

Vse znane bilistre so doma na severnem koncu Južnega otoka. Pozneje je taisti Bruce našel – na južnem koncu Severnega otoka – in opisal drobceno sorodnico in jo imenoval *Makarasphaera amnicosa*. Tako ima tudi Nova Zelandija nekaj sladkovodnih mokric krogličark, ki se seveda ne morejo kosati z našim bogastvom monolister.

Vendar.

Že dolgo vemo, da podoba, morfologija, ni zanesljiv pričevalec o sorodnosti živalskih vrst. Vrste so se na različne načine prilagajale okolju, pa so si lahko nesorodne vrste podobne in sorodne vrste različne. In je naneslo, da se je tista drobna *Makarasphaera*, ki je sicer zelo podobna bilistri, znašla v filogenetskem drevesu tik ob monolistrah. In je čisto mogoče, a več kot presenetljivo, da je tudi *Bilistra* filogenetsko tam nekje. Seveda je za količkaj zanesljivo ugotovitev

potrebna molekulska analiza. Ki jo bodo opravili, ko se jim bo zdelo.

Pazite, če temeljito potrskate na tla pred seboj, se vam bo še najverjetneje oglasil kak novozelanec. Geografsko sta si *Monolistra* in *Bilistra* z makarasfero skoraj natanka antipoda, filogenetsko pa morda dokaj tesna sorodnika.

Kar nekaj sto morskih vrst krogličark živi po svetu in tudi v Sredozemlju, a sorodnosti z monolistrami ne kažejo.

In to je bilo zadnje presenečenje iz kraškega podzemlja.

Zaenkrat.

Ledenica G2 na Kaninskem pogorju kot indikator segrevanja ozračja • Geomorfologija in kriosfera

Ledenica G2 na Kaninskem pogorju kot indikator segrevanja ozračja

Jurij Kunaver

Ledenica G2 sodi med zelo redko vrsto kaninskih jam, ker je njen vhod (1.850 metrov) na dnu več kot dvajset metrov globoke udornice. Njena posebnost sta neposredna bližina dna udornice in vodoravnega rova z ledom, k temu pa še vsakoletno polnjenje in praznjenje udornice s snegom ter njegov vpliv na jamski led. Ledenico so našli in izmerili leta 1963, prva fotografija notranjosti pa je iz naslednjega leta. Od takrat dalje jo občasno obiskujemo, ker se jamski led nenehno krči. Deset let po začetku opazovanja smo označili takratne meje ledu. Led se je sprva umikal počasi, v zadnjem desetletju pa se zdi, da je njegovo umikanje pospešeno. Upravičeno sklepamo, da je ta pojav po-

vezan s podnebnimi spremembami oziroma z globalnim segrevanjem ozračja. Zato ne more biti omejen samo na ledenico G2, pač pa na podoben način vpliva na pojav snega in ledu tudi v drugih kaninskih jamah. Nehote se zato vprašamo, ali ni danes lažji dostop v večje globine kaninskih jam povezan tudi s spremenjenimi in hitreje topečimi se količinami snega in ledu in ne samo zaradi spremenjene tehnike plezanja in opreme. V šestdesetih in sedemdesetih letih sta bila marsikateri vhod v brezno in njegov vrhnji del, vsaj v začetku poletja, včasih tudi dlje, zadelana s snegom in ledom. Tudi neposredni očitvidci in udeleženci prvih kaninskih jamarskih raziskovanj ter njihovi posnetki

iz jam potrjujejo, da se ne samo na samem površju, pač pa tudi tik pod njim zaradi globalnega segrevanja ozračja dogajajo daljnosežne spremembe.

Namen tega prispevka je torej opozoriti na spremembe v mikroklimi zgornjega dela kaninskih jam in tamkajšnje kriosfere v zadnjih šestdesetih letih, na kar je opozorilo dogajanje v ledenici G2. S serijo fotografij, posnetih ob desetih obiskih in ogledih, video posnetki, opazovanji ter opisi želimo opozoriti na obliko in obseg jamskega ledu, ki se je sicer zelo počasi in postopoma, a

brez prekinitve umikal ves čas od odkritja jame pa do danes. Posredno to botruje doseganju sedanjih rekordnih kaninskih globin, ki jih ne bi bilo, če bi bili vhodni deli brezzen, tako kot pred desetletji, še naprej tudi poleti zadelani s snegom in ledom. Namen tega prispevka je opozoriti ne samo na spremembe v ledenici G2, pač pa tudi na nekatere druge spremenjene snežnoledne razmere v Kaninskem pogorju, ki jasno kažejo na učinke globalnih okoljskih sprememb, o čemer ne more biti več dvoma (slika 4 in 5). Pojav vrhnje, nekaj deset metrov debele zamrznjene kamninske plasti spada v raziskovalno področje vede o permafrostu, delu kriosfere. V ta naravni sistem sodijo tudi marsikatera visokogorska apnenčasta pogorja pri nas in drugod. Površinske znake globlje zamrznjenosti tal pa je v apnenčasti podlagi – v nasprotju z neapnenčastimi območji – težje zaznati. Ledenico G2 z njenim ledom ne predstavljamo kot neki izjemni pojav, umikanje vseh vrst zamrznjenih območij in ledeniških teles na Zemlji je danes namreč nekaj običajnega. S svojimi skromnimi dimenzijami bi bila lahko sicer dodatni, a neznatni dokaz globalnega segrevanja. Njena posebnost in zanimivost sta ne samo genetska zveza njenega jamskega prostora z bližnjo udornico, ampak tudi posledica te iste bližine. Vsakoletni debeli snežni čep



Slika 4:
Metod DiBatista v zasneženem
vhodnem delu kaninske jame
avgusta leta 1966.
Foto: Primož Krivoc.



Slika 5:

Primož Krivič v zaledenem vhodnem delu kaninske jame avgusta leta 1967.

Foto: Metod DiBatista.

za skoraj tričetrst leta zapre dostop do notranjih, z ledom zapoljenih delov jame, zaradi česar se v večjem delu jame vse leto vzdržuje temperatura pod lediščem ali blizu njega. Gre za kombinacijo klasične vrečaste oblike ledene jame, ki pa se zaradi obsežnega snežnega zamaška sezonsko zapira in odpira. Ta letni ritem še vedno obstaja, spreminjajo pa se trajanje, obseg, hitrost ter vrsta procesov.

Nekaj besed namenjamo tudi majhni, približno 200 metrov x 150 metrov veliki razmeroma uravnani polici v neposredni okolici ledenice G2, ki jo imenujemo kar Podi pri ledenici G2 (slika 1, 2 in 3). Tukajšnje površje se odlikuje z nadpovprečno pestro visokogorsko ledeniško kraško morfologijo (Kunaver, 1983: 93).



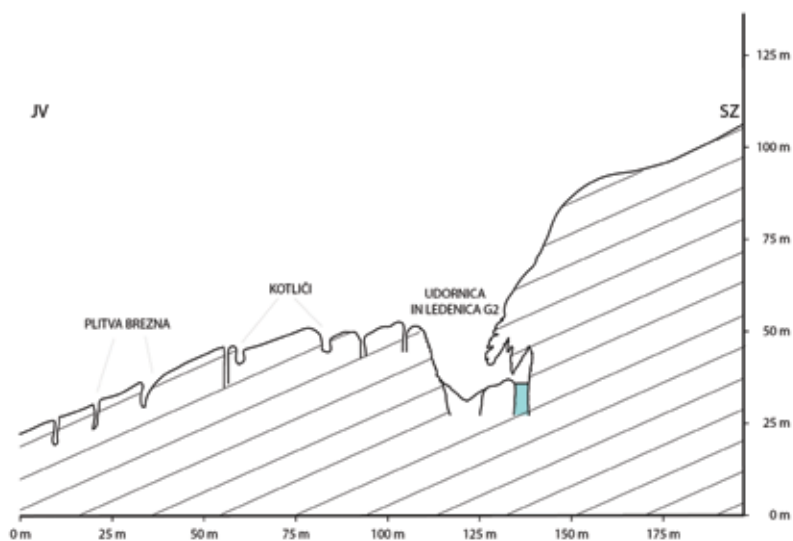
Slika 1:

Podi v okolici udornice in ledenice G2 in njun položaj.

Foto: Jurij Kunaver.



Slika 2: Zračni posnetek udornice in njene okolice z nekaterimi vhodi v ozka brezna. Foto: Uroš Stepišnik.

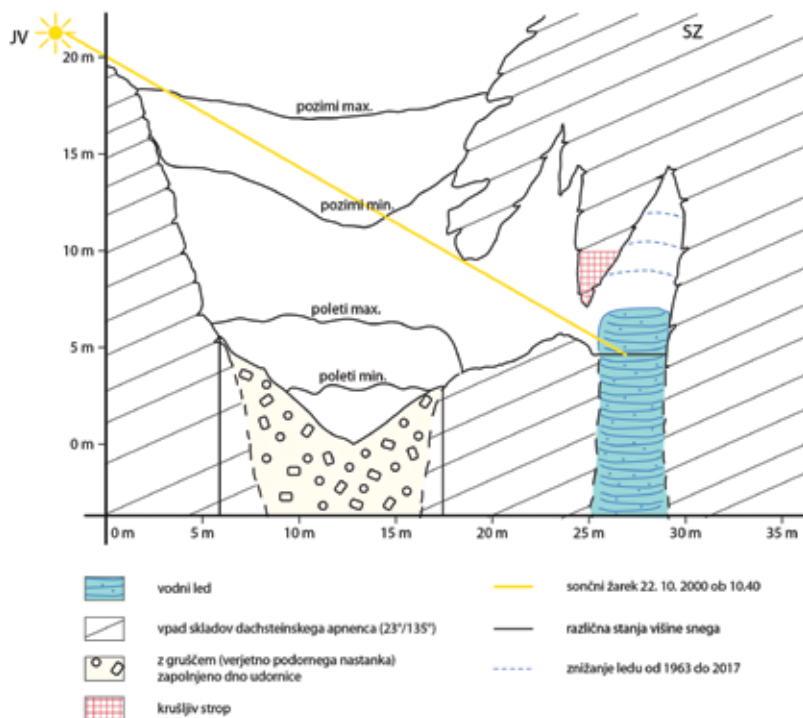


Slika 3:
Prečni prerez čez
Pode in udornico
z ledenico G2.
Risba: Ana Seifert
Barba.

Vprašanja raziskovalnega dela v skrajnih visokogorskih razmerah in zgodovina opazovanj

Ledenica G2 je tik ob planinski poti med staro kočjo Petra Skalarja in Prestreljeniškimi podi, ki do sem sledi nekdanji vojaški mulatjeri. Od tu naprej izgine, ker sta jo

uničili zakrasevanje in mehanično preperevanje, razen prav majhnega dela, ki je viden na zračnem posnetku. Tudi v bližnjem Mallem grabnu je ista pot komaj še opazna, ker je izpostavljena taljenju velikih količin snega in pobočnemu posipanju grušča. Mali graben je izraziti, nekaj metrov široki in pre-



Slika 6:
Prerez udornice
in ledenice G2.
Risba: Ana Seifert
Barba.



močrtno tektonsko zasnovani žleb, ki se po kakšnih dvesto metrih na zahodni strani odpira v depresijo Velikega grabna, po skupaj šeststo metrih pa morfološko izgine tik pod Prestreljeniški podi. Ista prelomniška struktura se nadaljuje še naprej v smeri vzhodnih pobočij Prestreljenika. Ko smo prvič ugledali ledeno steno, nismo vedeli, kaj se z ledom sploh dogaja oziroma ali se njegovo stanje spreminja (slika 6). Po desetih letih (1974) o tem oziroma o zmanjševanju količine ledu skoraj ni bilo več dvoma, še bolj po tridesetih letih (1993), ko se je led že močneje umaknil od prvotnih oznak. Vsako-

Slika 22:
Merjenje debeline snega na Prestreljeniških podih 2. maja leta 2009. Dr. Matej Ogrin in dr. Grega Vrtačnik na dnu 5,2 metra globoke izkoplane snežne jame.
Foto: Jurij Kunaver.

kratno opazovanje smo lahko opravili le v drugi polovici poletja, navadno avgusta, ali pa najkasneje oktobra, ko se je vhod v jamo odprl oziroma je bil še odprt. Udornica se pozimi vsakokrat različno visoko zapolni s snegom. Običajno debelina snega v udornici lahko doseže najmanj dvojno ali celo trojno debelino tiste, ki so jo izmerili ob koncu zimske sezone na ravnem delu smučišča na Prestreljeniških podih (5,20 metra, 2. maja leta 2011) (slika 22).

Z gotovostjo lahko torej trdimo, da je spremenljivost stanja snega v udornici zelo velika. Odvisna je od vsakokratne količine pozimi zapadlega snega, ki na Kaninu vedno odstopa od povprečja. V drugi polovici

avgusta, ki je bil najpogostejši čas obiskov, so na dnu udornice vedno bili ostanki snega. Posnetki kažejo, da ga je bilo na začetku opazovanega obdobja avgusta več kot pa pozneje. Le enkrat, oktobra leta 1993, na pragu zime, smo naleteli na gruščnato dno udornice brez snežne odeje.

Govoriti o povprečjih ne bi bilo smiselno, navajamo lahko le posamezna stanja snega v udornici, kot smo jih videli in jih posneli, tudi najvišja in najnižja ugotovljena stanja. Ob tem se zastavlja splošno vprašanje merjenja količine zapadlega snega v slovenskih Alpah. Kolikor je znano, sistematičnega opazovanja, razen na meterološki postaji Kredarica, pri nas ni. Na Kaninskem



*Slika 7:
Ledenica G2 in ledena stena
v njej leta 1964, na sliki
Davo Preisinger.
Foto: Tomaž Planina.*

*Slika 8:
Ledena stena leta 1966,
na sliki Primož Krivic.
Foto: Jurij Kunaver.*



pogorju je to še posebej zanimivo zaradi ekstremnih količin zapadlega snega v posameznih padavinskih obdobjih na eni in celokupne količine padavin oziroma snega v posameznih letih. Prav tako ni skoraj nobenih podatkov o trajanju snežne odeje v visokogorju, kar je pomemben podatek v času globalnega segrevanja. Tu se lahko spomnimo sicer amaterskih opazovanj snežišč v Julijcih v petdesetih in šestdesetih letih (1951), s katerimi je Pavel Kunaver že takrat imel namen opozoriti na njihovo zmanjševanje ob primerjavi s podobnim dogajanjem na Triglavskem ledeniku. Podoben namen je imela sistematična in pregledna študija Ivana Gamsa (1961). Kaninsko pogorje ni ome-

njeno ne v enem ne v drugem viru.

Razpolagamo z nekaj lastnimi opazovanji in meritvami, ki so deloma že bile objavljene (Kunaver, 1979). S sondažnimi merjenji smo ugotovili, da je v visokogorskem kraškem svetu zaradi drobne reliefne razgibanosti neenakomernost debeline snežne odeje prvo in osnovno pravilo. Kraške depresije vseh vrst se v zgodnji zimi zapolnijo v prvi vrsti z napihanim snegom. Domnevamo, da debelina snežne odeje v kraških depresijah v povprečju doseže do trikratno ali še večjo debelino povprečne debeline visokogorske snežne odeje, kot smo že omenili. Zanimive rezultate so dala merjenja debeline snežne odeje na prehodu iz zimske, snežne, v poletno

obdobje trganja enotne snežne odeje v posamezna snežišča od konca maja do konca junija ali začetka julija ter slednjic poletno izginjanje še zadnjega snega s površja. V spodnjem delu Kaninskih podov, ki ga označuje prehod z manj strmih v strmejša pobočja, kar je primer podov pri ledenici G2, smo na koncu zime ugotovili, da je ohranjena snežna odeja neenakomerno debela. Ne mislimo na kraške depresije s snežnimi čepi, pač pa na podnožja strmejših skokov. S slednjih se vso zimo sneg usipa in plazi navzdol do podnožja, kjer se kopiči. V času izginjanja snežne odeje so te razlike najbolj očitne. Pod takim skokom je tudi udornica ledenica G2.



Slika 9:

Ledena stena leta 1974 se je že nekoliko spremenila v primerjavi s prvotnim stanjem, na sliki pisec članka.

Foto: Jurij Kunaver.



Slika 10:

Stanje ledu 1993 z oznakami iz leta 1974, na sliki Uroš Kunaver.

Foto: Jurij Kunaver.

V ledenici smo merili temperaturo zraka v najtoplejšem delu leta samo dvakrat. Obakrat se je gibala od +1 do +2 stopinji Celzija, kar je bilo pričakovano. Precej bolj zanimive bi bile zimske temperaturne razmere v ledenici, ki pa jih večino časa v preteklosti zaradi pomanjkanja ustreznih instrumentov ni bilo mogoče ugotoviti. Ledenica je, kot že poudarjeno, pozimi nedostopna in težko dosegljiva. Njena odmaknjena lega je tudi glavni vzrok nerednim oziroma različno dolgim razmakom med enim in drugim obiskom. Kljub temu je bil dosežen osnovni namen, ugotoviti in opisati spremembe med dvema zaporednima obiskoma, ne glede na časovni interval. Ledenica ostaja še naprej zanimiva za opazovanje in tudi za merjenje.



Slika 11:

Stanje ledu leta 1993, močan odmik ledu od oznak iz leta 1974, na sliki Uroš Kunaver.

Foto: Jurij Kunaver.

Pregled obiskov in merenj snega ter ledu v jami G2

Ledenico G2 so prvič obiskali 21. avgusta leta 1963 jamarji Društva za raziskovanje jam Ljubljana, ki se je takrat začasno imenovalo Jamarski klub Ljubljana-Matica. Društvo je bilo prvo v Sloveniji, ki je spoznalo izjemen potencial kaninskih jam. V letih od 1963 do 1967 in od 1974 do 1976 je tja organiziralo skupaj sedem jamarskih odprav, na katerih je bilo odkritih in raziskanih več kot dvesto jam. Do danes se je po zaslugi številnih domačih in tujih jamarskih odprav to število dvignilo že na več kot osemsto jam in brezzen.

Obiskov udornice in ugotavljanja stanja snega je bilo skupaj petnajst, stanja ledu pa deset (glej preglednico). Kot dokumentacij-



Slika 12: Stanje ledu leta 2007. Foto: Jurij Kunaver.



Slika 13:
Stanje ledu
leta 2017.
Led na dnu
ledenice se je
dodatno umaknil
- znižal, kar je
vidno na geološki
strukturi, ki je
bila pred desetimi
leti še na pol
v ledu (primerjaj
sliko iz
leta 2007).
Foto:
Marko Belingar.

sko metodo smo večinoma uporabili foto-grafiranje, nekajkrat tudi video snemanje, večinoma pa so bili narejeni kratki opisi stanja, opravljene pa sta bili dve meritvi

temperature zraka (slike 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13).

Preglednica obiskov jame, ledenice G2 (desetkrat) in udornice (petnajstkrat) ter glavne ugotovitve o stanju ledu in snega

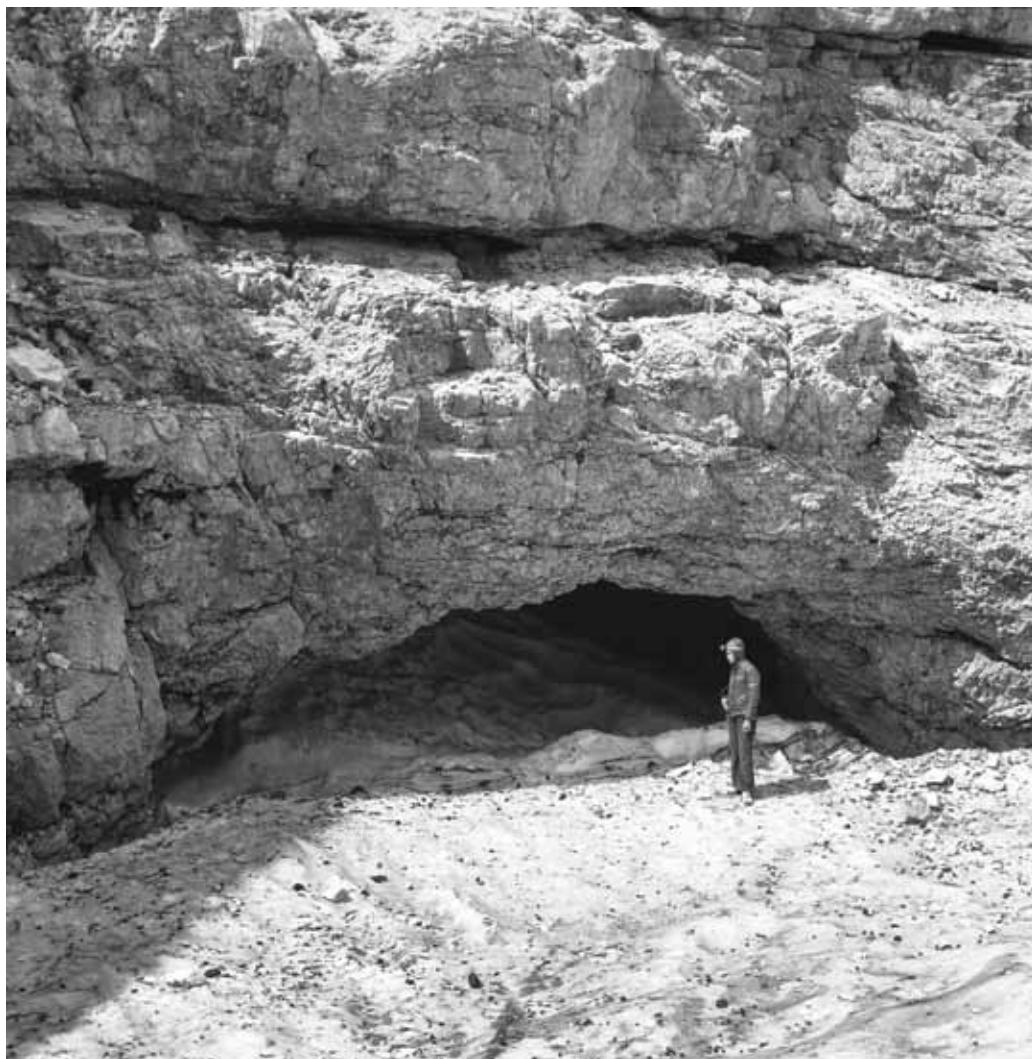
- 1963, 21. avgusta. Prvi obisk, merjenje jame in udornice. Vhod v jamo možen med snegom in vhodnim obokom.
- 1964, avgusta. Davo Preisinger (foto), strma ledena stena. Vhod v jamo možen med snegom in vhodnim obokom.
- 1967, avgusta. Primož Krivic (foto), strma ledena stena. Vhod v jamo možen med snegom in vhodnim obokom.
- 1974, 20. avgusta. Jurij Kunaver (foto) pred ledeno steno, ki je postala manj strma; razlika med višino snega v udornici in vhodnim obokom je približno en meter. Meje ledu smo označili z minijem.
- 1975, avgusta. Video, udornica je bila na pol polna snega, vhod v jamo zaprt.
- 1976, 1. maja. Udornica je bila na pol polna, vhod v jamo zaprt.
- 1976, 22. avgusta. Uroš Kunaver (foto). Razlika med snegom in vhodnim obokom dva metra, snega bistveno manj kot prejšnji dve leti. Led odmaknjen od oznak iz leta 1974 na levi za dvajset centimetrov, na desni spodaj za pet in pol centimetra, zadaj pol metra. Zdi se, kot bi se led nekoliko umikal.
- 1979, 4. julija. V udornici je bilo snega skoraj do vrha (dnevnik), vhod v jamo zaprt. Podi v okolici ledenice G2 so bili s snežišči ponekod še pokriti, zlasti pod strmejšimi pobočji, zaradi plazenja in kopičenja snega s strmejšega terena na položnejšega.
- 1993, avgusta. Uroš Kunaver v ledenici, ledena stena je izginila, viden je močan odstop ledu od oznak.
- 2000, 22. oktobra. Jurij Kunaver, Uroš Kunaver. Video, višina vhoda med snegom in vhodnim obokom približno dva metra. Ledeno pobočje se še naprej nagiba, umika in izginja. Ob 11:40 je sončna svetloba obsijala ravno ledeno ploskev v ledenici (glej risbo).
- 2001, začetek novembra. Jurij Kunaver. Video, ugotavljanje stanja snega, ki ga je bilo približno en meter in pol pod obokom.
- 2004, 26. septembra. Jurij Kunaver, višina vhoda med snegom in vhodnim obokom meter in pol. Ledena stena (foto) se še naprej nagiba, umika in izginja.
- 2007, 20. julija. Snemanje ekipe RTV (foto). Višina vhoda med snegom in vhodnim obokom meter in pol. Od ledene stene je ostala le nagnjena ledena površina, ki se še naprej umika in izginja. Na desni spodaj, poleg nog osebe, značilna kamninska struktura, ki se kaže iz ledu.
- 2017, 25. avgusta. Marko Belingar (foto). Višina vhoda med snegom in vhodnim obokom dva metra. V notranjost rova se položno dviga nagnjena ledena površina, ki se je v desetih letih znižala za približno pol metra. To ugotovitev je omogočila značilna kamninska struktura izpred deset let, ki je od prejšnjega stanja dvignjena za približno petdeset centimetrov nad ledom oziroma se je ledena površina za toliko znižala (glej foto).
- 2021, Marko Belinger, 4. junija leta 2021. Po obeh zimah in pomladih (leta 2020 in 2021), izjemno bogatih s padavinami, predvsem s snegom, je bila udornica na pragu poletja še skoraj do vrha zapolnjena s snegom.



Slika 15: Udornica 1. maja leta 1976, debelina snežnega čepa približno štirinajst metrov, približno šest metrov pod zgornjim robom udornice. Foto: Jurij Kunaver.

Ob prvem obisku ledenice G2 smo postali pozorni na zapolnjenost vodoravnega rova s plastovitim ledom, ki se je končal kot odsekano. Na dlani je, da je jamski rov fosilen in da je lahko nastal le v toplejših razmerah, v eni od medledenih dob ali celo pred tem. Led tudi ne more biti pleistocenskega izvora, pač pa lahko izvira le iz male ledene dobe. Ob tretjem obisku leta 1974 smo stanje ledu označili s tremi barvnimi črtami,

ki so se nepoškodovane ohranile do danes. Pozneje stanja ledu nismo več označevali. Vsakokratni obisk smo zabeležili fotografsko. Največje nazadovanje ledu se ujema z najdaljšim, skoraj dvajsetletnim časovnim razmakom v letih od 1974 do 1993. V primerjavi z vsakoletnim zelo različnim stanjem snega lahko ugotovimo, da neposredne zveze med stanjem ledu in snega ni. Zato pa sneg v udornici, ne glede na debelino, pri-



*Slika 16: Udornica, snežno stanje avgusta leta 1976, na sliki Uroš Kunaver.
Foto: Jurij Kunaver.*

speva k dolgoletnemu vzdrževanju ledu. Zagotovo pa je poletno topljenje ledu hitrejše, če je snega manj oziroma če je vhod v ledenico odprt dlje časa, in obratno. Posebnost te ledenice je, da se sicer precej skromna količina ledu v njej umika izjemno počasi. Posebna neznanka je, kolikšna je v resnici vsa ledena gmota, stisnjena v ozkem rovu, katerega zaledenelo dno je še vedno bolj ali manj nespremenjeno. Videti je namreč, kot

da je ledu v meandrsko oblikovanem rovu v globino še nekaj metrov. Zastavlja se tudi vprašanje, kakšno vlogo ima pri vzdrževanju nizkih temperatur skalna gmota, v kateri je izdolbena jama. Lahko se namreč obnaša kot drugod v podobnih okoliščinah, torej kot v vseh vhodnih delih brezen v podobni višini. Ta se sedaj osvobodijo ledenega in sneženega oklepa precej prej kot v preteklosti, medtem ko je ledenica G2 neke vrste iz-



Slika 17: Gruščno dno udornice brez snega, oktobra leta 1993.

Foto: Jurij Kunaver.

jema. Odgovor lahko iščemo v podhlajenosti jamskih sten, ki nastane zaradi dolgotrajne zaprtosti jame. Zimsko zniževanje temperature ni samo posledica zaprtosti jame s snegom, pač pa tudi kopičenja hladnega zraka v vrečasto oblikovanem jamskem prostoru, kamor lahko prihaja hladni zimski zrak od zunaj v jamo skozi skalne razpoke. Po njih prihaja v jamo tudi deževnica, ki smo jo zmrznjeno v ledene kapnike včasih našli na jamskih stenah.

Še nekaj podrobnosti o ugotavljanju stanja snega v udornici pred jamo (glej preglednico). Pozimi se v njej lahko nabere ne samo deset ali petnajst metrov, ampak tudi več, celo blizu dvajset metrov. Posnetek udornice, narejen 1. maja leta 1976, kaže, da je bila debelina snežnega čepa tisto zimo naj-

Slika 18: Udornica, snežno stanje 20. julija leta 2007, dno še polno snega. Foto: Jurij Kunaver.





*Slika 19:
Udornica, snežno
stanje 17. julija
leta 2017, na dnu
podpovprečno
malo snega.
Foto: Jurij
Kunaver.*



*Slika 20:
Udornica, snežno
stanje 25. avgusta
leta 2017, vhod
v ledenico G2
na široko odprt.
Foto: Marko
Belingar.*

brž približno petnajst metrov. V zgodnjem poletju, natančneje 4. julija leta 1979, smo naleteli celo na udornico, s snegom zapolnjeno do vrha, kar je redek pojav (slike 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21).

Vsakoletne spremembe so velike, saj ima udornica vsako poletje na dnu različno debelo zaplato starega snega, ki delno zapira vhod v jamo. Sprva je bila višina snega na dnu večja, v zadnjih desetletjih pa je tega zamaška vedno manj, čeprav so bile vmes



Slika 21: Udornica, snežno stanje 4. junija leta 2021, udornica na pragu poletja še skoraj do vrba polna snega, debelina snežnega čepa od osemnajst do dvajset metrov. Foto: Marko Belingar.

zelo snežene zime. Leta 1993 je oktobra, na koncu poletja, snežni čep na dnu udornice skoraj povsem izginil. Prvič se je pokazalo gruščnato dno udornice.

Kaj pravijo podnebni podatki?

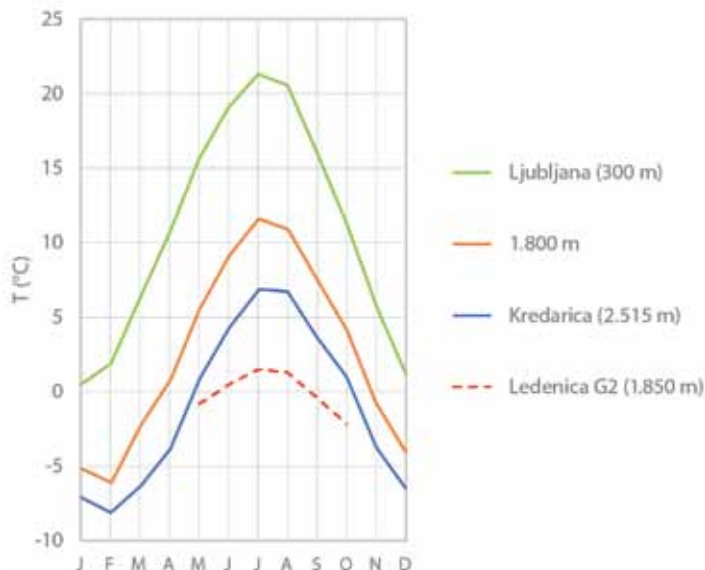
Pojav permafrosta v Kaninskem pogorju in njegovo izginjanje naj osvetlimo še z vidika podnebnih razmer in njihovega spreminjanja v slovenskih Alpah. Iz srednjih mesečnih temperaturnih podatkov za Kredarico za obdobje od leta 1981 do leta 2010 (Cegnar, 2016) smo izračunali interpolirane podatke za višino 1.800 metrov. V ledenici smo merili temperaturo 20. avgusta 1974, ko je bila 1,3 stopinje Celzija. S tem bi radi pokazali na odnos med zunanji in notranji

temperaturnimi razmerami, pri čemer uporabljamo en sam samcat podatek zgolj kot orientacijo. Temperature v ledenici se namreč lahko spreminjajo le v večdnevem oziroma večtedenskem obdobju, ker relativno temperaturno stabilnost zagotavlja ledena greda. O tem, kako se sicer spreminjajo takajšnje temperature, lahko samo domnevamo. Predpostavljamo, da avgustovsko merjenje v povprečju kaže najvišjo letno zračno temperaturo v ledenici ali vsaj blizu nje. Kajti en mesec prej se vhod vanjo šele odpira, septembra, najkasne-

je pa oktobra, pa se tudi v teh višinah že lahko pojavijo negativne vrednosti zračnih temperatur. V grafu je nakazano, da se jamska temperatura do avgusta dviga, od takrat dalje pa se postopoma niža. Dokler v jami ne bo neposrednega merjenja, o pravkar povedanem lahko samo ugibamo, še zlasti pa o najnižjih letnih vrednostih (slika 14).

Še o značilnostih visokogorskega površinskega krasa v okolici udornice in ledenice G2

V okolici ledenice G2 smo preučevali tudi drobno površinsko kraško morfologijo, pri



Slika 14:

Primerjalni podnebni grafi za Ljubljano, Kredarico in višino 1.800 metrov ter nakazan možni graf za ledenico G2. Srednje mesečne vrednosti za obdobje od leta 1981 do leta 2010 (po Cegnar, 2016, in interpolirano).
Risba: Ana Seifert Barba.

čemer smo uporabili tako metodo snemanja iz zraka z majhne višine kot tudi terenski ogled. Prva se še posebej obnese v golem skalnatem, brezgozdnem površju, a zahteva tudi preverjanje. Na podih v okolici ledenice G2 se je pokazalo, da različno stanje snega vpliva na različno razpoznavanje kraških oblik. Zanje je značilna razmeroma velika gostota kraških odprtih, ki jih ni najlažje ločiti med seboj, ali so kotlički ali plitva brezna. Snemanje, izvedeno julija leta 2017, ko je sneg še zapolnjeval večino navpičnih odprtih skoraj do vrha, je kazalo na obstoj številnih manjših kotličev. Terensko preverjanje mesec dni kasneje, ko se je sneg umaknil globlje, pa je pokazalo, da je velika večina kraških kotanj, ki smo jih predhodno označili kot kotličce, v resnici nekakšna vrsta plitvih in ozkih brez. Domnevamo, da gre pri nenavadno pogostih ozkih brezih morebiti za ledeniško erodirane starejše vertikalne kraške pojave, morda iz zadnje medledene dobe. Od njih so se ohranili samo spodnji, nižji in ožji deli.

Na Kaninskih podih smo namreč na več krajih lahko ugotovili precejšnje razlike v intenzivnosti ledeniške erozije, odvisno od

kraja in erozijske izpostavljenosti. Tak primer so posamezni deli južnih pobočij pogorja, ki jih omejujejo markantni skednji. Posamezni pobočni odseki med njimi so različno poglobljeni, tisti z večjim zaledjem bolj zaradi večje debeline, predvsem pa večje hitrosti premikanja in s tem večje erozijske moči pobočnih ledenikov, in obratno. Med ledeniško najbolj erodiranimi območji v celotnem Kaninskem pogorju je območje spodnjih Kaninskih podov med Zadnjim in Širokim dolom, kar je širše območje Kačarjeve glave (2.030 metrov). To je nekakšen širok prag, preko katerega se je iz osrednjih Kaninskih podov navzdol proti pobočju Gozdeca premikal najboljše kaninski pobočni ledenik. Zato ni nenavadna tamkajšnja izjemno močna ledeniška obrušnost ali mutoniranost površja (Kunaver, 1983 in 2017).

Kaninsko pobočje med Velikim in Malim skednjem, imenovano Razor, in obravnavana okolica ledenice G2 nad njim sta bili ledeniško manj erodirani kot sosedstvo (na primer Gozdec in Skripi), kar se ujema s prej postavljeno domnevo. S tem v zvezi je večja oziroma gostejša površinska prevotljenost



*Slika 23:
Značilno golo
visokogorsko kraško
površje s še vidnimi
oziroma ohranjenimi
sledovi ledeniške
erozije – mutoniranosti.
Foto: Jurij Kunaver.*



*Slika 24:
Spodnji del
Malega grabna.
Foto: Marko Belingar.*

okolice ledenice G 2 lahko posledica manj intenzivne ledeniške erozije oziroma tanjše, od ledu odnešene kamninske plasti (slika 23 in 24).

Kaj pa neposredno sosedsstvo udornice in vodoravnih rogov? Do nastanka udornice je bržkone prišlo s postopnim grezanjem, pri čemer se je v boku pokazala vodoravna jama. Grezanje je morda povezano z večjim

starim jamskim prostorom, ki se je zaradi denudacije površja približalo površju podobno, kot so nastale brezstropne jame na notranjskem in primorskem krasu. Proces zakrasevanja in nastajanja jam je v severnoapneniških Alpah že dokazan za zgornji kenozoik, od miocena dalje. Tako velikih starih jam kot tam, pa tudi ostankov nekdanjih površinsko tekočih rek, silikatnih

prodnikov, znanih iz pogorja Dachsteina in od drugod pod imenom augensteini, tu na južnem robu Alp sicer nimamo. A tudi v globinah Kaninskega pogorja se najdejo stari fosilni vodoravni rovi. Zato ne more biti povsem izključeno, da imamo v primeru udornice in ledenice G2 opravka s pojavom fosilnega krasa (Audra in sod., 2007). Omenjene ugotovitve o mnogo daljšem razvoju alpskega površja in kraškega podzemlja je brez večjih težav mogoče prenesti tudi na južni alpski rob, torej na Kaninsko pogorje oziroma na južne apneniške Alpe. Kajti skoraj ni mogoče trditi, da so tukajšnje stare alpske uravnave po nastanku bistveno mlajše od podobnih na severu Alp.

Zaključek

Ledenica G2 je poseben primer ledene jame, ki je sestavljena iz udornice, na dnu katere je vhod v vodoravne, z ledom zalite dele fosilne jame. Udornica zagotavlja vsakoletno zapiranje ledenice z velikanskimi količinami snega, ki se zmanjšajo šele ob koncu poletja toliko, da se odpre vhod v ledenico. To je poseben tip ledene jame, ki ga podobnega težko najdemo še kje drugod. Led v skoraj šestdesetih letih opazovanja še vedno ni povsem izginil, medtem ko so izginili mnogo večji, nekaj sto metrov višje ležeči ledeniki. Topljenje ledu je v primeru ledenice G2 izrazito upočasnjeno, k čemur prispeva najbrž tudi močna podhlajenost jamskih sten, a tendenca topljenja ledu je še naprej ista, ne glede na spreminjajoče se snežne razmere. Snega je lahko še vedno enako veliko, a njegov vpliv v primerjavi s preteklostjo traja krajši čas. Zato v jamo vdira več toplejšega zraka in je topljenje ledu bodisi daljše ali pa intenzivnejše. Jama je primer raziskovalnega objekta, ki bi ob ustreznem inštrumentariju tudi v prihodnje lahko pojasnjeval temperaturne razmere in spremembe v najvišji, zgornji kamninski plasti visokogorskega krasa. Udornica je hkrati primer visokogorske kraške depresije, ki se pospešeno pogloblja zaradi pomnože-

nih količin odtekajoče snežnice.

Zahvala

Za pregled rokopisa in koristne pripombe se zahvaljujem Juriju Košutniku in prof. dr. Urošu Stepišniku, slednjemu tudi za zračni posnetek udornice.

Literatura in viri:

- Audra, P., in sod., 2007: *Cave and karst evolution in the Alps and their relation to paleoclimate and paleotopography. Razvoj jam in krasa v Alpah v luči paleoklime in paleotopografije. Acta carsologica*, 36 (1).
- Cegnar, T., 2016: *Podnebne razmere v Sloveniji leta 2015. Ujma*, 30: 18–29.
- Gams, I., 1961: *Snežišča v Julijskih Alpah. Geografski zbornik*, 6, 1961: 241–269. Ljubljana.
- Kunaver, J., 1979: *Some experiences in measuring the surface karst denudation in high alpine environment. V: Actes du symposium international sur l'érosion karstique : Aix-en-Provence-Marseille-Nîmes 10-14 Septembre 1979 = Proceedings of the International symposium on karstic erosion, (Mémoire, no. 1). Nîmes: Association Française de Karstologie: Museum d'Histoire Naturelle*. 1979, 75–85.
- Kunaver, J., 1983: *Geomorfološki razvoj Kaninskega pogorja s posebnim oziranjem na glaciokraške pojave (Geomorphology of the Kanin Mountains with special regard to the glaciokarst). Geografski zbornik*. 22: 197–346.
- Kunaver, J., 2009: *The ice cave G2 in the Kanin mts. (Slovenia), an indicator for the global warming. Predavanje. 17th International Karstological School »Classical Karst«, Postojna, Slovenia, 2009. Rezime, objavljen na zgoščenki.*
- Kunaver, J., 2016: *Origine et distribution des arêtes de pente (skedenj), des chaudières à neige (kotlich) et des puits à neige: versant sud-est du massif du Kanin (Slovénie). Karstologia*, 1er sem. 2016, 67: 43–52.
- Kunaver, P., 1952: *Snežišča v Julijskih Alpah 1951. Planinski vestnik*, 2.
- Zorn, M., in sod., 2020: *The disappearing cryosphere in the southeastern Alps: introduction to special issue. Acta geographica Slovenica*. 60 (2): 109–124.
- Wikipedia. *Brezstropa jama*.