKE ZNAČILNOSTI PROJEKTNEGA OBMOČJA/OPĆE GEOMORFOLOŠKE KARAKTERISTIKE PROJEKTNOG PODRUČJA 6
2.1 Geološke značilnosti/Geološke značajke 6
2.2 Tipi reliefa na proučevanem območju/Vrste reljefa na proučavanom području 7
3 3D MODELI MIKRORELIEFA ZA PILOTNE VRTAČE (KONTE)/3D MODELI MIKRO-RELJEFA ZA PILOTNE PONIKVE(KONTE) 10
3.1 Interpretacija 6 kont iz zračnega Lidarja Slovenije in Hrvaške (obstoječi podatki) ter posnetkov brezpilotnega letalnika/Interpretacija 6 mjerenja s Lidara iz zraka iz Slovenije i Hrvatske (postojeći podaci) i snimki dronom 10
4. STACIONARNE MERITVE NA PILOTNIH OBMOČJIH IN PODATKOVNA BAZA/STACIONARNA MJERENJE U PILOT PODRUČJIMA I BAZA PODATAKA 24

1 UVOD/UVOD

1.1 Namen in cilji poročila/Svrha i ciljevi izvješća

Glavni namen te aktivnosti je izdelati 3D modele mikro-reliefa kraških habitatov čezmejnega programskega območja z digitalnimi prilogami in georeferencirano bazo podatkov za pilotne doline in travnike. 3D modeli mikro-reliefa bodo osnova za preučevanje ekoloških pogojev v mikro-habitatih kraških kotanj in na kraških travnikih.

Glavna svrha ove aktivnosti je izrada 3D modela mikroreljefa krških staništa prekograničnog programskog područja s digitalnim prilozima i georeferenciranom bazom podataka za pilot doline i livade. 3D modeli mikroreljefa bit će osnova za proučavanje ekoloških uvjeta u mikrostaništima krških depresija i na krškim livadama.

1.2 Struktura poročila/Struktura izvješća

Poročilo je sestavljeno iz štirih delov. Prvi uvodni del predstavi cilje in namen aktivnosti. Drugo poglavje daje splošen opis geološke zgradbe in reliefnih oblik na čezmejnem območju, ki so ga v ledenih dobah preoblikovali ledeniki iz Snežnika in Gorskega kotarja. V tretjem delu/poglavju predstavljamo pilotna območja mikro-habitatov v globokih visokogorskih vrtačah, ki se v geomorfološki terminologiji imenujejo konta. Zanje je značilno, da se v njih zadržuje hladen zrak, kar ustvarja mraziščne pogoje na teh mikrolokacijah. Za šest pilotnih kont kjer izvajamo stacionarni in daljinski monitoring rastišč dinarske smiljke in skopolijevega repnjaka so podani različni 3D modeli mikro-reliefa in njihova interpretacija. 3D modeli reliefa so predstavljeni tudi za izbrane pilotne lokacije travnikov, kjer izvajamo stacionarni in daljinski monitoring rastišč raznolistne mačine.

Izvješće se sastoji od četiri dijela. Prvi uvodni dio predstavlja ciljeve i svrhu aktivnosti. Drugo poglavlje daje opći opis geološke strukture i oblika reljefa u prekograničnom području, koje je tijekom ledenih doba transformirano ledenjacima sa Snežnika i Gorskog kotara. U trećem dijelu/poglavlju predstavljamo pilot područja mikrostaništa u dubokim visokoplaninskim vrtačama, koje se u geomorfološkoj terminologiji nazivaju konte. Karakterizira ih činjenica da se u njima zadržava hladan zrak, što stvara uvjete smrzavanja na tim mikrolokacijama. Za šest pilot konti gdje provodimo stacionarno i daljinsko praćenje staništa dinarske plave trave i Scopolijevog šaša, dani su različiti 3D modeli mikroreljefa i njihova interpretacija. Također su prikazani 3D modeli reljefa za odabrane pilot lokacije livada gdje provodimo stacionarno i daljinsko praćenje staništa širokolisnih trava.

1.3 Priprava in analiza 3D modelov mikro-reliefa/Priprema i analiza 3D modela mikroreljefa

K pripravi 3D modelov mikro-reliefa smo pristopili na dva načina: prvi je s pomočjo obstoječih podatkov zračnega laserskega skeniranja, ki je v Sloveniji potekalo v obdobju 2011-2015 in na Hrvaškem 2023/2024. Podatki so na voljo v obliki klasificiranega oblaka točk v las formatu oziroma kot digitalni model reliefa v prostorski ločljivosti rastrske celice 1m.

Drugi pristop je pridobivanje podatkov o površju in reliefu z lastnim zajemom s pomočjo daljinskega zaznavanja z brezpilotnimi letalniki in z ročnim 3D laserskim skenerjem Leica BLK2GO. Pri tem smo hkrati zajemali podatke o vegetaciji in talne točke reliefa, nakar smo izvedli klasifikacijo oblaka točk na točke vegetacije in točke reliefa.

Na osnovi 3D modela mikro-reliefa smo interpretirali geomorfološke značilnosti posamezne pilotne lokacije.

Izradi 3D modela mikroreljefa pristupili smo na dva načina: prvi je uz pomoć postojećih podataka iz zračnog laserskog skeniranja, koje se odvijalo u Sloveniji u razdoblju 2011.-2015. i u Hrvatskoj 2023./2024. Podaci su dostupni u obliku klasificiranog oblaka točaka u LAS formatu ili kao digitalni model reljefa s prostornom rezolucijom rasterske ćelije od 1 m.

Drugi pristup je dobivanje podataka o površini i reljefu vlastitom akvizicijom korištenjem daljinskog istraživanja bespilotnim letjelicama i ručnim 3D laserskim skenerom Leica BLK2GO. U tom procesu istovremeno smo snimali podatke o vegetaciji i točkama reljefa tla, nakon čega smo izvršili klasifikaciju oblaka točaka na točke vegetacije i točke reljefa.

Na temelju 3D modela mikroreljefa interpretirali smo geomorfološke karakteristike svake pilot lokacije.

1.4 Povezovanje 3D modelov mikro-reliefa z ekološkimi značilnostmi mikro-habitatov/Povezivanje 3D modela mikroreljefa s ekološkim karakteristikama mikrostaništa

3D modeli mikroreliefa so osnova za preučevanje ekoloških pogojev v mikrohabitatih kraških kotanj in na kraških travnikih. Nanje so vezane lokacije merilnih mest, kjer že od oktobra 2024 merimo **temperaturo zraka**, **zračno vlago** in **temperaturo rosišča** na višini približno 30 cm nad tlemi. V tej prvi verziji poročila predstavljamo prelimirano strukturo georeferencirane podatkovne baze v ktraških kotanjah (kontah). Podobne meritve potekajo tudi na izbranih suhih kraških travnikih v Čičariji, na Slavniku in na Slivnici ter na izbranih območjih po Dinaridih. V nadaljevanju bodo reliefnim in vremenskim značilnostim mikro-habitatov dodani še terenski popisi rastlinskih vrst na posamezni mirko-lokacji.

3D modeli mikroreljefa osnova su za proučavanje ekoloških uvjeta u mikrostaništima krških udubina i na krškim livadama. Povezani su s lokacijama mjernih mjesta, gdje se od listopada 2024. mjere temperatura zraka, vlažnost zraka i temperatura rosišta na visini od približno 30 cm iznad tla. U ovoj prvoj verziji izvješća predstavljamo preliminarnu strukturu georeferencirane baze podataka u krškim udubinama (kontahima). Slična mjerenja provode se i na odabranim suhim krškim livadama u Čičariji, Slavniku i Slivnici, te na odabranim područjima diljem Dinarida. U budućnosti će se reljefne i vremenske karakteristike mikrostaništa nadopuniti terenskim inventarizacijama biljnih vrsta na pojedinim mikrolokacijama.

2 SPLOŠNE GEOMORFOLOŠKE ZNAČILNOSTI PROJEKTNEGA OBMOČJA/OPĆE GEOMORFOLOŠKE KARAKTERISTIKE PROJEKTNOG PODRUČJA

2.1 Geološke značilnosti/Geološke značajke

Območje Snežnika geotektonsko pripada snežniški narivni enoti, ki je narinjena na severovzhodno krilo brkinske sinklinale. Osrednji del Snežnika je tektonska gruda, v okviru katere so dvignjeni in skoraj horizontalno okoli najvišjega vrha Snežnika razporejeni jurski in spodnjekredni sloji. Najstarejše kamnine na območju Snežnika so jurski apnenci in dolomiti oziroma karbonatne breče, ki pretežno gradijo severna in vzhodna pobočja Snežnika, pojavljajo pa se tudi v ozkem pasu zahodno od Gomanc. Najstarejši litostratigrafski horizont tvorijo srednjejurski temnosivi grobozrnati in debeloskladoviti ter ploščasti dolomiti, ki so prostorsko manj razširjeni od zgornjejurskih kamnin. Slednje zastopajo svetlo- in temnosivi apnenci, bogati s fosilnimi ostanki in vložki boksitov. Kredne kamnine gradijo največji del Snežniške planote. Med predstavniki krede prevladujejo različni apnenci, ki se mestoma izmenjujejo z dolomiti, ter karbonatne breče. Paleocenski apnenci gradijo jugozahodne obronke Snežniške planote, v pobočju pod njimi pa se nahajajo eocenski fliši. Kvartarne starosti so pobočni grušči in breče pod strmimi jugozahodnimi pobočji Snežniške planote ter mestoma razprostranjeni ledeniški, glaciofluvialni in jezerski sedimenti (Šikić, Pleničar, Šparica, 1972).

Područje Snežnika geotektonski pripada navlačnoj jedinici Snežnik, koja je navučena na sjeveroistočni bok Brkinske sinklinale. Središnji dio Snežnika je tektonski blok, unutar kojeg su jurski i donjokredni slojevi izdignute i gotovo horizontalno raspoređene oko najvišeg vrha Snežnika. Najstarije stijene na području Snežnika su jurski vapnenci i dolomiti ili karbonatne breče, koji uglavnom grade sjeverne i istočne padine Snežnika, a javljaju se i u uskom pojasu zapadno od Gomanaca. Najstariji litostratigrafski horizont čine srednjojurski tamnosivi grubozrnati i debeloslojni te pločasti dolomiti, koji su prostorno manje rasprostranjeni od gornjojurskih stijena. Potonje su predstavljene svijetlim i tamnosivim vapnencima, bogatim fosilnim ostacima i inkluzijama boksita. Kredne stijene grade najveći dio Snežničke visoravni. Od krednih predstavnika dominiraju razni vapnenci, koji se mjestimično izmjenjuju s dolomitima, i karbonatne breče. Paleocenski vapnenci grade jugozapadne padine Snežničke visoravni, a eocenski fliš nalazi se u podini ispod njih. Kvartarna starost obuhvaća agregate padina i breče ispod strmih jugozapadiih padina Snežničke visoravni, te lokalno raširene glacijalne, glaciofluvijalne i jezerske sedimente (Šikić, Pleničar, Šparica, 1972).

Snežniška planota je razčlenjena s prelomi, katerih prevladujoča orientacija sledi smeri severozahod–jugovzhod (Šikić, Pleničar, Šparica, 1972; Šikić, Pleničar, 1975). Za morfologijo območja sta najpomembnejša dva preloma: prelom od Mašuna proti jugovzhodu, ob katerem so razvite večje kraške kotanje, kot so Grda draga, Medvedja draga, Velika Padežnica in Vala, ter prelom, ki poteka od Vale proti Gomancam. Slednji je orientiran v smeri severovzhod–jugovzhod, ob njem pa je nastala dolina Andrinova draga in kraško polje Gomance.

Snežničku visoravan raščlanjuju rasjedi čija dominantna orijentacija prati smjer sjeverozapad-jugoistok (Šikić, Pleničar, Šparica, 1972.; Šikić, Pleničar, 1975.). Za morfologiju područja najvažnija su dva rasjeda: rasjed od Mašuna prema jugoistoku, uz koji su razvijeni veći krški bazeni poput Grde drage, Medvedje drage, Velike Padežnice i Vale, te rasjed od Vale prema Gomanceu. Potonji je orijentiran u smjeru sjeveroistok-jugoistok, a uz njega su nastali dolina Andrinova draga i krško polje Gomance.

Z geotektonskega vidika Gorski kotar predstavlja pokrovno strukturo, pri kateri je alohotna enota severovzhodnega Gorskega kotarja narinjena preko avtohtone enote jugozahodnega Gorskega kotarja, obe pa izkazujeta podobna sedimentacijska zaporedja (Herak in sod., 1961; Herak, 1980). Najstarejše kamnine na proučevanem območju so spodnje- in srednjepermski peščenjaki in skrilavci, prisotni na skrajnem severovzhodnem delu proučevanega območja. Zgornjetriasne kamnine, med katerimi prevladujejo mikritni in sparitni dolomiti, se nahajajo v skrajnem severovzhodnem in jugovzhodnem

delu. Kamnine jurske starosti gradijo osrednji in severni del ter zavzemajo največji del proučevanega območja Gorskega kotarja. Spodnjejurske kamnine se raztezajo med Županjo drago in Livi drago. Zastopane so z mikritnimi dolomiti z lečami apnencev, apnenci in dolomiti v izmenjavi ter marogastimi apnenci. Srednjejurski mikritni apnenci z redkimi pojavi ploščastih dolomitov gradijo najvišje predele Gorskega kotarja in območje Platka. Severno od srednjejurskih apnencev se preko osrednjega dela pogorja raztezajo zgornjejurski apnenci, ki se pojavljajo v obliki apnencev in dolomitov. Kredne kamnine se nahajajo pretežno na zahodnem in jugozahodnem delu proučevanega območja. Spodnjekredne starosti so litostratigrafski horizonti apnenčastih breč, mikritnih apnencev, apnencev s školjkami in apnencev s plastmi dolomitov. Zgornjekredne starosti so apnenci z rudisti, svetlosivi in beli prekristalizirani apnenci ter apnenci in dolomiti v izmenjavi. Paleocenski apnenci se pojavljajo kot ozki pasovi med zgornjekrednimi kamninami. Najmlajše kamnine so eocenski fliši zahodno od Grobničkega polja. Genetsko različni kvartarni diamikti se pojavljajo na dnu in pobočjih nekaterih kraških kotanj (Savić, Dozet, 1985). Za območje severozahodnega dela Gorskega kotarja je značilna kompleksna strukturna zgradba s prelomi, ki imajo prevladujoče smeri severozahod–jugovzhod in sever–jug, ob katerih so nastale kraške kotanje. Najpomembnejši prelomi so prelom Obli vrh, ki je orientiran v smeri sever–jug, ter preloma Bačva–Lividraga in Risnjak, ki potekata v smeri severozahod–jugovzhod (Savić, Dozet, 1985).

S geotektonskog gledišta, Gorski kotar predstavlja pokrovnu strukturu u kojoj se alohtona jedinica sjeveroistočnog Gorskog kotara navlači na autohtonu jedinicu jugozapadnog Gorskog kotara, a obje pokazuju slične sedimentne sekvence (Herak i sur., 1961.; Herak, 1980.). Najstarije stijene na području istraživanja su donjopermski i srednjopermski pješčenjaci i škriljevci, prisutni u krajnjem sjeveroistočnom dijelu područja istraživanja. Gornjotrijaske stijene, u kojima dominiraju mikritski i sparitni dolomiti, nalaze se u krajnjim sjeveroistočnim i jugoistočnim dijelovima. Jurske stijene izgrađuju središnji i sjeverni dio i zauzimaju najveći dio proučavanog područja Gorskog kotara. Donjojurske stijene protežu se između Županja drage i Live drage. Predstavljene su mikritskim dolomitima s vapnenačkim lećama, vapnencima i dolomitima u izmjeni te laporovitim vapnencima. Srednjojurski mikritski vapnenci s rijetkim pojavama pločastih dolomita izgrađuju najviše dijelove Gorskog kotara i područje Platka. Sjeverno od srednjojurskih vapnenaca, gornjojurski vapnenci, koji se javljaju u obliku vapnenaca i dolomita, protežu se središnjim dijelom planinskog lanca. Stijene iz doba krede nalaze se uglavnom u zapadnim i jugozapadnim dijelovima proučavanog područja. Donjokredne starosti su litostratigrafski horizonti vapnenačkih breča, mikritskih vapnenaca, školjkastih vapnenaca i vapnenaca sa slojevima dolomita. Gornjokredne starosti su vapnenci s ruditima, svijetlosivim i bijelim rekristaliziranim vapnencima te vapnencima i dolomitima u izmjeni. Paleocenski vapnenci javljaju se kao uski pojasevi između stijena gornje krede. Najmlađe stijene su eocenski fliš zapadno od Grobničkog polja. Genetski različiti kvartarni dijamikti javljaju se na dnu i obroncima nekih krških udubina (Savić, Dozet, 1985.). Sjeverozapadni dio Gorskog kotara karakterizira složena strukturna struktura s rasjedima koji imaju dominantne smjerove sjeverozapad-jugoistok i sjever-jug, duž kojih su formirani krški bazeni. Najvažniji rasjedi su rasjed Obli vrh, koji je orijentiran u smjeru sjever-jug, te rasjedi Bačva-Lividraga i Risnjak, koji se protežu u smjeru sjeverozapad-jugoistok (Savić, Dozet, 1985).

2.2 Tipi reliefa na proučevanem območju/Vrste reljefa na proučavanom području

Na proučevanem območju se pojavljata dva osnovna tipa reliefa, in sicer kraški in fluvialni. Fluvialni geomorfni sistem je omejen na majhno območje na skrajnem vzhodnem delu, na pobočjih nad Gerovskim poljem, kjer se je oblikoval v permskih klastičnih sedimentnih kamninah. Fluvialne reliefne oblike obsegajo erozijske jarke ter vršaje, ki nastajajo pod temi jarki na Gerovskem polju. Na proučevanem območju prevladuje kraški geomorfni sistem. Prisotni sta dve kraški geomorfni okolji: globoki kras in glaciokras. Slednji zavzema osrednji del območja, saj vključuje področja nekdanje poledenitve, bližnje okolice z ledeniškimi sedimenti in območja fluvioglacialne agradacije, ki obsegajo kraške kotanje v okolici nekdanje poledenitve.

Glaciokras ali ledeniški kras je poseben tip krasa oziroma kraško geomorfno okolje, pri katerem so ledeniki izrazito preoblikovali površje, tako da je večina reliefnih oblik rezultat ledeniških procesov. Kljub temu so na teh območjih prisotne tudi kraške oblike, ki nastanejo s součinkovanjem kraških in ledeniških procesov, na primer zelo globoka brezna ter obsežne kraške kotanje oziroma konte. Za poledenele kraške pokrajine je značilno, da se podledeniške vode skozi kraški vodonosnik stekajo k nižjim izvirom, kar vpliva na pretočne razmere in posledično na dinamiko ledenikov (Žebre, Stepišnik, 2015b; Stepišnik, 2024). V erozijskih območjih ledenikov odtok podledeniških vod v kraški vodonosnik zmanjša količino podledeniške vode, kar posledično znižuje intenziteto erozije, ki bi jo sicer povzročale te vode. Hkrati pa se zaradi manjše količine vode med ledenikom in kamninsko podlago poveča trenje, kar pospeši ledeniško abrazijo (Adamson, Woodward, Hughes, 2014; Žebre, Stepišnik, 2015b). Podledeniške vode vstopajo v podzemlje pod tlakom, ki se spreminja s sezonskim nihanjem vodne gladine v ledeniku, pri čemer prinašajo ledeniški sediment. Pod ledeniki se zato lahko oblikujejo brezna, ki služijo kot podledeniški požiralniki, izdatne količine ledeniške vode in sedimenta pa v jamah povzročajo intenzivno raztapljanje in abrazijo (Stepišnik, 2024).

Na području istraživanja javljaju se dva osnovna tipa reljefa, i to krški i fluvijalni. Fluvijalni geomorfološki sustav ograničen je na malo područje u krajnjem istočnom dijelu, na obroncima iznad Gerovskog polja, gdje je nastao u permskim klastičnim sedimentnim stijenama. Fluvijalni oblici reljefa uključuju erozione jarke i humke koji se formiraju ispod tih jaraka na Gerovskom polju. Krški geomorfološki sustav dominira područjem istraživanja. Postoje dva krška geomorfološka okoliša: duboki krš i glaciokrš. Potonji zauzima središnji dio područja, jer uključuje područja bivšeg ledenjaštva, bližu okolinu s glacijalnim sedimentima i područja fluvioglacijalne agradacije, koja uključuju krške depresije u okolici bivšeg ledenjaštva.

Glaciokrš ili glacijalni krš je poseban tip krškog ili krškog geomorfološkog okoliša u kojem su ledenjaci značajno transformirali površinu, tako da je većina reljefnih oblika rezultat glacijalnih procesa. Međutim, ta područja također sadrže krške oblike reljefa koji su rezultat interakcije krških i glacijalnih procesa, poput vrlo dubokih ponora i opsežnih krških bazena ili konte. Glacijalni krški krajolici karakteriziraju se činjenicom da subglacijalne vode teku kroz krški vodonosnik do nižih izvora, što utječe na uvjete protoka i posljedično na dinamiku ledenjaka (Žebre, Stepišnik, 2015b; Stepišnik, 2024). U erozijskim područjima ledenjaka, otjecanje subglacijalnih voda u krški vodonosnik smanjuje količinu subglacijalne vode, što posljedično smanjuje intenzitet erozije koju bi te vode inače uzrokovale. Istodobno, manja količina vode između ledenjaka i matične stijene povećava trenje, što ubrzava glacijalnu abraziju (Adamson, Woodward, Hughes, 2014; Žebre, Stepišnik, 2015b). Subglacijalne vode ulaze u podzemlje pod tlakom koji varira sa sezonskim fluktuacijama razine vode u ledenjaku, donoseći sa sobom glacijalni sediment. Kao rezultat toga, ispod ledenjaka se mogu formirati ponori koji služe kao subglacijalni ponori, a velike količine ledenjačke vode i sedimenta uzrokuju intenzivno otapanje i abraziju u špiljama (Stepišnik, 2024).

V akumulacijskih območjih ledenikov, kjer se nabira večja količina sedimentov, ti sedimenti delno zaprejo pot vodi v kraško podzemlje, kar povzroči oblikovanje podledeniških tokov. Na poledenelih kraških območjih so takšni tokovi manj dinamični kot v drugih ledeniških okoljih, saj del podledeniške vode ponikne v kras (Žebre, Stepišnik, 2015b; Žebre, Stepišnik, 2015a; Žebre in sod., 2019). Zaradi manjšega obsega odtoka ledeniških vod na površju je tudi erozija ledeniških sedimentov pogosto šibkejša, posledično pa so morene in druge agradacijske ledeniške oblike obsežnejše. Tako se glaciokras loči od drugih poledenelih pokrajin po izraziti kombinaciji kraških in ledeniških procesov, ki se odražajo v edinstvenih geomorfnih in speleoloških značilnostih.

U područjima ledenjačke akumulacije, gdje se nakuplja velika količina sedimenta, ti sedimenti djelomično blokiraju put vode u krško podzemlje, što uzrokuje stvaranje subglacijalnih tokova. U ledenjačkim krškim područjima takvi su tokovi manje dinamični nego u drugim ledenjačkim okruženjima, jer dio subglacijalne vode ponire u krš (Žebre, Stepišnik, 2015b; Žebre, Stepišnik, 2015a;

Žebre i dr., 2019). Zbog manjeg opsega otjecanja ledenjačke vode na površini, erozija ledenjačkih sedimenata često je slabija, a kao rezultat toga, morene i drugi agradacijski ledenjački oblici su opsežniji. Dakle, glaciokrš se razlikuje od ostalih ledenjačkih krajolika izrazitom kombinacijom krških i ledenjačkih procesa, koji se ogledaju u jedinstvenim geomorfološkim i speleološkim značajkama.

Globoki kras se na proučevanem območju pojavlja v okolici območja nekdanje poledenitve, saj je bila na ta način določena meja proučevanega območja. Gre za tip krasa, pri katerem padavinska voda neposredno vteka v podzemlje, zato na površju ni stalnih vodotokov ali stoječih voda. Prevladuje kemično raztapljanje, ki povzroča navpično denudacijo in oblikuje značilne kraške oblike, kot so korozijske vrtače, kopaste vzpetine in uvale, ki se pojavljajo po celotnem proučevanem območju. Raztapljanje poteka tudi v podzemlju, kjer se oblikujejo različni tipi jam. Zaradi denudacije površja in mehanskih nestabilnosti stropov se jame lahko postopoma odprejo na površju v obliki udornih vrtač, brezstropih jam in udornic. Za proučevano območje je značilno predvsem veliko udornih vrtač, ki so nastale z rušenjem vadoznih brezen. Glaciokras zavzema osrednji del območja, saj vključuje področja nekdanje poledenitve, bližnje okolice z ledeniškimi sedimenti in območja fluvioglacialne agradacije, ki obsegajo kraške kotanje v okolici nekdanje poledenitve.

Duboki krš javlja se na području istraživanja oko bivšeg područja glacijacije, budući da je tako određena granica područja istraživanja. To je vrsta krša u kojem oborinska voda izravno otječe u podzemlje, tako da nema trajnih vodotoka ili stajaće vode na površini. Dominira kemijsko otapanje, što uzrokuje vertikalnu denudaciju i formira karakteristične krške značajke poput korozijskih vrtača, uzvišenja u obliku humka i uvala, koje se javljaju po cijelom području istraživanja. Otapanje se odvija i pod zemljom, gdje nastaju različite vrste špilja. Zbog površinske denudacije i mehaničkih nestabilnosti stropova, špilje se mogu postupno otvarati na površinu u obliku vrtača, špilja bez stropa i vrtača. Područje istraživanja karakterizira prvenstveno veliki broj vrtača, koje su nastale urušavanjem vadoznih ponora. Glaciokrš zauzima središnji dio područja, jer uključuje područja bivše glacijacije, bližu okolicu s glacijalnim sedimentima i područja fluvioglacijalne agradacije, koja čine krške bazene u okolici bivše glacijacije.

3 3D MODELI MIKRORELIEFA ZA PILOTNE VRTAČE (KONTE)/3D MODELI MIKRO-RELJEFA ZA PILOTNE PONIKVE(KONTE)

3.1 Interpretacija 6 kont iz zračnega Lidarja Slovenije in Hrvaške (obstoječi podatki) ter posnetkov brezpilotnega letalnika/Interpretacija 6 mjerenja s Lidara iz zraka iz Slovenije i Hrvatske (postojeći podaci) i snimki dronom

V nadaljevanju predstavljamo geomorfološke interpretacije izbranih kont: Velika Kolobarnica, Smrekova draga, Stanišče, Kosmata dolina, ki ležijo na pobočju Snežnika (Slovenija) ter Ceclje in Viljska ponikva, ki ležita na Hrvaškem. Interpretacija temelji na kombinaciji terenskega ogleda ter analize lidarskih podatkov in ortofoto posnetkov. Na podlagi pridobljenih podatkov smo izdelali natančen 3D model mikro-reliefa ter osnovno morfografsko karto vsakega območja.

Pri kartiranju smo identificirali ključne geomorfološke elemente: obod konte, sedimente, ki zapolnjujejo konto, stene, erozijske jarke in kotliče. Upoštevajoč identificirane reliefne oblike in analizo poledenitve širšega območja Gorskega kotarja smo za vsako konto opredelili njen tip ter podali morfografsko in morfodinamično interpretacijo, ki pojasnjuje procese njihovega nastanka in preoblikovanja.

U nastavku donosimo geomorfološke interpretacije odabranih kontesa: Velika Kolobarnica, Smrekova draga, Stanišče, Kosmata dolina, koji se nalaze na obroncima Snežnika (Slovenija), te Ceclje i Viljska ponikva, koji se nalaze u Hrvatskoj. Interpretacija se temelji na kombinaciji terenskih promatranja i analize lidarskih podataka i ortofoto snimaka. Na temelju dobivenih podataka izradili smo točan 3D mikroreljefni model i osnovnu morfološku kartu svakog područja.

Tijekom kartiranja identificirali smo ključne geomorfološke elemente: obod kontesa, sedimente koji ispunjavaju kontes, zidove, erozijske jarke i bazene. Uzimajući u obzir identificirane oblike reljefa i analizu zaleđenja na širem području Gorskog kotara, definirali smo njegov tip za svaki kontes te dali morfološku i morfodinamičku interpretaciju koja objašnjava procese njihovog nastanka i transformacije.

Smrekova draga

Konta Smrekova draga se nahaja vzhodno od konte Velike Kolobarnice, približno 400 metrov severovzhodno od vrha Velikega Snežnika. Razpotegnjena je v smeri jugozahod-severovzhod, z dolžino okoli 650 metrov in širino približno 400 metrov, ter pokriva površino približno 250.000 m². Podobno kot pri Veliki Kolobarnici tudi oboda te konte ni mogoče jasno zamejiti, saj južna pobočja zvezno prehajajo v pobočje Velikega Snežnika, prav tako pa druga pobočja postopno, brez izrazitega roba, prehajajo v okoliški relief.

Pobočja konte so večinoma uravnotežena in prekrita s kraškim regolitom. Pobočja, prekrita z gruščem, so le v južnem pobočju in v okolici dna konte. V južnem pobočju se nahaja tudi neaktivni erozijski jarek. Dodatni erozijski jarek je prisoten v severozahodnem pobočju konte, njegov povirni del pa se začenja v dnu vrtače nad obodom. Ta erozijski jarek je ob večjih padavinah aktiven, saj se vanj steka voda iz zaplate drobnozrnatega sedimenta v vrtači. Na pobočjih se nahajajo tudi kotliči, največ jih je v spodnjem delu južnega in severnega pobočja.

Ponikva Smrekova draga nalazi se istočno od ponikve Velike Kolobarnice, otprilike 400 metara sjeveroistočno od vrha Velikog Snežnika. Pruža se u smjeru jugozapad-sjeveroistok, duljine oko 650 metara i širine oko 400 metara, te pokriva površinu od oko 250.000 m². Slično Velikoj Kolobarnici,

perimetar ovog ušća ne može se jasno razgraničiti, jer južne padine kontinuirano prelaze u padine Velikog Snežnika, dok se ostale padine postupno, bez izraženog ruba, stapaju s okolnim reljefom.

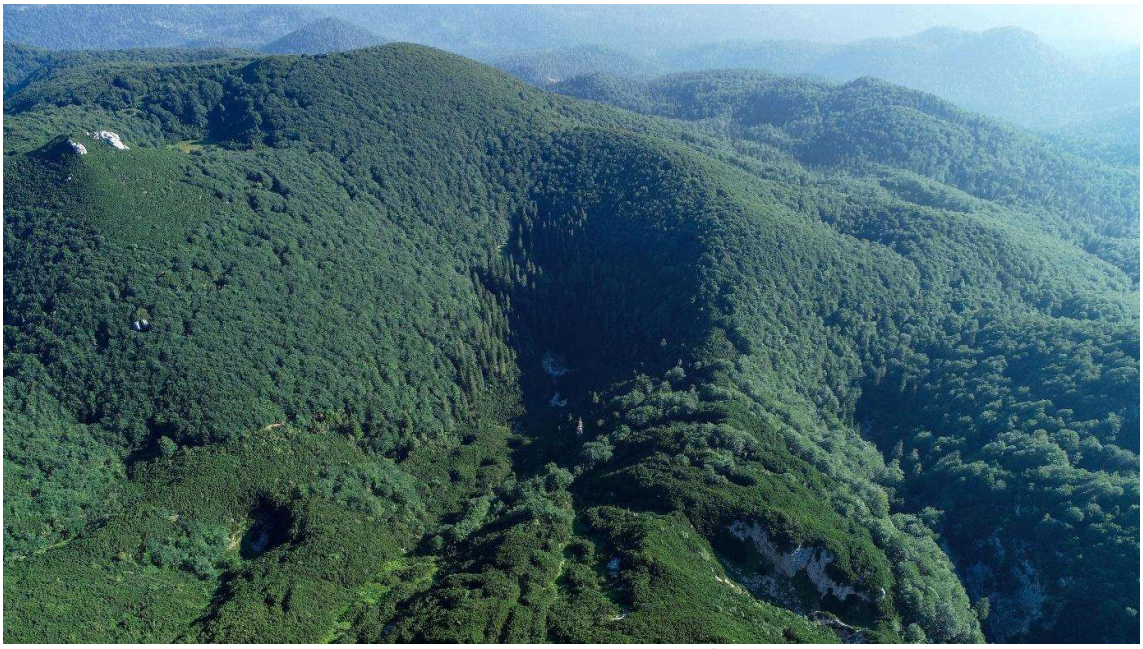
Padine ponikve uglavnom su uravnotežene i prekrivene krškim regolitom. Padine prekrivene šljunkom nalaze se samo na južnoj padini i u blizini dna ušća. Na južnoj padini nalazi se i neaktivni erozioni jarak. Dodatni erozioni jarak prisutan je na sjeverozapadnoj padini ušća, a njegovi izvori počinju na dnu vrtače iznad perimetra. Ovaj erozijski jarak aktivan je tijekom obilnih kiša, jer voda u njega ulazi iz nakupine sitnozrnatog sedimenta u vrtači. Na padinama se nalaze i kotlovi, većina ih je u donjem dijelu južne i sjeverne padine.

Dno konte sledi osnovni usmeritvi celotne kotanje v smeri jugozahod-severovzhod. Sestavljajo ga štiri ločene poglobitve, ki imajo oblike in velikosti vrtač in si sledijo v nizu vzdolž dna. Najgloblji del dna se nahaja na nadmorski višini 1408 metrov. Skrajna severna poglobitev je prekrita s kraškim regolitom, medtem ko ostale poglobitve, vključno z najglobljo, gradi pobočni grušč s podornimi bloki.

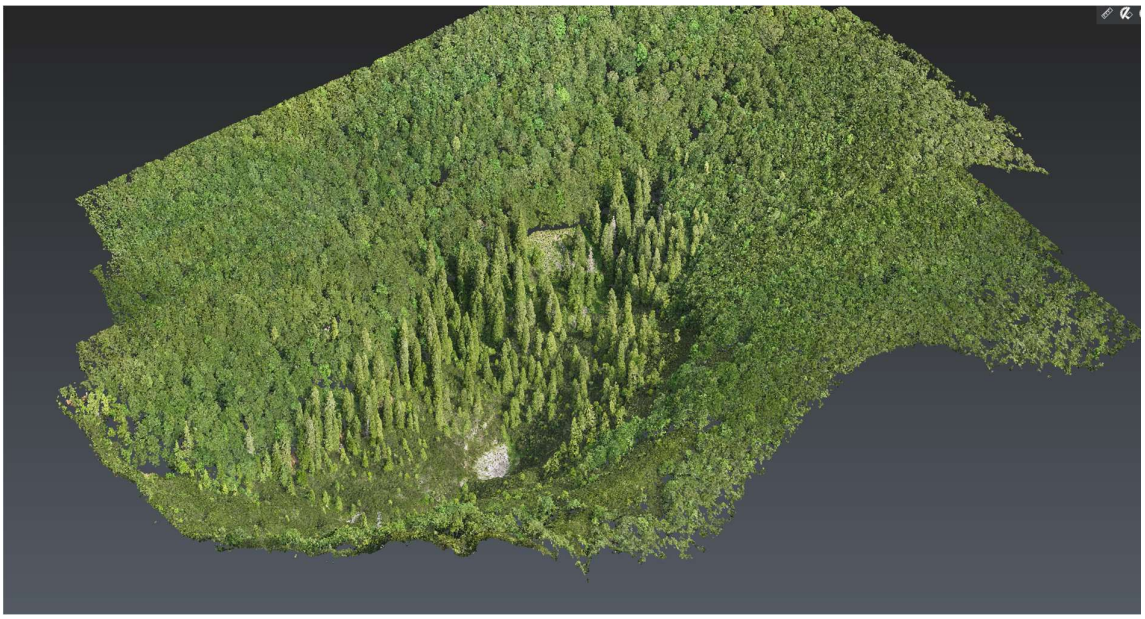
Konta Smrekova draga ne leži na območju nekdanje poledenitve. V konti ali njeni okolici ni ledeniških akumulacij ali oblik ledeniške denudacije. Glede na nadmorsko višino in osojno lego v pobočju Velikega Snežnika sklepamo, da je konto zapolnjeval ledenik, torej izolirani kontni ledenik. Zato jo uvrščamo v tip obledeniških kont. Zanimivo je, da njena morfologija ne kaže jasnih znakov preoblikovanja z delovanjem kontnega ledenika, saj njena severna pobočja niso strmejša od južnih, kar bi bilo sicer značilno za obledeniške konte. Prav tako je pojav več ločenih poglobitev v dnu konte zelo neznačilen za rotacijsko poglabljanje, ki ga običajno povzročajo kontni ledeniki.

Dno konte prati osnovnu orijentaciju cijelog bazena u smjeru jugozapad-sjeveroistok. Sastoji se od četiri odvojene udubine, koje imaju oblike i veličine vrtača i nižu se jedna za drugom u nizu duž dna. Najdublji dio dna nalazi se na nadmorskoj visini od 1408 metara. Najsjevernija udubina prekrivena je krškim regolitom, dok su ostale udubine, uključujući i najdublju, izgrađene od padinskog ruševina s odronnim blokovima.

Konta Smrekova draga ne nalazi se u području bivšeg ledenjaštva. U konti ili njezinoj okolici nema ledenjačkih akumulacija niti oblika ledenjačke denudacije. S obzirom na nadmorsku visinu i aksijalni položaj na padini Velikog Snežnika, zaključujemo da je kontu ispunio ledenjak, tj. izolirani kontski ledenjak. Stoga je klasificiramo kao vrstu ledenjačke konte. Zanimljivo je da njegova morfologija ne pokazuje jasne znakove transformacije djelovanjem kontskog ledenjaka, budući da njegove sjeverne padine nisu strmije od južnih, što bi inače bilo tipično za predglacijalne konte. Također, pojava nekoliko odvojenih udubljenja na dnu kontea vrlo je nekarakteristična za rotacijsko produbljivanje koje obično uzrokuju kontski ledenjaci.



Slika 1: Zračni posnetek Smrekove drage (snemanje z dronom, Uroš Stepišnik)/Smrekova draga iz zraka (snimka dronom, Uroš Stepišnik).



Slika 2 Smrekova draga 3D model površja, posnet z brezpilotnim letalnikom (Rok Ciglič) je lahko osnova za izdelavo 3D modela mikro-reliefa te kraške kotanje in 3D modela krošenj/3D model površine Smrekova draga, snimljen bespilotnom letjelicom (Rok Ciglič), može biti osnova za izradu 3D modela mikroreljefa ovog krškog bazena i 3D modela krošnji drveća.

Velika Kolobarnica

Konta Velika Kolobarnica se nahaja v severnem pobočju Velikega Snežnika. Razpotegnjena je v smeri sever-jug, z dolžino približno 500 metrov in širino okoli 250 metrov, ter pokriva površino približno 100.000 m². Oboda konte ni mogoče jasno zamejiti, saj njena južna pobočja zvezno prehajajo v strma pobočja Velikega Snežnika, medtem ko zahodna, severna in vzhodna pobočja postopno prehajajo v okoliške kotanje.

Planinski lanac Velika Kolobarnica nalazi se na sjevernoj padini Velikog Snežnika. Proteže se u smjeru sjever-jug, duljine oko 500 metara i širine oko 250 metara, te pokriva površinu od oko 100 000 m². Opseg planinskog lanca ne može se jasno definirati, jer se njegove južne padine besprijekorno spajaju sa strmim padinama Velikog Snežnika, dok se zapadna, sjeverna i istočna padina postupno spajaju s okolnim dolinama.

Severna in južna pobočja konte prekriva grušč. V južnem pobočju je oblikovana manjša skalna stena, preostali deli pobočij pa so uravnoteženi in prekriti s kraškim regolitom. V pobočjih sta dva erozijska jarka - eden na zahodnem pobočju, drugi pa se izteče v dno iz južnega pobočja. Oba erozijska jarka sta trenutno neaktivna. V pobočju konte, zlasti v južnem in vzhodnem delu, je več kotličev, ki so preoblikovani v širše kotanje in jih zato opredeljujemo kot vrtačaste kotliče (Stepišnik, 2024). Dno konte je zapolnjeno s sedimentom, ki predstavlja kombinacijo pobočnega grušča ter fluvialnega ali fluvioglacialnega sedimenta. V sedimentu na dnu sta prav tako oblikovana dva kotliča.

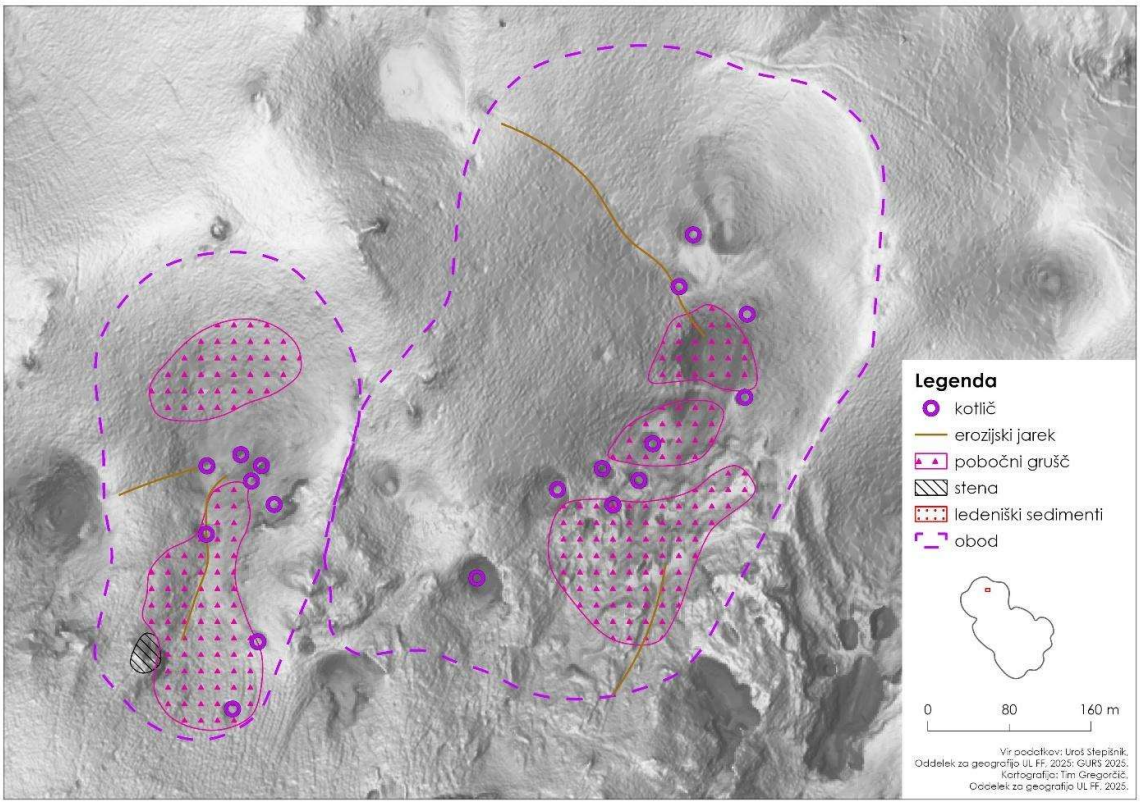
Sjeverne i južne padine konte prekrivene su ruševinom. Na južnoj padini formiran je manji kameni zid, dok su preostali dijelovi padina uravnoteženi i prekriveni krškim regolitom. U padinama se nalaze dva erozijska jarka - jedan na zapadnoj padini, a drugi koji se ulijeva u dno s južne padine. Oba erozijska jarka trenutno su neaktivna. Na padini konte, posebno u južnom i istočnom dijelu, nalazi se nekoliko bazena koji su pretvoreni u šire udubine te su stoga definirani kao vrtački bazeni (Stepišnik, 2024.). Dno konte ispunjeno je sedimentom, koji predstavlja kombinaciju padinskog ruševine i fluvijalnog ili fluvioglacijalnog sedimenta. U sedimentu na dnu također su formirana dva bazena.

Konta Velika Kolobarnica ne leži na območju nekdanje poledenitve. Niti v konti niti v njeni okolici ni sledov ledeniškega preoblikovanja ali ledeniških akumulacij. Konto je najverjetneje zapolnjeval lokalni ledenik, omejen le na območje konte – torej kontski ledenik (Kodelja, Žebre, Stepišnik, 2013; Stefanovski, Stepišnik, 2024b). Zato jo lahko opredelimo kot obledeniški tip konte . Ta značilnost se odraža v njeni morfologiji, saj so pritočna severna pobočja strmejša od južnih, kjer je delovala abrazija zaradi polzenja ledenika.

Konta Velika Kolobarnica ne nalazi se u području bivšeg ledenjaštva. Nema tragova ledenjačke transformacije ili ledenjačkih akumulacija ni u konti ni u njezinoj okolici. Kontu je najvjerojatnije ispunio lokalni ledenjak, ograničen samo na područje konte – tj. ledenjak Konta (Kodelja, Žebre, Stepišnik, 2013.; Stefanovski, Stepišnik, 2024b). Stoga se može definirati kao ledenjački tip konte. Ta se karakteristika odražava u njezinoj morfologiji, jer su sjeverne padine pritoka strmije od južnih, gdje je bila aktivna abrazija zbog puzanja ledenjaka.



Slika 3: Zračni posnetek konte Velika Kolobarnica (snemanje z dronom, Uroš Stepišnik)/Pogled iz zraka na područje Velike Kolobarnice (fotografija dronom, Uroš Stepišnik).



Slika 4: 3D model mikro-reliefa konte Smrekova draga in Velika kolobarnica prikazan s tehniko senčenja in prekrit z morfografsko karto/3D model mikroreljefa područja Smrekove drage i Velike kolobarnice prikazan tehnikom sjenčanja i preklopljen morfološkom kartom.

Stanišče

Konta Stanišče se nahaja približno 4 km jugovzhodno od vrha Velikega Snežnika, in sicer na reliefnem pregibu med dvema velikima in izrazito podolgovatima kontama - Medvedjo dolino na vzhodu in Črno drago na zahodu. V tlorisu je približno okroglaste oblike s premerom okoli 450 metrov in površino približno 200.000 m². Obod konte zvezno prehaja v okoliške kotanje in ga ni mogoče jasno zamejiti.

Večina pobočij konte je uravnoteženih in prekritih s kraškim regolitom. Vzhodno pobočje in del južnega pobočja pa prekriva ledeniški sediment. Na ledeniškem sedimentu vzhodnega pobočja sta dva neizrazita grebena, ki potekata vzdolž pobočja v smeri vzhod-zahod. Grebena sta najverjetneje nastala v času poledenitve kot podledeniški sediment, ki je bil preoblikovan zaradi polzenja ledenika. Usmerjenost grebenov namreč sovpada s smerjo nekdanjega toka ledenika.

Konta Stanišče nalazi se otprilike 4 km jugoistočno od vrha Velikog Snežnika, na reljefnom naboru između dvije velike i izrazito izdužene konte - Medvedje doline na istoku i Črnog dragog na zapadu. U tlocrtu je približno kružnog oblika s promjerom od oko 450 metara i površinom od približno 200 000 m². Opseg konte kontinuirano se stapa s okolnim kotlinama i ne može se jasno razgraničiti.

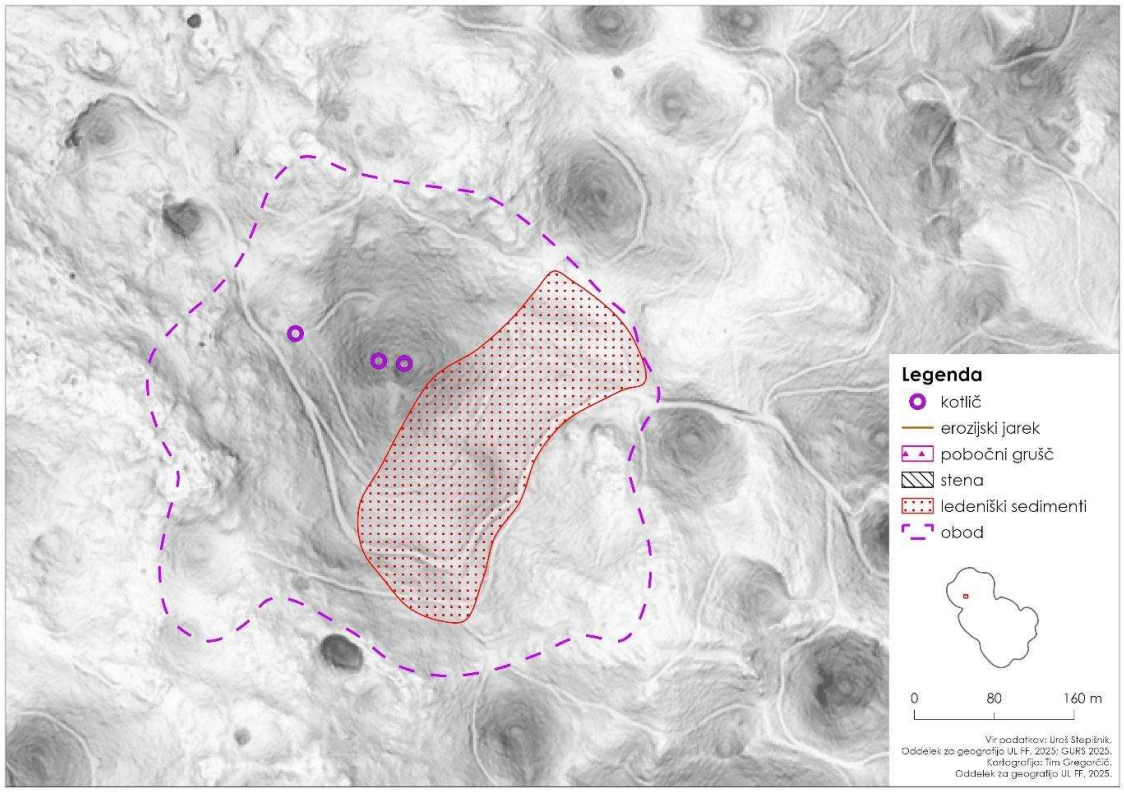
Većina padina konte je uravnotežena i prekrivena krškim regolitom. Istočna padina i dio južne padine prekriveni su ledenjačkim sedimentom. Na ledenjačkom sedimentu istočne padine nalaze se dva nejasna grebena koja se protežu duž padine u smjeru istok-zapad. Grebeni su najvjerojatnije nastali tijekom ledenjaštva kao subglacijalni sediment koji je transformiran napredovanjem ledenjaka. Orijentacija grebena podudara se sa smjerom nekadašnjeg ledenjačkog toka.

Dno konte je zapolnjeno s sedimentom, vendar zaradi poraščenosti ni jasno razvidno, ali gre za ledeniški sediment ali pa se je oblikovala debelejša plast regolita. Pod severnim pobočjem sta dva kotliča, dodaten kotlič pa se nahaja na zahodnem pobočju.

Konta Stanišče leži na območju nekdanjega odtočnega ledenika, ki je pritekal iz velikega ledeniškega pokrova na območju Medvedje drage in je polzel v smeri severozahoda preko Črne drage proti Črnemu dolu. Kljub legi na območju odtočnega ledenika pa konta nima asimetričnega oboda in pobočij, ki bi bili rezultat ledeniške eksaracije na pritočni strani in ledeniške abrazije pobočij na odtočni strani nekdanjega toka ledenika. Namesto tega ima okroglasto tlorisno obliko s pobočji podobne strmine na vseh straneh. Zaradi teh značilnosti konto Stanišče opredeljujemo kot netipično podledeniško konto.

Dno konte je ispunjeno sedimentom, ali zbog vegetacije nije jasno je li riječ o ledenjačkom sedimentu ili debljem sloju regolita. Ispod sjeverne padine nalaze se dva kotla, a dodatni kotao nalazi se na zapadnoj padini.

Konte Stanišče leži na području bivšeg drenažnog ledenjaka, koji je tekao s velike ledenjačke kape u području Medvedje drage i puzao sjeverozapadno preko Crne drage prema Črnom dolu. Unatoč svom položaju na području drenažnog ledenjaka, konte nema asimetričan rub i padine koje bi bile rezultat ledenjačkog izbijanja na strani dotoka i ledenjačke abrazije padina na strani odtoka bivšeg ledenjačkog toka. Umjesto toga, ima zaobljeni oblik tlocrta s padinama slične strmine sa svih strana. Zbog tih karakteristika, konte Stanišče se definira kao atipični subglacijalni konte.



Slika 5: 3D model mikro-reliefa konte Staniščе prikazan s tehniko senčenja in prekrit z morfografsko karto.

Kosmata dolina

Konta Kosmata dolina se nahaja približno 500 metrov jugozahodno od konte Staniščе, okoli 4,5 km jugovzhodno od vrha Velikega Snežnika in približno 2,5 km južno od Sviščakov. Razpotegnjena je v smeri sever-jug, z dolžino okoli 1,3 km in širino približno 700 m, ter pokriva površino približno 1 km². Obod konte zvezno prehaja v okolico, zato ga je nemogoče natančno zamejiti.

Posebnost te konte je, da ne predstavlja ene same velike glaciokraške kotanje, temveč reliefno znižanje, v katerem je množica manjših reliefnih poglobitev. V osrednjem delu se nahajajo tri večje poglobitve, medtem ko so druge manjše na pobočjih in so velikosti vrtač. Pobočja konte so večinoma uravnotežena in prekrita s kraškim regolitom. Del pobočij, zlasti na zahodni strani konte, je strmih in stenastih, pod njimi pa so pobočja prekrita z gruščem in podornimi bloki. Tudi v skrajnem južnem delu konte je manjša stena, pod katero se nahaja pobočni grušč.

Dolina Kosmata nalazi se otprilike 500 metara jugozapadno od vrha Staniščе, otprilike 4,5 km jugoistočno od vrha Veliki Snežnik i otprilike 2,5 km južno od Sviščaka. Pruža se u smjeru sjever-jug, duljine oko 1,3 km i širine oko 700 m, te pokriva površinu od oko 1 km². Obim vrha besprijekorno se stapa s okolnim područjem, pa ga je nemoguće precizno razgraničiti.

Osobitost ovog vrha je u tome što ne predstavlja jednu veliku glaciokršku depresiju, već reljefnu depresiju u kojoj se nalazi mnoštvo manjih reljefnih udubljenja. U središnjem dijelu nalaze se tri veće depresije, dok su ostale manje na obroncima i veličine su vrtača. Obronci vrha su uglavnom uravnoteženi i prekriveni krškim regolitom. Dio padina, posebno na zapadnoj strani vrha, strm je i stjenoviti, a ispod njih su obronci prekriveni ruševinama i blokovima klizišta. U krajnjem južnom dijelu konte nalazi se i manji zid, ispod kojeg se nalazi padina od šljunka.

Na pobočjih so številni neaktivni erozijski jarki. Poleg tega so prisotne številne manjše kotanje, ki so po dimenzijah in obliki podobne vrtačam in imajo globino do 10 metrov. V pobočjih so tudi kotliči, ki so manjši in veliko bolj strmi od vrtač. Največ jih je na zahodnem pobočju.

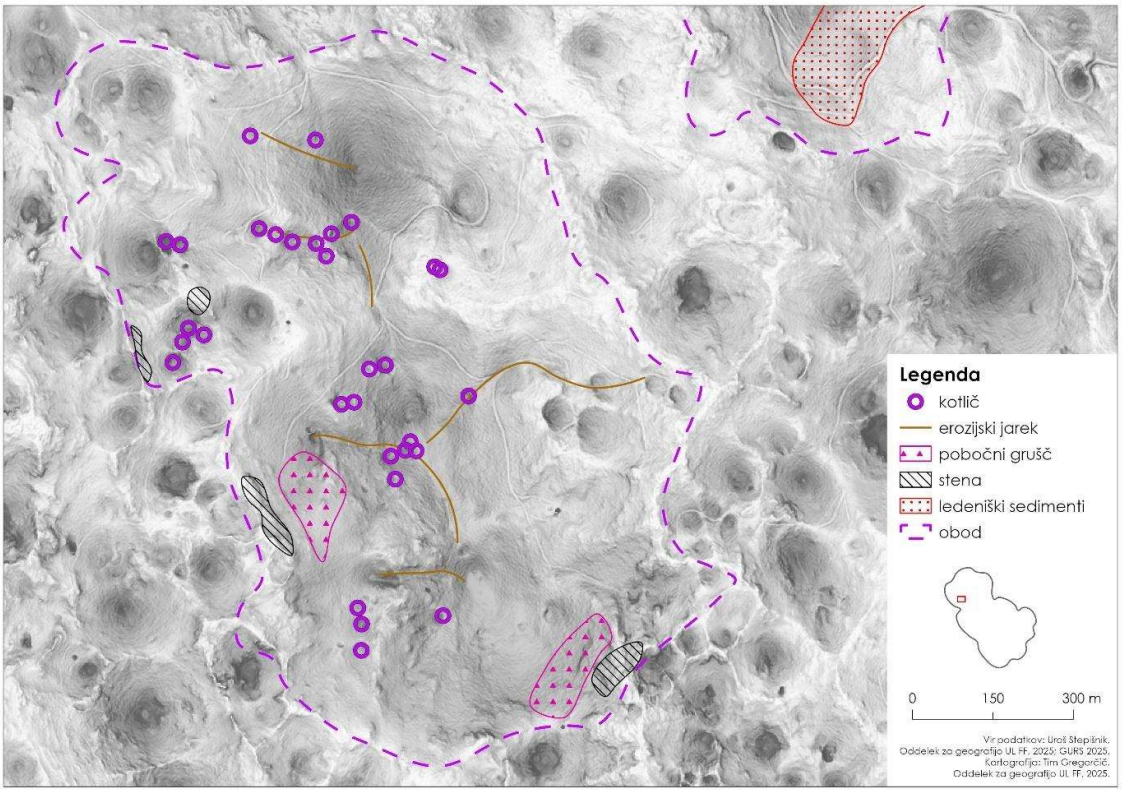
Dno Kosmate doline gradijo tri ločene večje poglobitve. Najsevernejša ima dno na nadmorski višini 1213 metrov, ki ga zapolnjuje kraški regolit. V dnu je tudi posipni stožec, kar nakazuje na recentno odtekanje sedimenta v podzemlje. Osrednja poglobitev ima dno na nadmorski višini 1219 metrov in ga zapolnjuje manjša zaplata sedimenta, ki je najverjetneje debelejši kraški regolit. Na zahodnem delu tega dela dna se nahajajo trije kotliči. Skrajna južna večja poglobitev ima dno na 1331 metrov z manjšo sedimentno uravnavo, ki je najverjetneje prav tako debelejši kraški regolit.

Na padinama se nalaze brojni neaktivni erozioni jarci. Osim toga, postoje brojne manje udubine, koje su po veličini i obliku slične vrtačama, a imaju dubinu do 10 metara. Na padinama se nalaze i kotlovi, koji su manji i mnogo strmiji od vrtača. Većina ih je na zapadnoj padini.

Dno Kosmate doline sastoji se od tri odvojene veće udubine. Najsjevernija ima dno na nadmorskoj visini od 1213 metara, koje je ispunjeno krškim regolitom. U dnu se nalazi i stožac od naslaga, što ukazuje na nedavni tok sedimenta u podzemlje. Središnja udubina ima dno na nadmorskoj visini od 1219 metara i ispunjena je manjim slojem sedimenta, koji je najvjerojatnije deblji krški regolit. Tri kotla nalaze se u zapadnom dijelu ovog dijela dna. Najjužnija veća udubina ima dno na 1331 metar s manjim sedimentnim prilagođavanjem, koje je najvjerojatnije također deblji krški regolit.

Konta Kosmate doline se nahaja na robu nekdanje poledenitve. Na osnovi rekonstrukcije obsega poledenitve na območju Snežnika sklepamo, da se je ledenik iz Kosmatih dolin združeval z večjim odtočnim ledenikom, ki je iz območja Medvedjih dolin preko konte Stanišče polzel proti Črni dragi. V konti pa ni nikakršnih sledov poledenitve, niti ledeniških sedimentov, niti oblik ledeniške denudacije. Konto zaradi njene lege uvrščamo v podledeniške konte, kljub odsotnosti glaciogenih oblik.

Konglomerat Kosmate doline nalazi se na rubu bivšeg ledenjaka. Na temelju rekonstrukcije opsega ledenjaka na području Snežnika zaključujemo da se ledenjak iz Kosmate doline spojio s većim drenažnim ledenjakom, koji se puzao iz područja Medveđe doline prema Črnoj dragi preko konglomerata Stanišče. Međutim, u konglomeratu nema tragova ledenjaka, niti ledenjačkih sedimenata, niti oblika ledenjačke denudacije. Zbog svog položaja, konglomerat se klasificira kao subglacijalni konglomerat, unatoč odsutnosti glaciogenih oblika.



Slika 6: 3D model mikro-reliefa konte Kosmata dolina prikazan s tehniko senčenja in prekrit z morfografsko karto/3D model mikroreljefa doline Kosmata prikazan tehnikom sjenčanja i prekloplјen morfološkom kartom.

Ceclje

Konta Ceclje se nahaja na istoimenskem območju kopastega krasa, približno na sredini med obsežnima kontama Smrekova draga (na Gorskem kotarju) in Trstenikom. Smrekova draga leži 3,5 km na severovzhodu od Cecelj, Trstenik pa enako daleč v smeri jugozahoda. Konta ima neznačilno tlorisno obliko. Nekoliko je razpotegnjena v smeri severozahod-jugovzhod, z dolžino 1,4 km in širino okoli 1 km, ter pokriva površino malo manj kot 1 km². Rob konte zvezno prehaja v okoliški relief.

Posebnost te kotanje je, da je ne gradi ena sama osrednja poglobitev, ampak množica manjših kotanj, med katerimi je najgloblji del v sredini konte. Kotanje v pobočjih, v okolici najnižjega dela, imajo obliko in velikosti vrtač. Vrtače na pobočjih so globoke do 20 metrov in razčlenjujejo skoraj vsa pobočja. Na pobočjih je tudi nekaj kotličev in erozijskih jarkov. Na pobočjih sicer prevladuje predvsem kraški regolit. Stene so prisotne le mestoma na severnih in južnih pobočjih, pod njimi pa so zaplate grušča. Osrednji del dna konte ima dno na nadmorski višini 1234 metrov. Severno in vzhodno pobočje te kotanje prekriva pobočni grušč. Dno prav tako zapolnjuje grušč in organski sediment.

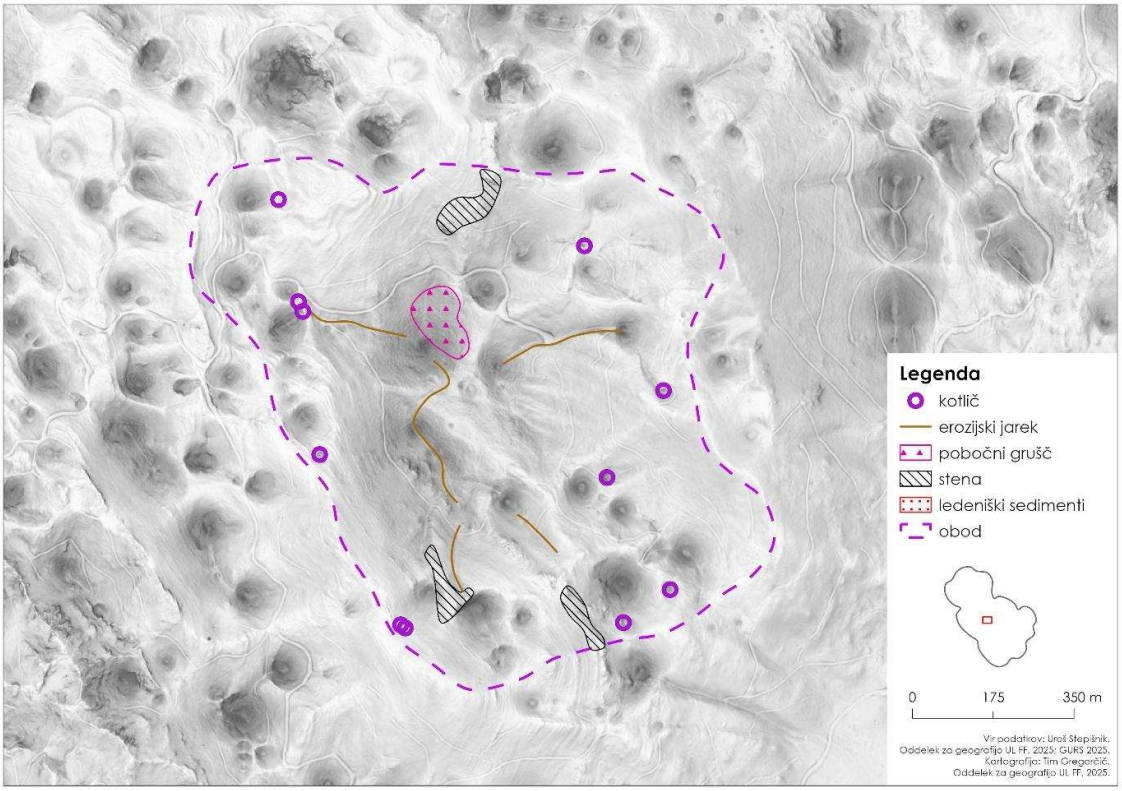
Cecljski bazen nalazi se u istoimenom području u kupolastom kršu, otprilike na pola puta između opsežnih Smrekovih draga bazena (u Gorskom kotaru) i Trstenika. Smrekova draga leži 3,5 km sjeveroistočno od Ceclja, dok je Trstenik jednako udaljen prema jugozapadu. Bazen ima neobičan topografski oblik. Pomalo je izdužen u smjeru sjeverozapad-jugoistok, duljine 1,4 km i širine oko 1 km, te pokriva površinu od nešto manje od 1 km². Rub bazena besprijekorno se stapa s okolnim reljefom.

Osobitost ovog bazena je u tome što ga ne tvori jedna središnja depresija, već mnoštvo manjih depresija, čiji se najdublji dio nalazi u sredini bazena. Depresije na padinama, oko najnižeg dijela, imaju oblik i veličinu vrtača. Vrtače na padinama duboke su do 20 metara i raščlanjuju gotovo sve padine. Na

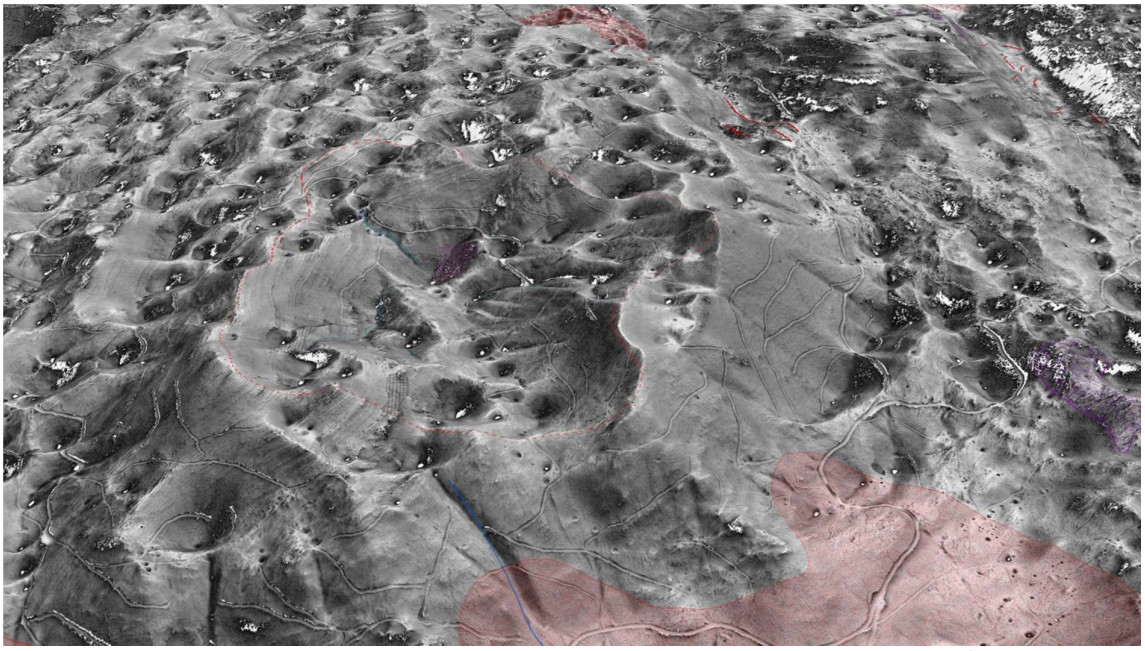
padinama se nalazi i nekoliko bazena i erozijskih jaraka. Padinama dominira krški regolit. Zidovi su prisutni samo mjestimično na sjevernoj i južnoj padini, a ispod njih nalaze se mrlje šljunka. Središnji dio dna bazena ima dno na nadmorskoj visini od 1234 metra. Sjeverne i istočne padine ovog bazena prekrivene su padinskim šljunkom. Dno je također ispunjeno šljunkom i organskim sedimentom.

Na podlagi rekonstrukcije poledenitve lahko konto Ceclje opredelimo kot obledeniško konto. V sami konti in njeni okolici ni sledov ledeniškega delovanja. Prav tako sama oblika konte ni tipična za obledeniško konto, saj ne gre za enotno poglobitev, kar je sicer značilno za obledeniške konte. Morfološko zelo spominja na uvalo, tudi njena lokacija na območju kopastega krasa nakazuje, da bi jo lahko opredelili kot uvalo in ne kot konto. Vendar zaradi visoke nadmorske višine sklepamo, da se je v njej oblikoval kontni ledenik, zato jo v okviru te raziskave uvrščamo med glaciokraške oblike, torej kot konto.

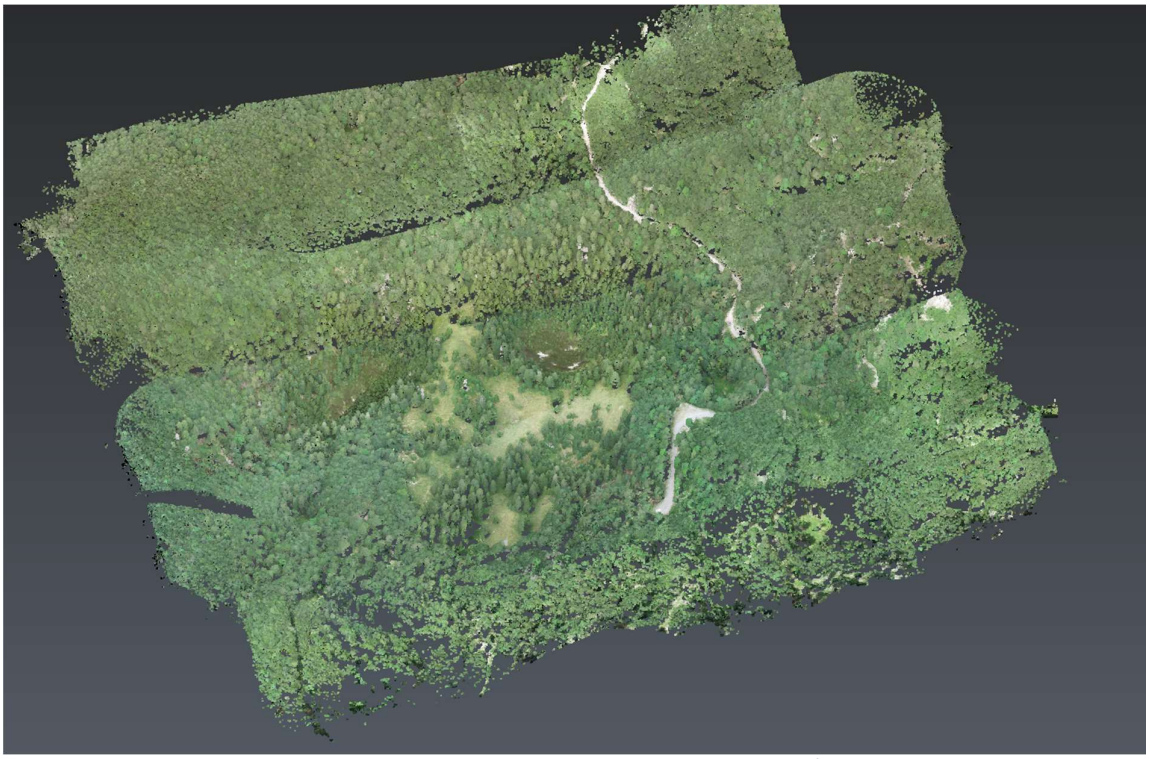
Na temelju rekonstrukcije glacijacije, Ceclje konto se može definirati kao glacijalni konto. U samom kontu i njegovoj okolici nema tragova glacijalne aktivnosti. Sam oblik konta također nije tipičan za glacijalni konto, jer nije ujednačena udubina, što je inače karakteristično za glacijalne kontose. Morfološki vrlo podsjeća na zaljev, a njegov položaj u području kopaste krša također sugerira da bi se mogao definirati kao zaljev, a ne kao konto. Međutim, zbog velike nadmorske visine zaključujemo da se u njemu formirao glacijalni konto, zbog čega ga u ovom istraživanju klasificiramo kao glaciokrški oblik, tj. kao konto.



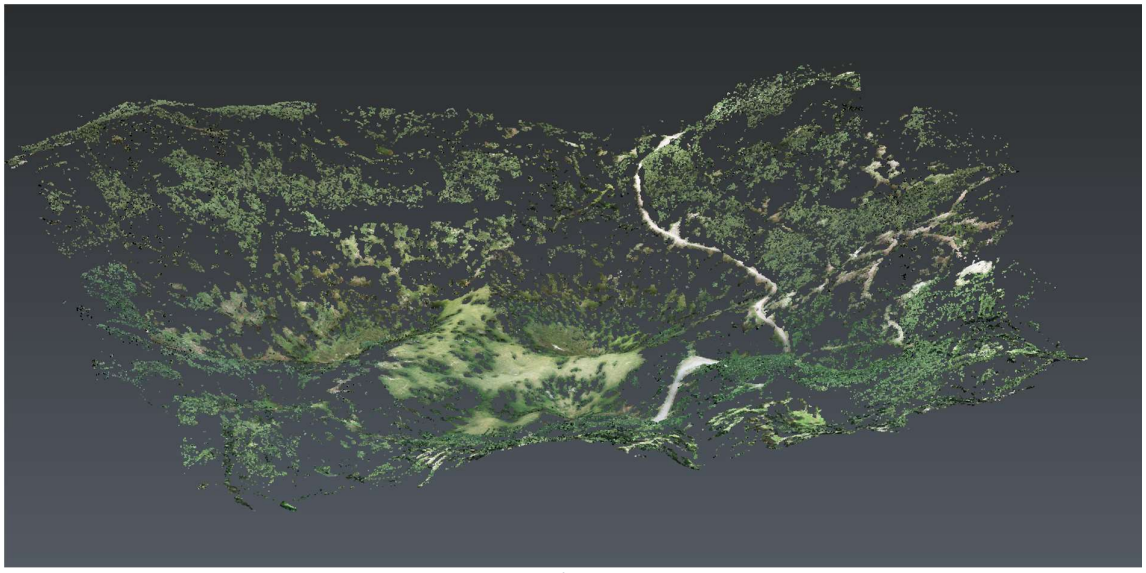
Slika 7: 3D model mikro-reliefa konte Ceclje prikazan s tehniko senčenja in prekrit z morfografsko karto/3D model mikroreljefa Cecljanskog bazena prikazan tehnikom sjenčanja i prekloplјen morfološkom kartom.



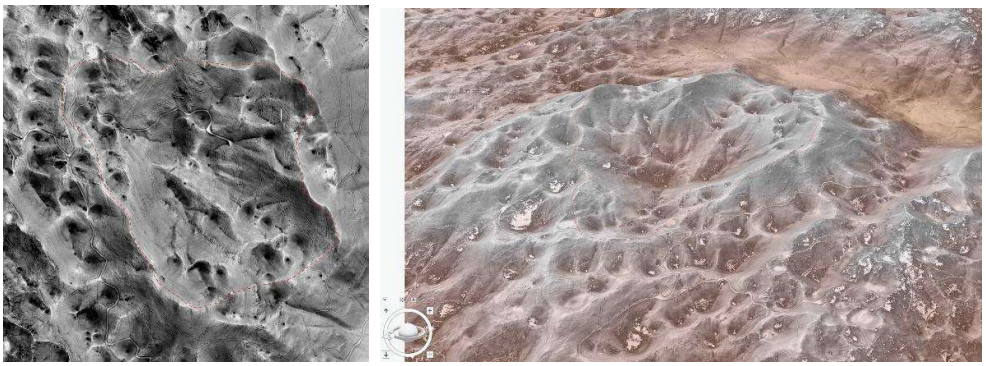
Slika 8: Pprikaz 3D modela mikro-reliefa konte Ceclje pod kotom v perspektivi iz juga proti severu/Prikaz 3D modela mikroreljefa područja Ceclja iz kuta u perspektivi od juga prema sjeveru.



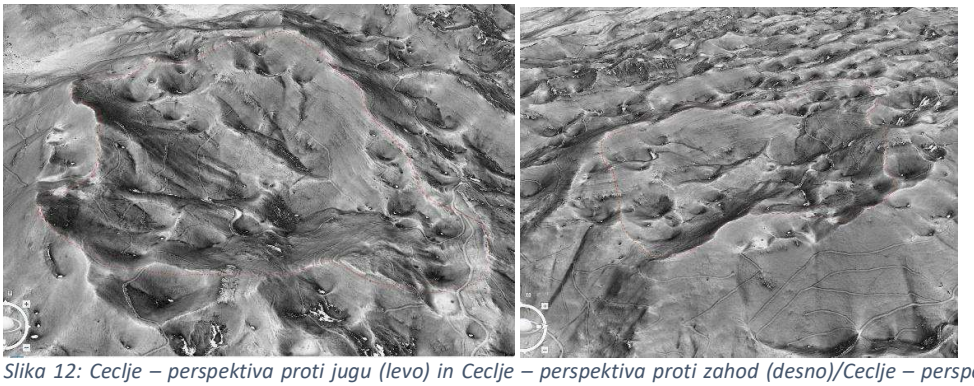
Slika 9: Ceclje – 3D oblaku točk narejen s fotogrametričnim snemanjem z dronom/Ceclje – 3D oblak točaka stvoren fotogrametrijskom fotografijom dronom.



Slika 10: Ceclje – talne točke brez vegetacije v 3D oblaku točk/Slika 10: Ceclje – točke na tlu bez vegetacije u 3D oblaku točaka.



Slika 11: Ceclje – navpična perspektiva (levo) in Ceclje – perspektiva v smeri severo-vzod (desno)/Ceclje – vertikalna perspektiva (lijevo) i Ceclje – perspektiva u sjeveroistočnom smjeru (desno)



Slika 12: Ceclje – perspektiva proti jugu (levo) in Ceclje – perspektiva proti zahod (desno)/Ceclje – perspektiva prema jugu (lijevo) i Ceclje – perspektiva prema zapadu (desno)

Viljska ponikva

Viljska ponikva je tipična kraška ponikva na območju Narodnega parka Risnjak v zahodni Hrvaški, ki spada v severnodinarski celinski tip vegetacije. Globoka je med 100 in 200 m, s povprečnim premerom okoli 780 m in skupno površino več kot 45 ha med grebeni in vrhovi. Litološko podlago sestavljajo kompaktni jurski apnenec in dolomit. Celotno območje Risnjaka je od leta 1953 zavarovano, zato so gozdarske in kmetijske dejavnosti prepovedane. Podnebje je perhumidno, zmerno hladno, z več kot 3500 mm padavin letno, visoko zračno vlago, dolgo trajajočo snežno odejo in pogostimi zmrzalmi skozi kratko rastno sezono.

Konta Viljska ponikva se nahaja približno 600 metrov južno od vrha Velikega Risnjaka. V tlorisu je razpotegnjena v smeri sever-jug, z dolžino okoli 1200 m in širino približno 500 m, ter pokriva površino okoli 400.000 m². Obod konte večinoma zvezno prehaja v okoliški relief, tako da ga je težko natančno zamejiti. Izjema je jugozahodni del na območju Viljskih stijen, kjer se rob nahaja na ostrem grebenu v smeri severozahod-jugovzhod.

Viljska vrtača tipična je krška vrtača u Nacionalnom parku Risnjak u zapadnoj Hrvatskoj, koja pripada sjevernodinarskom kontinentalnom vegetacijskom tipu. Duboka je između 100 i 200 m, prosječnog promjera oko 780 m i ukupne površine veće od 45 ha između grebena i vrhova. Litološku podlogu čine kompaktni jurski vapnenac i dolomit. Cijelo područje Risnjaka zaštićeno je od 1953. godine, stoga su šumarske i poljoprivredne aktivnosti zabranjene. Klima je perhumidna, umjereno hladna, s više od 3500 mm oborina godišnje, visokom vlažnošću zraka, dugotrajnim snježnim pokrivačem i čestim mrazevima tijekom kratke vegetacijske sezone.

Konta Viljska vrtača nalazi se otprilike 600 metara južno od vrha Velikog Risnjaka. U tlocrtu se proteže u smjeru sjever-jug, duljine oko 1200 m i širine oko 500 m, te pokriva površinu od oko 400 000 m². Rub konte uglavnom se besprijekorno stapa s okolnim reljefom, što otežava njezino precizno razgraničenje. Iznimka je jugozapadni dio u području Viljskih stijena, gdje se rub nalazi na oštrom grebenu u smjeru sjeverozapad-jugoistok.

Pobočja konte so prekrita s kraškim regolitom in zato večinoma uravnotežena. Najstrmejši del konte predstavljajo stene v zahodnem pobočju, pod katerimi je pobočni grušč v obliki manjših melišč. V severnem pobočju konte se nahaja erozijski jarek, ki se izteče v manjšo vrtačo oziroma reliefno znižanje, ki ima v dnu brezno. Tega brezna v okviru raziskave nismo podrobneje pregledali. Manjši kotlič se nahaja nižje v severnem pobočju.

Dno konte se nahaja na nadmorski višini 1135 metrov. Osrednji del dna konte z okolico, predvsem južnim pobočjem, prekrivajo pobočni grušči. V zahodnem delu dna konte je poglobitev, ki je najverjetneje delno zasut kotlič.

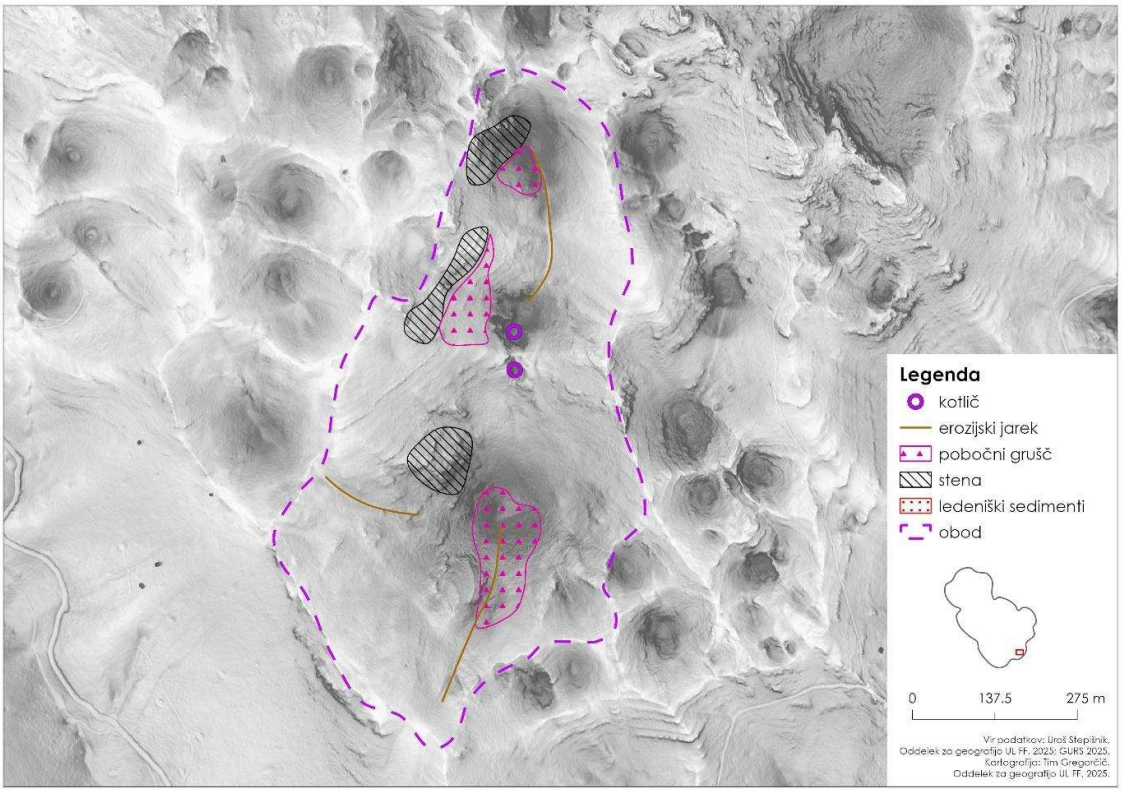
Konta Viljska ponikva se ne nahaja na območju nekdanje poledenitve. V njej ali v njeni okolici ni sledov poledenitve. Tudi oblika konte je netipična za obledeniške konte, saj so najstrmejša zahodna pobočja in ne severna. Kljub temu glede na nadmorsko višino sklepamo, da je bila v času pleistocenskih poledenitev zapolnjena s kontnim ledenikom.

Obronci konte prekriveni su krškim regolitom i stoga su uglavnom uravnoteženi. Najstrmiji dio konte predstavljen je zidovima na zapadnoj padini, ispod kojih je padinski šljunak u obliku manjih sipara. Na sjevernoj padini konte nalazi se erozijski jarak, koji se ulijeva u manju vrtaču ili reljefnu depresiju, koja

na dnu ima ponor. Ovaj ponor nismo detaljno ispitivali u okviru istraživanja. Manji bazen nalazi se niže na sjevernoj padini.

Dno konte nalazi se na nadmorskoj visini od 1135 metara. Središnji dio dna konte s okolnim područjem, posebno južna padina, prekriven je padinskim šljunkom. U zapadnom dijelu dna konte nalazi se depresija, koja je najvjerojatnije djelomično zatrpan bazen.

Viljska vrtača ne nalazi se na području bivšeg ledenjaka. U njoj niti u njezinoj okolici nema tragova ledenjaka. Oblik konte također je netipičan za ledenjačke konte, budući da su zapadne padine najstrmije, a sjeverne ne. Ipak, s obzirom na nadmorsku visinu, zaključujemo da je bila ispunjena ledenjakom tijekom pleistocenskih ledenjaka.



Slika 13: 3D model mikro-reliefa konte Viljska ponikva prikazan s tehniko senčenja in prekrit z morfografsko karto/3D model mikroreljefa Viljske vrtače prikazan tehnikom sjenčanja i prekloplјen morfološkom kartom.

4. STACIONARNE MERITVE NA PILOTNIH OBMOČJIH IN PODATKOVNA BAZA/STACIONARNA MJERENJE U PILOT PODRUČJIMA I BAZA PODATAKA

Ker je stacionarni in daljinski monitoring še v teku izvajanja, smo za potrebe tega poročila pripravili preliminarno predstavitev meritev in prostorske baze na primeru ene od najglobljih kraških kotanj – Viljska ponikva, ki leži v Nacionalnem parku Risnjak in je torej na območju upravljanja enega od projektnih partnerjev – Javna ustanova Nacionalni park Risnjak.

Raziskave Viljske ponikve so usmerjene v razumevanje mikro- in topoklimatskih razlik med fitocenozami. Vegetacija v ponikvi je prostorsko jasno razmejena in kaže inverzije vegetacijskih pasov, pri čemer se zaradi posebnih klimatskih pogojev pojavljajo značilne spremembe glede na nadmorsko

višino in osončenost. Šest glavnih fitocenoz, ki se pojavljajo od roba do dna ponikve, je praktično monodominantnih.

Budući da su stacionarna i daljinska praćenja još uvijek u tijeku, za potrebe ovog izvješća pripremili smo preliminarni prikaz mjerenja i prostorne baze podataka na primjeru jedne od najdubljih krških depresija – Viljske ponikve, koja se nalazi u Nacionalnom parku Risnjak te je stoga u području upravljanja jednog od projektnih partnera – Javne ustanove Nacionalni park Risnjak.

Istraživanje na Viljskoj ponikvi usmjereno je na razumijevanje mikro- i topoklimatskih razlika između fitocenoza. Vegetacija u vrtači prostorno je jasno razgraničena i pokazuje inverzije vegetacijskih zona, s karakterističnim promjenama koje se javljaju ovisno o nadmorskoj visini i insolaciji zbog posebnih klimatskih uvjeta. Šest glavnih fitocenoza, koje se javljaju od ruba do dna vrtače, praktički su monodominantne.

Mikroklimatske meritve so bile opravljene julija 1984 na šestih postajah, razporejenih po različnih fitocenozah in ekspozicijah. Podatki so pokazali, da količina osončenosti pomembno korelira s temperaturo zraka (pozitivno) in relativno vlažnostjo zraka (negativno), vendar šele po upoštevanju relativne osvetljenosti znotraj gozda. Dnevna dinamika temperature zraka je predvsem odvisna od osončenosti, medtem ko nočno ohlajanje v večji meri določa nadmorska višina znotraj ponikve.

Analize talne temperature so pokazale, da so procesi v tleh specifični in slabo povezani z drugimi merjenimi parametri. Topoklimatski kazalniki, izračunani iz digitalnega modela terena (DTM), omogočajo povezavo med prostorsko razporeditvijo osončenosti, nadmorske višine ter mikroklimatskimi značilnostmi, kar je pomembno za razvoj naprednih modelov ekološko-klimatskih povezav v kraških območjih (Antonić, Kušan in Hrašovec 1997).

Mikroklimatska mjerenja provedena su u srpnju 1984. na šest postaja raspoređenih po različitim fitocenozama i ekspozicijama. Podaci su pokazali da količina insolacije značajno korelira s temperaturom zraka (pozitivna) i relativnom vlagom zraka (negativna), ali tek nakon uzimanja u obzir relativne osvijetljenosti unutar šume. Dnevna dinamika temperature zraka uglavnom ovisi o insolaciji, dok je noćno hlađenje uvelike određeno nadmorskom visinom unutar vrtače.

Analize temperature tla pokazale su da su procesi u tlu specifični i slabo koreliraju s drugim izmjerenim parametrima. Topoklimatski pokazatelji izračunati iz digitalnog modela terena (DTM) omogućuju povezivanje prostorne raspodjele insolacije, nadmorske visine i mikroklimatskih karakteristika, što je važno za razvoj naprednih modela ekološko-klimatskih veza u krškim područjima (Antonić, Kušan i Hrašovec 1997).



Slika 14: Topografija vrtače (dno na 1194 m, ekvidistanca 5 m) z vrisanimi območji fitocenoz in mikroklimatskimi postajami (oštevilčene v krogih) (Antonić, Kušan, Hrašovec 1997)/Topografija vrtače (dno na 1194 m, ekvidistanca 5 m) s ucrtanim područjima fitocenoza i mikroklimatskim postajama (numerirane u krugovima) (Antonić, Kušan, Hrašovec 1997).



*Slika 15: Zastajanje hladnega zrka v vrtači Viljska ponikva (Antonić, Kušan in Hrašovec 1997)/**Stagnacija hladne kugle leda u Viljskoj vrtači (Antonić, Kušan i Hrašovec 1997).***

Raziskava v Viljski ponikvi je preverjala, ali temperaturne in vlažnostne razlike med rastlinskimi združbami (fitocenozami) ustrezajo pričakovanim vzorcem, kjer bi toplejše združbe ležale nižje in bolj osončene, hladnejše pa višje in bolj senčene. Meritve so pokazale, da se dnevno in nočno temperaturno zaporedje razlikuje. Podnevi je travišče *Festucetum pungentis* toplejše od gozdnih združb, ponoči pa najhladnejše razmere nastopijo na dnu ponikve (*Salicetum appendiculatae*), kar potrjuje temperaturno inverzijo zaradi dotoka hladnega zraka. Analiza je pokazala močno povezavo med nočnimi temperaturami in nadmorsko višino merilnih mest.

Istraživanjem na Viljskoj ponikvi ispitano je odgovaraju li razlike u temperaturi i vlažnosti između biljnih zajednica (fitocenoza) očekivanim obrascima, gdje bi toplije zajednice ležale niže i više izložene suncu, a hladnije zajednice više i više u sjeni. Mjerenja su pokazala da se dnevni i noćni temperaturni slijed

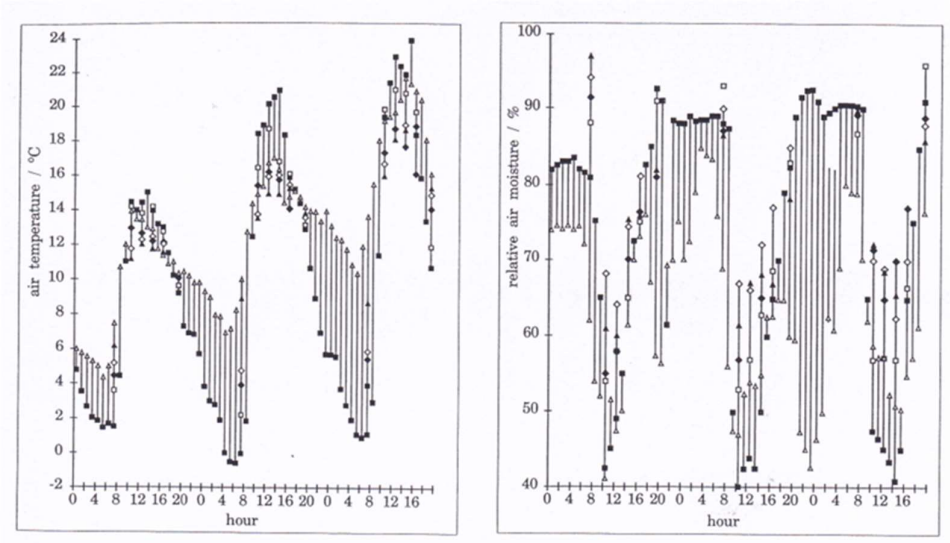
razlikuje. Tijekom dana, travnjak Festucetum pungentis je topliji od šumskih zajednica, dok se noću najhladniji uvjeti javljaju na dnu ponikve (Salicetum appendiculatae), što potvrđuje temperaturnu inverziju zbog dotoka hladnog zraka. Analiza je pokazala snažnu korelaciju između noćnih temperatura i nadmorske visine mjernih mjesta.

Relativna zračna vlaga je bila najvišja v gozdnih združbah na nižjih legah in najnižja na travniku, a jasnega višinskega vzorca ponoči ni bilo mogoče potrditi, verjetno zaradi vpliva oblakov. Talne temperature so imele v gozdu nižjo temperaturno amplitudo zaradi zaščitnega vpliva krošenj, a niso bile neposredno povezane z drugimi klimatskimi spremenljivkami.

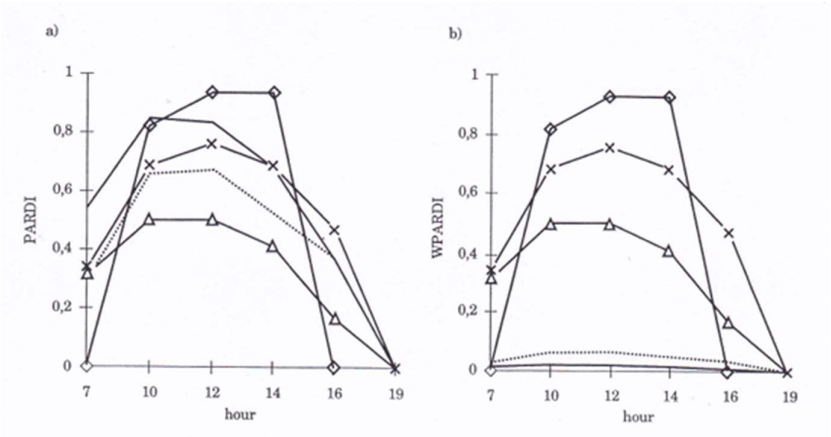
Analiza PARDI (povprečna relativna neposredna osončenost) in WPARDI (PARDI pomnožen z relativno osvetljenostjo) je pokazala, da se zaporedje združb večinoma ujema z začetno hipotezo, pri čemer odstopa *Salicetum appendiculatae*, ki je močno osončena okoli poldneva, a ponoči ostaja hladna in vlažna. Rezultati potrjujejo, da je prostorska razporeditev mikroklimatskih razmer v veliki meri odvisna od količine sončne svetlobe in gostote krošenj, ki to svetlobo zmanjšujejo. Odstranitev vpliva senčenja v analizi omogoča jasnejšo povezavo med mikroklimo in topoklimo (Antonić, Kušan in Hrašovec 1997).

Relativna vlažnost zraka bila je najviša u šumskim sastojinama na nižim nadmorskim visinama, a najniža na livadama, ali noću se nije mogao potvrditi jasan visinski obrazac, vjerojatno zbog utjecaja oblaka. Temperature tla imale su nižu temperaturnu amplitudu u šumi zbog zaštitnog učinka krošnje, ali nisu bile izravno povezane s drugim klimatskim varijablama.

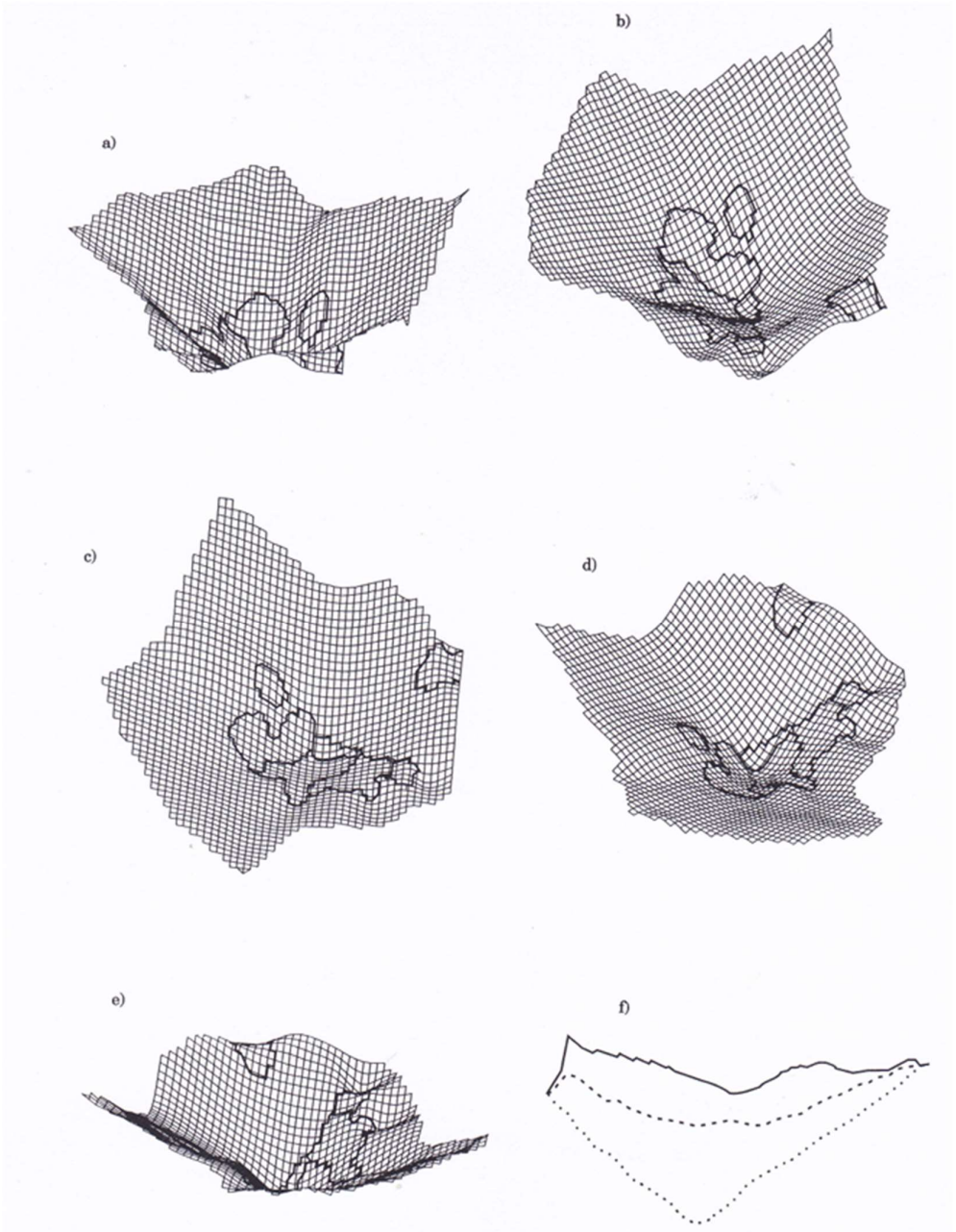
Analiza PARDI-ja (prosječna relativna izravna insolacija) i WPARDI-ja (PARDI pomnožen s relativnom osvijetljenošću) pokazala je da se slijed sastojina uglavnom slaže s početnom hipotezom, s izuzetkom Salicetum appendiculatae, koja je snažno osunčana oko podneva, ali noću ostaje hladna i vlažna. Rezultati potvrđuju da prostorna raspodjela mikroklimatskih uvjeta uvelike ovisi o količini sunčeve svjetlosti i gustoći krošnje, što smanjuje tu svjetlost. Uklanjanje utjecaja sjenčanja u analizi omogućuje jasniju vezu između mikroklime i tropske klime (Antonić, Kušan i Hrašovec 1997).



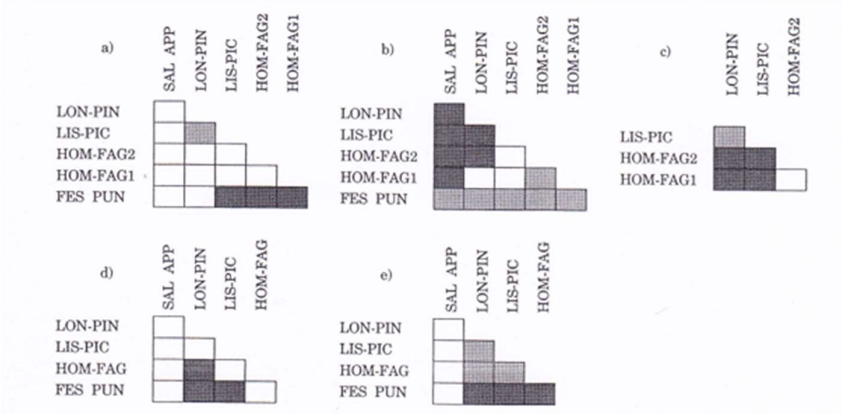
Slika 16: Dinamika temperature zraka (°C) (levo) in relativna zračna vlaga (%) v fitocenozah Viljske ponikve (28.–30. julij). Črni kvadrati (Salicetum appendiculatae), beli kvadrati (Lonicero–Pinetum), črni rombi (Listero–Piceetum), beli rombi (Homogyno–Fagetum (2. postaja)), črni trikotniki (Homogyno–Fagetum (1. postaja)), beli trikotniki (Festucetum pungentis) (Antonić, Kušan in Hrašovec 1997)/Dinamika temperature zraka (°C) (lijevo) i relativne vlažnosti zraka (%) u fitocenozama Viljske ponikve (28.–30. srpnja). Crni kvadrati (Salicetum appendiculatae), bijeli kvadrati (Lonicero–Pinetum), crni rombovi (Listero–Piceetum), bijeli rombovi (Homogyno–Fagetum (2. postaja)), crni trokuti (Homogyno–Fagetum (1. postaja)), bijeli trokuti (Festucetum pungentis) (Antonić, Kušan i Hrašovec 1997).



Slika 17: Povprečna relativna neposredna osončenost fitocenoz (29. julij): a) neuteženа, b) pomnožena z relativno osvetljenostjo. Polna črta: Homogyno–Fagetum, črtkana črta: Listero–Piceetum, črta z rombi: Salicetum appendiculatae, črta s trikotniki: Lonicero–Pinetum, črta s križci: Festucetum pungentis (Antonić, Kušan in Hrašovec 1997)/Prosječna relativna izravna insolacija fitocenoza (29. srpnja): a) neponderirana, b) pomnožena s relativnom osvijetljenošću. Puna linija: Homogyno–Fagetum, isprekidana linija: Listero–Piceetum, linija s rombovima: Salicetum appendiculatae, linija s trokutima: Lonicero–Pinetum, linija s križićima: Festucetum pungentis (Antonić, Kušan i Hrašovec 1997).



Slika 18: Vrtača Viljska ponikva (digitalni model terena) z vrisanimi območji fitocenoz iz različnih sončnih perspektiv: a) ob 7. uri, b) ob 10. uri, c) ob 12. uri, d) ob 14. uri, e) ob 16. uri, f) ob 18. uri (Antonić, Kušan in Hrašovec 1997)/Vrtača Viljska (digitalni model terena) s ucrtanim područjima fitocenoza iz različitih solarnih perspektiva: a) u 7 sati, b) u 10 sati, c) u 12 sati, d) u 14 sati, e) u 16 sati, f) u 18 sati (Antonić, Kušan i Hrašovec 1997).



Slika 19: Statistično testiranje mikroklimatskih in topoklimatskih razlik med fitocenozami (vrstica proti stolpcu) z Wilcoxonovim testom parov (svetlo sivo – značilno nižje, sivo – značilno višje, belo –neznačilna razlika, SAI–APP: Salicetum appendiculatae, LON–PIN: Lonicero–Pinetum, LIS–PIC: Listero–Piceetum, HOM–FAG: Homogyno–Fagetum (1. in 2. postaja), FES–PUNG: Festucetum pungentis): a) zračna temperatura, b) relativna zračna vlaga, c) temperatura tal – 1. glavna komponenta, d) povprečna relativna neposredna osončenost fitocenoz, e) povprečna relativna neposredna osončenost fitocenoz, utežena z relativno osvetljenostjo (Antonić, Kušan in Hrašovec 1997)/Statističko testiranje mikroklimatskih i topoklimatskih razlika između fitocenoza (redak naspram stupca) Wilcoxonovim testom parova (svijetlosiva – značajno niže, siva – značajno više, bijela – neznačajna razlika, SAI–APP: Salicetum appendiculatae, LON–PIN: Lonicero–Pinetum, LIS–PIC: Listero–Piceetum, HOM–FAG: Homogyno–Fagetum (1. i 2. postaja), FES–PUNG: Festucetum pungentis): a) temperatura zraka, b) relativna vlažnost zraka, c) temperatura tla – 1. glavna komponenta, d) prosječna relativna izravna insolacija fitocenoza, e) prosječna relativna izravna insolacija fitocenoza, ponderirana relativnom osvijetljenošću (Antonić, Kušan i Hrašovec 1997).

V raziskavi so ugotovili, da topoklimo Viljske ponikve podnevi najbolj določa količina osončenosti, ponoči pa nadmorska višina, kar povzroča temperaturno inverzijo. Na mikroklimo močno vpliva senčenje krošenj, zato se rezultati med fitocenozami razlikujejo. Natančnejše meritve bi omogočile še boljše razumevanje, a so drage in časovno zahtevne, zato je smiselna uporaba DTM in GIS modelov (Antonić, Kušan in Hrašovec 1997).

Studija je utvrdila da je topoklima Viljske ponikve uglavnom određena količinom sunčeve svjetlosti tijekom dana, te nadmorskom visinom noću, što uzrokuje temperaturnu inverziju. Mikroklima je pod snažnim utjecajem zasjenjenja krošnjama, zbog čega se rezultati razlikuju između fitocenoza. Preciznija mjerenja omogućila bi još bolje razumijevanje, ali su skupa i dugotrajna, pa korištenje DTM i GIS modela ima smisla (Antonić, Kušan i Hrašovec 1997).

Podatki meritev na datalogerjih iz Viljske ponikve - VP1

#	Date-Time (CET/CEST)	Temperature (°C)	RH (%)	Dew Point (°C)
10	10.01.2024 00:27:10	6,02	68,97	0,77
11	10.01.2024 01:27:10	6,74	75,45	2,71
12	10.01.2024 02:27:10	7,99	71,37	3,14
13	10.01.2024 03:27:10	7,81	74,93	3,65
14	10.01.2024 04:27:10	7,08	80,83	4,01
15	10.01.2024 05:27:10	6,49	86,26	4,37
16	10.01.2024 06:27:10	6,16	87,61	4,26
17	10.01.2024 07:27:10	6,55	83,57	3,98
18	10.01.2024 08:27:10	7,48	82,86	4,76
19	10.01.2024 09:27:10	8,64	79,60	5,32
20	10.01.2024 10:27:10	9,02	80,27	5,82
21	10.01.2024 11:27:10	9,97	80,45	6,78
22	10.01.2024 12:27:10	9,80	80,38	6,60

23	10.01.2024 13:27:10	11,00	77,25	7,18
24	10.01.2024 14:27:10	10,14	80,51	6,95
25	10.01.2024 15:27:10	10,09	82,90	7,33
26	10.01.2024 16:27:10	9,53	85,40	7,21
27	10.01.2024 17:27:10	8,96	88,42	7,16
28	10.01.2024 18:27:10	8,41	90,25	6,92
29	10.01.2024 19:27:10	8,26	91,36	6,94
30	10.01.2024 20:27:10	8,21	92,23	7,03
31	10.01.2024 21:27:10	8,20	92,54	7,07
32	10.01.2024 22:27:10	8,08	93,75	7,15
33	10.01.2024 23:27:10	7,72	94,08	6,84
34	10.02.2024 00:27:10	7,81	95,85	7,20
35	10.02.2024 01:27:10	8,41	97,45	8,04
36	10.02.2024 02:27:10	8,83	97,83	8,52