

**SKALNE OBLIKE V DVEH
POLIGENETSKIH JAMAH VISOKEGA
KRASA**

**ROCKY FEATURES IN TWO POLYGENETIC
CAVES OF HIGH KARST**

Tadej SLABE

Izvleček

UDK 551.442.4(497.12-14)

Slabe, Tadej: Skalne oblike v dveh poligenetskih jamah visokega krasa

Skalne oblike v Volčji jami (nadm. v. 1055 m) na Nanosu in Ledenici na Dolu (nadm. v. 955 m na Trnovskem gozdu (Slovenija, YU) pričajo o njunem pestrem razvoju. Volčja jama ima sledi oblikovanja v zalitem podzemlju, obe pa sta bili zapolnjeni s poplavno drobnozrnato naplavino. Sprva nižinski jami je tektonsko dvigovanje ozemlja in nižanje obrobni dolin spremenilo v gorski. Za te pa je značilno današnje večinoma razpršeno navpično pretakanje vode. Pogostni vdori mrzlega zraka s površja pospešujejo zmrzovanje vlage v jami in razpadanje pretrtega skalnega oboda.

Abstract

UDC 551.442.4(497.12-14)

Slabe, Tadej: Rocky features in two polygenetic caves of High Karst

Rocky features in Volčja jama (1055 m a.s.l.) on Nanos Mt. and in Ledenica na Dolu (955 m a.s.l.) on Trnovski gozd (Slovenija, YU) evidence their complicated genesis. At first low lying caves, Volčja jama namely contains the traces of transformation in overflooded underground, and both are filled up by flood fine-grained sediments, were by tectonical uplifting of the area and by simultaneous lowering of border valleys changed into mountainous caves later. For such type dispersed vertical water percolation and irruptions of cold air from the surface are characteristic in particular, accelerating the weathering of crushed rocky rim by moisten freezing in the cave.

Naslov - Address

mag. Tadej Slabe, dipl. geogr., raziskovalni sodelavec
Inštitut za raziskovanje krasa ZRC SAZU
66230 Postojna, Titov trg 2
Jugoslavija

V s e b i n a

Uvod.....	169
Volčja jama in skalne oblike v njej.....	170
Sledi vodnega toka v jami.....	172
Kotlice, ki so nastale ob stiku z naplavino.....	173
Razpadanje in krušenje skalnega oboda rovov.....	174
Oblike, nastale s prenikanjem in polzenjem vode.....	177
Kondenzna korozija na skalnem obodu.....	181
Biogena korozija.....	182
Ledenica na Dolu in skalne oblike v njej.....	184
Oblike, nastale ob stiku z drobnnozrnatim sedimentom.....	185
Razpadanje in podiranje skalnega oboda.....	186
Sledi polzenja agresivne vode.....	187
Sklep.....	194
Literatura.....	195
Rocky features in two polygenetic caves of high Karst (Summary).....	196

UVOD

Visoki dinarski kras je območje hribov in visokih planot Notranjske in Dolenjske, ki dosegajo višine do 1800 metrov (P. Habič, 1975, 81). Je večinoma enostavno odtočno kraško območje. Vode, ki razpršeno navpično prenikajo skozi poraslo površje, se razlivajo na vse strani, združujejo pa se v izvirih na robu nižjih dolin ali kraških polj, ki poleg območij manj prepustnih tal, predstavljajo višine prelivov in uravnavajo globino podzemne vode. Geološka zgradba, prelomljenost v dinarski in alpski smeri, razpokanost in nagnjenost skladov so poleg velike razčlenjenosti površja, ki omogoča odtok vode na vse strani, odločilni dejavniki, ki usmerjajo odtekanje podzemeljskih voda. Vodni režim neposredno usmerjajo padavine, ki hitro vplivajo na pretoke v izvirih (P. Habič, 1982, 14).

Posledica takšnega podzemeljskega pretakanja vode v visokem krasu so tudi značilne kraške votline. Teoretski tip enostavnega odtočnega krasa je jamski sistem z vhodnimi brezni, s stopničasto razvrščenimi brezni in vmesnimi meandri v osrednjem delu, s položnimi rovi pred izvirom ali z globljim sifonskim izvirom. Nam pa so doslej dostopni naslednji tipi jam: 1. enostavna brezna različnih velikosti; 2. večji sistemi globokih brezen, ki so nastali v bližini tanjših plasti fliša ali dolomita, pa tudi ob nekdanjih ledenikih in snežiščih (P. Habič, 1982, 15); 3. globoki dolinski sifonski izviri in visokovodni preliv Veliki Hubelj nad Ajdovščino; 4. poligenetske jame, ki so stare vodoravne ali položne jame na različnih nadmorskih višinah in so prepletene z brezni ter meandri. Poseben mikroklimatski tip so ledenice.

Tako kot za večino jam na visokem krasu je tudi za Volčjo jamo na Nanosu in Ledenico na Dolu na Trnovskem gozdu značilno prevladujoče navpično pretakanje korozijsko agresivne deževnice in snežnice ter razpadanje skalnega oboda, ki ga pospešuje penikajoča voda, ki ob vdorih mrzlega zimskega zraka zmrzuje.

Že sama oblika Volčje jame s položnimi rovi pa nam priča o nastanku v povsem drugačnem okolju, kot je današnje. Po usmerjenosti in nagnjenosti rogov bi lahko sklepali na delovanje tekoče vode s površja v notranjost, čeprav je nagib lahko le posledica nagnjenosti skladov, s katerimi so rovi konkordantno nastali. Opisane oblike skalnega oboda navajajo k trditvi, da se je rov oblikoval v zaliti coni. Vprašanje, ali je bila jama občasno zalita, kot kaže sediment, in če je bila izvirna, terja še odgovor. Jama je bila kasneje v celoti zapolnjena s sedimentom, kar dokazujejo podsedimentne kotlice, ki so ohranjene ponekod na stenah in stropu rogov. Tudi na majhnem delu stene v spodnji polovici Ledenice na Dolu so ohranjene podsedimentne oblike kot sledi starejših razvojnih obdobj.

Za proučevanje skalnih oblik v izbranih jamah sem se odločil zaradi spoznanja, da so prav te oblike pomembna sled raznovrstnega razvoja naših kraških jam. Skušal sem predstaviti večino oblik, ki mi jih je uspelo razpoznati.

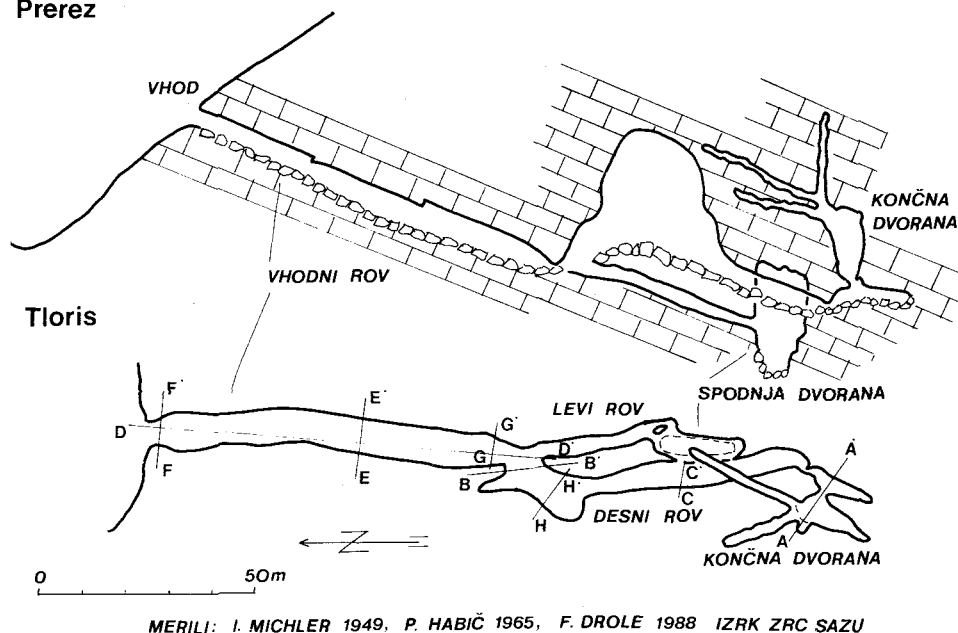
VOLČJA JAMA IN SKALNE OBLIKE V NJEJ

V jamskem katastru in v literaturi (R. Jeannel et E.G. Racovitza, 1918, 302, P. Habič, 1964, 25) se jama imenuje Volčja, zato bom ime obdržal, čeprav je po ustnem izročilu gozdarjev, ki sem jih srečeval na poti v jamo, dobila ime po ovčah, kot domačini imenujejo ovce.

Na severovzhodni strani Nanosa (5075590/5427885) se na nadmorski višini 1055 metrov z mlajšim podornim vhodom odpira splet rogov Volčje jame. Vhod je na južnem pobočju večje vrtače (sl.1).

VOLČJA JAMA NA NANOSU 743

Prerez



Sl. 1 Načrt Volčje jame

Fig.1 The survey of Volčja jama

P. Habič (1964, 25) povezuje nastanek jame s prvotnimi vodnimi tokovi. Je namreč edina znana vodoravna jama v obsežnih robnih uravnavah na jugozahodni strani Nanosa.

Jama je nastala v skladih zgornje jurskega belega apnenca in v vmesnih skladih belega zrnatega dolomita (Geol. karta, list Postojna, Geološki zavod Ljubljana, 1962), ki so debeli od nekaj desetink pa tudi preko metra in ki vpadajo v smeri 240° pod kotom 34° . Kamnina je preprežena s pokončnimi razpokami ($75-90^\circ$), ki potekajo v smereh sever - jug, severovzhod - jugozahod in severozahod - jugovzhod.

Jama je sestavljena iz 400 m položnejših rogov, ki vpadajo konkordatno s skladi

kamnine od pobočja v notranjost Nanosa in potekajo vzporedno v več višinah. Povezani so z mlajšimi podori. Poglobitev v brezno na spodnjem delu jame je posledica prenikanja vode s površja.

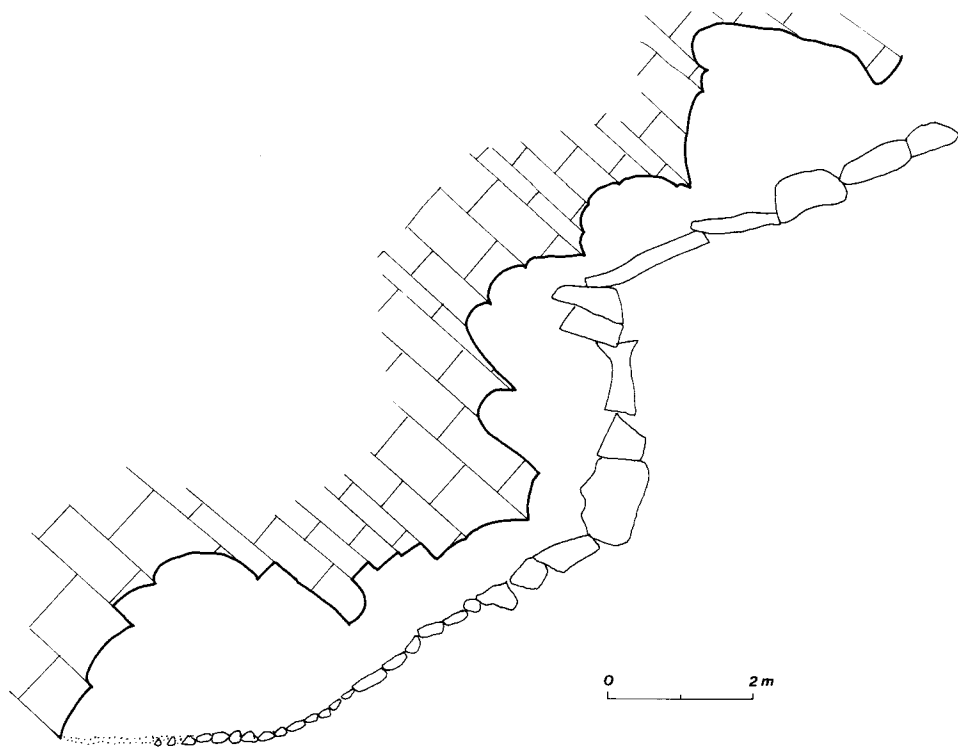
Menjavajo se rovi visokih špranjastih prečnih prereзов, kot sta 10 m široka in 18 m visoka Končna dvorana in 15 m visok Desni rov, nad katerima se dvigujejo kamini in rovi, ki so okroglastih prečnih prereзов. Najlepši takšen primer je spodnji del Desnega rova. Ob skladih nazobčani obodi rogov so posledica različne sestave in trdnosti kamnine.

Tla so prekrita s podornimi bloki in ilovico, starejšo sigo pa je najti le v Levem rovu. Peščenoglinen sediment, ki je v celoti zapolnjeval jamo, je ohranjen ponekod v stenskih zajedah, ki so nastale ob lezikah, v manjših kanalih v stenah in stropu rogov in pa v stenskih in stropnih podsedimentnih kotlicah. Peščenoglinene lutke, ki zapolnjujejo kotlice, so ohranjene predvsem na stenah, iz kotlic v stropu pa so večinoma že odstranjene. Lutke so v majhnih kotlicah ohranjene kot kroglice, v večjih pa kot podolgovate polkrogle. Oblika in velikost lutk je torej določena s prostorom sedimentacije. Na položnih policah stenskih zajed ob lezikah, kjer se je več sedimenta ohranilo dlje, pa je dokaj enakomerna 2 cm debela plast sprijetega sedimenta. Podobna sedimentna obloga je ohranjena tudi v manjših kanalih. Tudi ti so bili dlje časa zapolnjeni s sedimentom. Mineraloško analizo peščenoglinene lutke je z metodo rentgenske difraktometrije in presevalne optične mikroskopije naredila N. Zupan (1990, 18). Klastični sediment je bil v jamo prinešen z vodo. V lutkah prevladuje kalcit. Drobna zrna iz osnove so nastala pri razpadanju apnenca in so prinesena v jamo, sekundarni kalcit pa je kristaliziral v razpokah in porah. Illit je netopen ostanek apnenca. Vzorec je še porozen, čeprav večino por že zapolnjujejo drobnozrnati Mn minerali, ki nastanejo pri preperevanju karbonatnih kamnin. Lutka je bila podvržena diagenezi, ki vključuje staranje in dehidracijo Fe hidroksidov, zato je že precej strjena. Lutke, ki so ohranjene v kotlicah, so nastale s kristalizacijo kalcita, ki je bil raztopljen v porni vodi sedimenta. Ko je bil iz jame odstranjen sediment, se je prekinilo obnavljanje porne vode, ki je povzročala korozijo in voda je začela izhlapevati. Koncetrična kristalizacija je povzročila nastanek kroglastih lutk.

Čeprav sistematičnih raziskav jamske klime nisem opravil, pa lahko na podlagi nekajkratnih merjen temperatur in gibanja zraka, ter opazovanj ledu in megle, sklepam o klimatskih razmerah, ki so pomembne za kondenzacijo in zmrzovanje vlage na skalnem obodu. Poleti sem v ozkih prehodih med Končno dvorano in Desnim rovom nameril hitrost zraka 1,5 m v sekundi ter med Desnim in Vhodnim rovom 0,5 m na sekundo. Zrak, ki je imel na dnu jame okoli 3°C, se je prelival nad tlemi proti toplejši zunanosti in se usedal na dno vrtače pred vhodom, kjer je nastal toplotni obrat. Še v prvih metrih pred vhodom je bila plast zraka nad tlemi več kot 10°C hladnejša od zunanjega, ki je 15.7.1988 dosegel 19°C. Skozi kamine v Končni dvorani, kjer sem nameril najvišjo zračno temperaturo v jami, pa je vdiral toplejši zrak s površja. Ta se ob hladnih stenah rogov ohlaja in s kondenzacijo se izloča vlaga. Pozimi vdira mrzel zrak s površja v toplejšo jamo in povzroča zmrzovanje vlage. Na mestih, kjer skozi razpoke in ob lezikah prenika voda, nastanejo ledene sveče in na tleh ledeni kapniki.

SLEDI VODNEGA TOKA V JAMI (tabela 1)

Desni rov se na jugu, torej v notranjosti jame, zaključuje z veliko kupolasto nišo (sl.2), ki je široka 4 m, visoka pa 3 m. Kupolaste niše, široke 2 m in visoke 1 m, se povezano nadaljujejo v stropu strmega rova, ki iz Desnega rova vodi v Končno dvorano. Tla spodnje niše so prekrita z ilovico, v kateri so vodoravne, do 20 mm debele plasti sige.



Sl. 2 Prečni prerez kupolastih niš med Desnim rovom in Končno dvorano

Fig.2 Cross section of sigmoid niches between Desni Rov and Končna Dvorana

Spodnja niša je oblikovana prek več skladov kamnine, ki so le z majhnimi stopnicami vidni v steni. Tudi zgornje manjše kupolaste niše so vezane na skladovitost kamnine. Nastale so z odnašanjem kamnine manj odpornih skladov v temenu raztegnjene gube in mejni prehodi med nišami so tako tudi stiki različnih skladov kamnine. V skalni obod niš so zajedene plitke, do 1 m široke kotlice. Opazimo jih tako v stropu in v stenah kupol, njih osi pa imajo različne naklone. Celoten obod niš je preoblikovan z razjedami, ki so nastale ob stiku s sedimentom in tako so starejše oblike težje razpoznavne.

Domnevam, da so opisane oblike osamljena sled vodnega toka, ki se je pretakal po jami še pred njeno zapolnitvijo z drobnozrnatim sedimentom. Nastale so, ko se je v zaliti jami pretakal počasen vodni tok in je vrtinčenje z zrakom, ki se je nabiral pod stropom rova, pospešilo korozijo. Ilovica, ki se menjava s plastmi sige na dnu spodnje niše, pa kaže na občasno zalitost rova.

KOTLICE, KI SO NASTALE OB STIKU Z DROBNOZRNATO NAPLAVINO

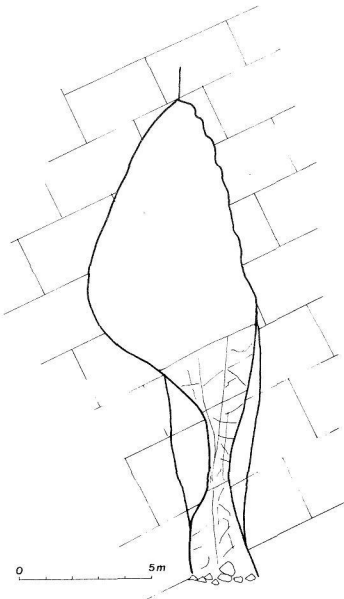
Kotlice so najlepše ohranjene pod sedimentom, ki jih zapolnjuje. Kot nam kaže odsek zahodne stene Vhodnega rova, se na majhni površini menjavajo kotlice različnih velikosti in različnih oblik. Prevladujejo kotlice s premerom do 0,1 m, so pa tudi večje, njihov premer meri 0,2 m in več. Večje kotlice so praviloma plitke in razmerje premera in globine je okoli 5 : 2, pri manjših pa se lahko razmerje obrne tudi globini v prid. Velike kotlice so pravilnejših oblik s položnimi stenami in gladkim dnom. Manjše pa so lahko nad dnom razširjene in sestavljene iz več vdolbinic. Velike kotlice so podolgovate vzporedno s skladovitostjo. Ob lezikah so nastale tudi vdolbine, ki so bolj podobne žlebovom kot kotlicam. Tipične podsedimentne kotlice so tesno skupaj in med njimi so ostale le tanke in krhke stene. Na stropu nad dnom Vhodnega in spodnjega dela Desnega rova, kjer je sediment iz kotlic že skoraj povsem odstranjen, je kotlice zaoblila kondenzna korozija in te oblike spominjajo na fasete. Vendar nam druge značilnosti, kot so oblika, redki ostanki sedimenta in manganova obloga, dokazujejo podsedimentno poreklo kotlic. Kotličaste razjede so ohranjene na delih stropa in sten rovov. Sediment je torej zapolnjeval vso jamo.

Vlaga v porah peščenega sedimenta, ki je zapolnjeval rove, je raztapljala zrna apnenca v sedimentu in skalnem obodu. Kamnina se je najhitreje raztapljala ob razpokah in vzdolžno ob skladih. To so tudi osnovne smeri oblikovanja podsedimentnih kotlic. Zaradi povečevanja količine vode v sedimentu, ki jo je adsorbiral zlasti illit, ki je netopni preostanek karbonatnega dela sedimenta, se je povečevala tudi prostornina sedimenta. Nabrekli sediment je zato omogočal nadaljnje razjedanje ob razpokah. Prenikanje korozijsko agresivne vode skozi velike razpoke in prosti odtok vode iz rova sta omogočala obnavljanje vode v sedimentu. Podsedimentne kotlice, nastale ob razpokah in bolj topnih delih kamnine, si lahko pomagamo razložiti tudi s teorijo A. Langa (1959), ki pojasnjuje nastanek in razvoj speleogenov, ko z enakomerno površinsko korozijo izbočeni deli ostajajo oglati, vbočeni, in ob razpokah pa se zaoblijo. Površina podsedimentnih kotlic je gladka, saj je kamnina oboda dokaj homogena in večinoma prevlečena z Mn minerali, ki so preostanek preperevanja karbonata. Štrleči deli med gostimi razpokami so se izravnavali, saj je njihova korozijska površina večja. Najprej so nastale posamezne, redkeje razporejene manjše vdolbinice (sl.5), ki so se na mestih, dlje časa obdanih s sedimentom, večale in tudi razčlenjevale. Stene kotlic so se hitro tanjšale in kotlice so se ponekod povezale. Tako so na stičiščih več kotlic ostale le še štrline.

RAZPADANJE IN KRUŠENJE SKALNEGA OBODA ROVOV

Razpadanje in krušenje pretrte kamnine, še zlasti manj trdnega dolomita, je bilo pomembno že pri nastajanju jame, je pa še danes najpomembnejši proces preoblikovanja skalnega oboda rogov Volčje jame.

Kamnina razpada ob lečasto porušeni coni v Končni dvorani. Sistem razpok, ki prečijo lezike v spodnjem delu severne stene (sl. 3), predstavlja spodnji del lečasto porušene cone z osjo v naklonu 80° in smerjo vpada 120° . Za porušeno cono (J. Čar, 1982, 87), tokrat gledano v velikostnem razmerju rova, je značilen gost sistem kaotično razporejenih krajših in daljših prelomnih ploskev, pretrta kamnina pa je razdeljena v bloke, ki so slabo sprijeti. Lečasta oblika je posledica različnih tektonskih pritiskov, ki so delovali na kamnino. V leči lahko ločimo bolj pretrto in drobno razpokano kamnino na zožitvah, v osrednjem delu pa manj prepokano kamnino, ki pa je večinoma že odstranjena. Na tem mestu je danes votlina. Sklepamo lahko, da so bile špranjaste razpoke v osrednjem delu lečasto porušene cone za vodo bolj prepustne in bloki kamnine slabše povezani, kar je pospešilo nastanek prostornejšega rova. Proces površinskega razpadanja in podiranja pretrte kamnine lečasto porušene cone pa se nadaljuje še danes. Nastanek porušene cone je povezan s tektoniko širšega območja in za razlago bi bil potreben študij prostorske analize sistema razpok, njihovih geometrijskih značilnosti in razmerja razpok do skladovitosti kamnine.



Sl. 3 Lečasto porušena cona v Končni dvorani

Fig.3 Lense-shaped broken zone in Končna Dvorana

Zaradi razpokanosti in teže se rušijo skladi stropa v širših rovih. Kjer je strop preprežen z večjimi, a redkimi razpokami, odpadajo večji bloki skladov, na mestih, kjer je kamnina gosto pretrta pa je strop obokan. Počasno razpadanje stropa je možno le v apnenčastih skladih, dolomit namreč hitreje razpada, torej je strop v širših jamskih prostorih apnenčast (sl.4).



Sl. 4 Vhodni rov

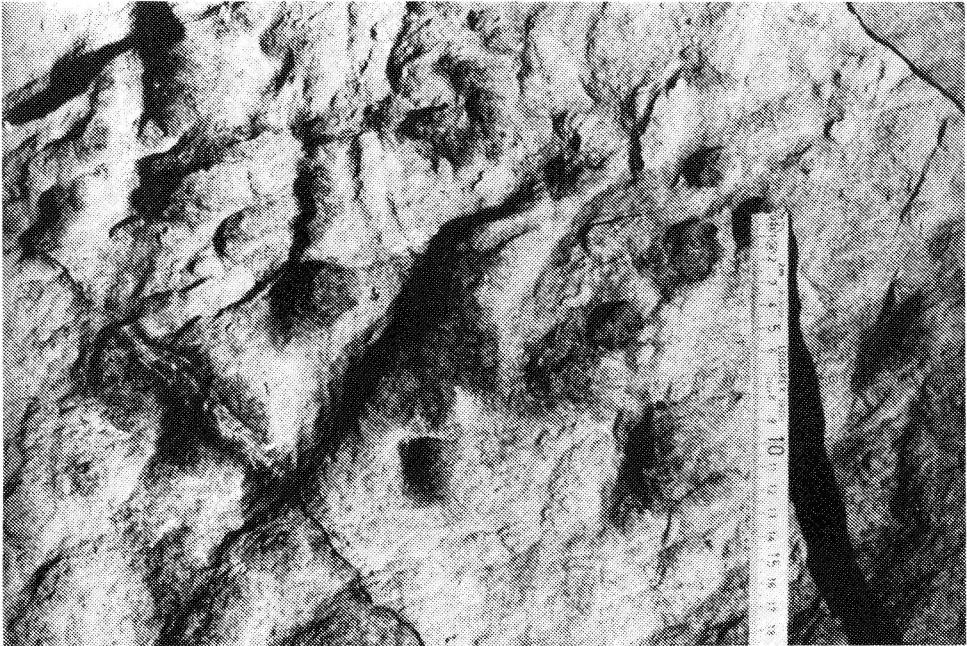
Fig.4 Entrance passage

Zaradi razpadanja kamnine v stropu rogov so se podorno povezali rovi, ki so nanižani v različnih višinah. Podori so povezali Desni in Levi rov, Vhodni rov z Levim ter Desni rov s Spodnjo dvorano. Podori so mlajši, nastali so po izpraznitvi sedimenta, ki je zapolnjeval jamo, in na svežih odlomnih površinah so ponekod le žlebiči, ki jih je izdolbla prenikajoča voda.

V rovih lahko opazujemo primere širjenja ob delih vzhodnih in severovzhodnih sten, kjer skladi visijo navzdol proti rovu in je tako omogočeno odpadanje vmesnih hitre-

je razpadajočih skladov dolomita. Hitrejše razpadanje manj trdnega dolomita, ki se vrši še danes, je povzročilo, da ponekod štrlijo iz sten trdnejši apnenčasti skladi. Zaradi razpokanosti se skladi lomijo in veliki bloki kamnine se kopičijo na tleh.

Dobro razvidna je razlika v krušenju apnenca in dolomita. V zahodni steni je, zaradi goste pretrtosti apnenca nad nizkim podornim preходом v notranjost jame, nastal z odpadanjem manjših kosov kamnine 0,1 m globok in na sredini 0,15 m širok odlom z 1 m^2 površine. Nastal je na konkavni strani lomljene razpoke, ki jo je prenikajoča voda razširila v 20 - 30 mm široko špranjo. Kompaktnost kamnine je tu najbolj porušena. Mrežo razpok lahko razberemo iz kalcitnih žilic na površju kamnine, ki razmejujejo površine od 20 mm^2 do $0,2\text{ m}^2$. Ravne ali lomljene razpoke kosajo kamnino na površju v pravokotnike, raztegnjene krivulje pa v dele bolj ali manj pravilnih elips. Ploskve ob razpokah se držijo tesno skupaj. Odlomljeni kosi so nepravilnih kockastih ali kvadrastih oblik, z ravnimi ali krivimi ploskvami, ki opozarjajo na večjo prožnost kamnine. Kljub gosti pretrtosti je razpadanje apnenca manj izrazito in počasnejše kot razpadanje dolomita.



Sl. 5 Podsedimentne vdolbinice v steni Desnega rova

Fig.5 Undersediment notches in Desni Rov wall

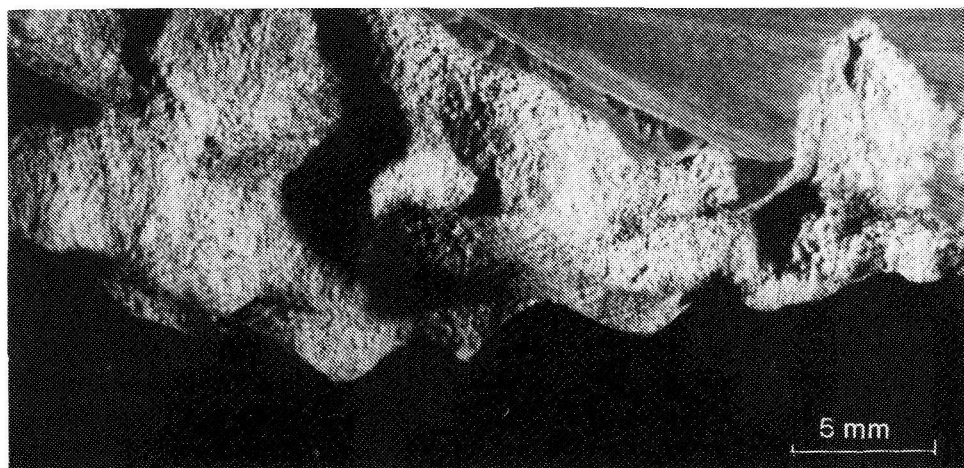
15 m od vhoda je na zahodni steni, 1,5 m nad tlemi, sklad drobno razpadajočega dolomita, ki je vzporedno s skladovitostjo pretrt v največ nekaj 10 mm debele luske. Kamnina je ob razpokah, kjer se z ravnimi ploskvami stikajo površine ostrorobnih kosov, razrahljana. Omenil sem že tudi pravokotno na skladovitost krojive sklade dolomita. Za

oba primera pa je značilno, da je površje kamnine nazobčano sorazmerno z načinom razpadanja.

Razpadanje je torej pogojeno s pretrtostjo kamnine, težo pretrtih skladov v stropu večjih rogov, z vmesnimi skladi manj trdnega dolomita in zlasti v vhodnih delih tudi z vdiranjem mrzlega zimskega zraka v jamo ter tako z zmrzovanjem vlage v njej. Razpoke in lezike pa širi tudi prenikajoča voda.

OBLIKE, KI SO NASTALE ZARADI PRENIKANJA IN POLZENJA VODE

Ponekod je korozijsko agresivna voda razpoke razširila v špranje ali pa so ob njih nastali manjši kanali s premerom do 10 cm, ki se v prečnem prerezu odpirajo v rov, ob stropnih razpokah pa so nastale kotlice. V jamo je prenikalo več vode kot danes, saj so nekatere špranje, večina kotlic in kanalov suhi. Prenikajoča voda je bila večinoma korozijsko agresivna, le v Levem rovu je namreč večja kopa stare sige.

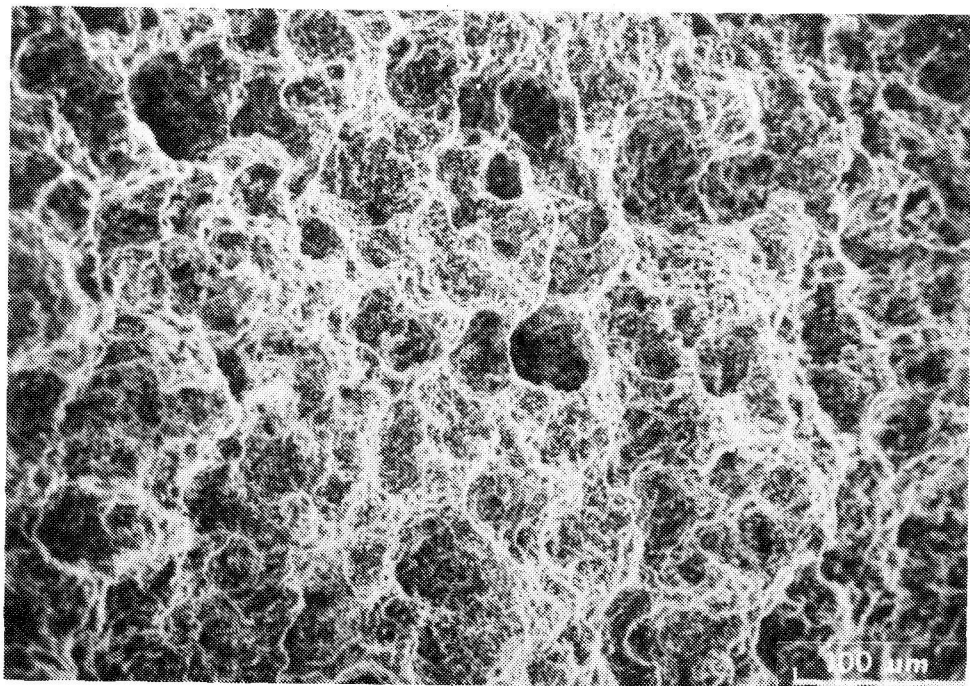


Sl. 6 Stropne konice v Vhodnem rovu

Fig.6 Roof points in Vhodni Rov

Zlasti izrazito je obod preoblikovan v kaminih nad Končno dvorano in v Spodnji dvorani, kjer s stropa skoraj celo leto prši voda in polzi po stenah in dnu. Nastajajo drobne oblike, katerih značilnosti so podrobneje opisane v poglavju o Ledenici na Dolu. Dodal bom le nekaj posebnosti.

Na ravni ploskvi skladovnega odloma apnenčastega stropa so od vhoda pa do roba odloma pri 17 m v notranjosti, nastale stropne konice trikotnega prečnega prereza z nekoliko zaobljenimi vrhovi. Dolge in široke so okoli 5 mm (sl.6). Do 1 mm debela preperela skalna površina je drobno hrapava in krhka. Površina kamnine je dokaj enakomerno

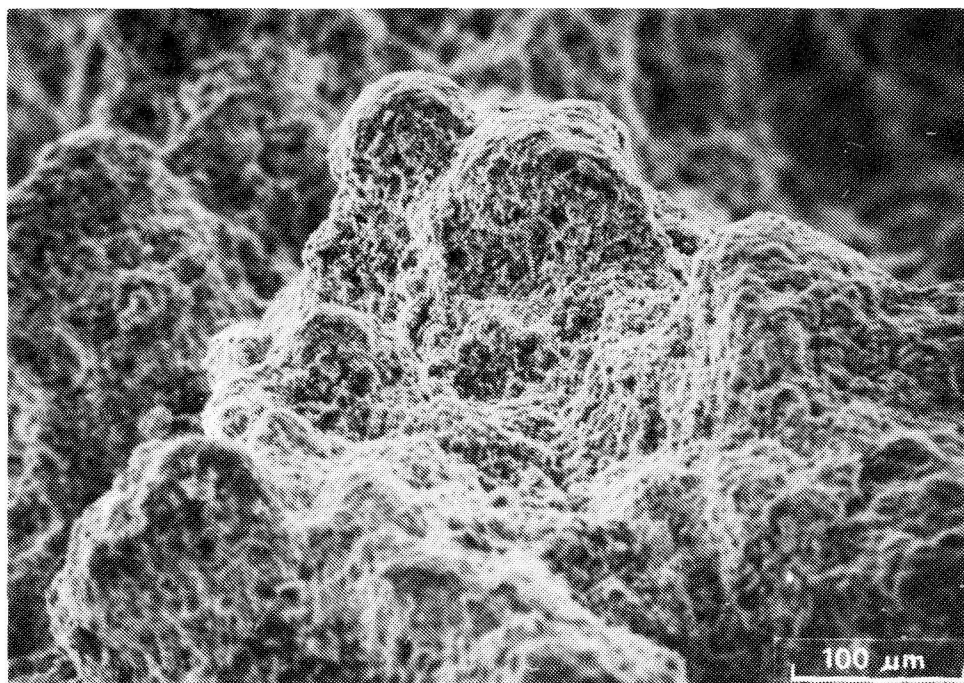


Sl. 7 Razjedena skalna površina med konicami

Fig.7 Dissolved rocky surface among points

prevlečena s filmom vlage, le na konicah so posamezne kapljice. Pod vrstičnim mikroskopom sem razložil različno razjedenost površja konic in vmesnih vdolbin. Razjede v vdolbinah so večje in globlje (sl.7), na konicah pa manjše (sl.8). Med luknjičastimi razjedami so razčlenjene, navzdol usmerjene štrline. Konice nastanejo zaradi neenakomernega raztapljanja nehomogene kamnine pod tankim filmom prenikajoče vode, ki se razliva po stropu. Voda se zbira na delcih kamnine, ki štrlijo iz stropa. Ker pa je ta voda že manj agresivna, se razlika med konicami ter vmesnimi vdolbinicami še povečuje. Tudi manjše štrline na skalni površini so slabše topni in netopni preostanek kamnine, ki deloma zavira nadaljnje razjedanje.

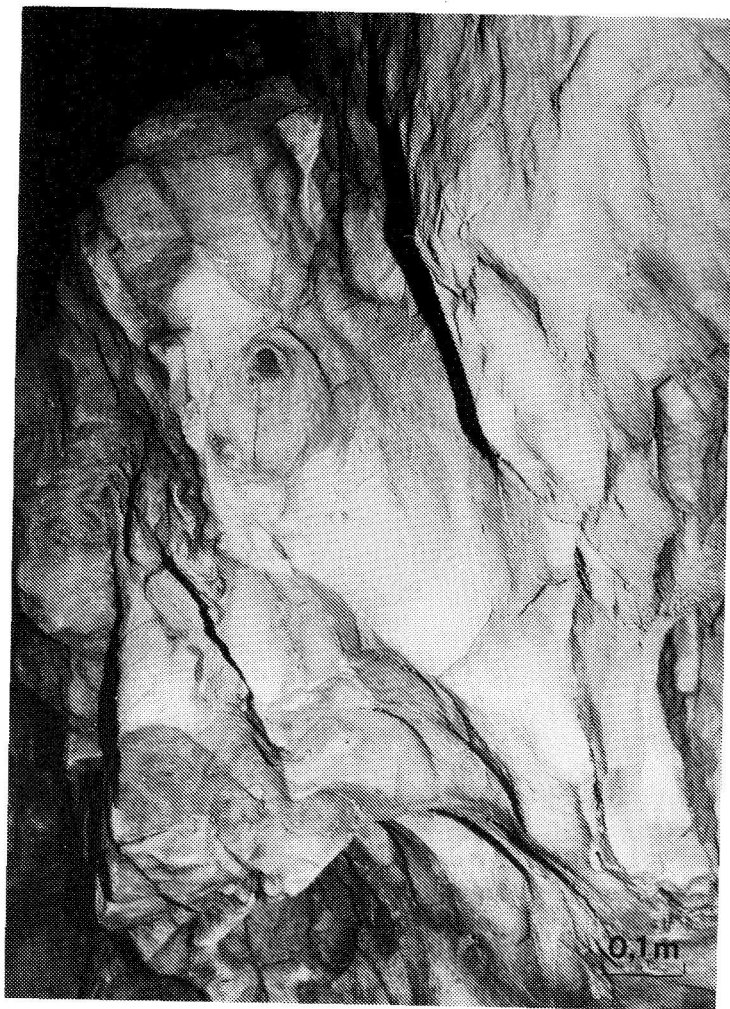
Na stropu spodnjega dela Desnega rova in v skladu apnenca, ki štrli iz stene v zgornjem delu Desnega rova (sl.9) so nastale stropne kotlice. Kotlice na obodu zgornjega dela Desnega rova so pokončnih zvonastih oblik s premerom odprtine od 0,1 do 0,15 m in globoke 0,15 m. Obod kotlic je gladek, na njihovem dnu pa se odpira majhen dotočni kanal s premerom 10 mm. S površja prenikajoča voda, ki se zbira na položnem skladu apnenca, si je utrla pot skozi drobne razpoke, ob katerih si je izdoblila prevodne kanalčke in tako na spodnjem delu sklada nastajajo kotlice. Voda, ki penika skozi majhne kanale ob razpoki, se, ko deseže rov, razleze po skalni površini. Večja vodna površina omogoči



Sl. 8 Površina stropnih konic

Fig.8 The surface of roof points

enaki vodni količini večji korozijski izkoristek, lahko pa voda tudi prevzema CO_2 iz zraka, seveda, če je ta koncentracija večja od tiste v vodi. Ob razpoki navzgor začne rasti kotlica (W. H. Franke, 1975). Os kotlice je zaradi težnostnega oblivanja vode navpična. Na nagnjenem stropu je kotlica v smeri nagiba podaljšana in se plitkeje izklini kot zgornja polovica. Gladka površina kotlice je posledica načina oblivanja kotlice z večjo količino vode. Ker se voda težnostno zbira na štrlečih delcih kamnine, so ti podvrženi hitrejši koroziji. Franke je ugotovil, da je premer kotlic sorazmeren s količino prenikajoče vode. Z večjim dotokom se premer poveča, z večjo korozijsko močjo vode pa se zmanjša in kotlica se hitreje pogloblja. Je pa ob določeni količini prenikajoče vode premer kotlice omejen. Za nastanek kotlice je potreben skoncentriran dotok vode, čeprav je kotlica lahko tudi sestavljena, ko je dotokov vode več. Ker imajo kotlice v jami majhne premere in so globoke, lahko sklepamo, da jih je oblikovala korozijsko dokaj agresivna prenikajoča voda.



Sl. 9 Stropne kotlice v Desnem rovu

Fig.9 Roof solution cups in Desni Rov

Laboratorijski poskusi oblikovanja stropnih kotlic v mavcu

Skozi navpične kanalčke, ki so imeli premer 1,5 mm, se je iz vdolbine na vrhu mavčne kocke z ravnim dnom pretakala voda. Že po dveh urah je nastala vdolbinica, katere premer zunanjega roba je meril 50 mm, globoka pa je bila 2 mm. Čez uro se je poglobila še za milimeter, premer pa je ostal enak. Začel pa se je širiti dotočni kanal in z večjim pretokom se je vdolbinica poglobljala le še ob ustju, kjer je nastalo 2 mm široko in

3 mm globoko konkavno dno. Ker pa je mavec hitro topljiv (1,4 gr na liter), se je kanal hitro razširil, tok se je iz prvotnega laminarnega spremenil v turbulentnega in v kanalu so začele nastajati vdolbinice.

Da bi preprečili hitro širjenje kanalov, smo pri ostalih poskusih zmanjšali dotok vode. Mavec smo prekrili s spužvo, iz katere je enakomerno pronicala voda v kanal. Ob ustju so se razlivala posamezne kaplje. Nastala je vdolbinica, ki se je enakomerno širila in poglobljala. Po dveh dneh, ko smo poskus prekinili zaradi razširitve kanala, je bila vdolbinica široka 25 mm, globoka pa 7 mm. Opaziti pa je tudi počasno širjenje vdolbinice na 50 mm pas okoli nje (sl.10). Površina vdolbinice je gladka, obrobni pas, kjer se je vdolbinica šele začela oblikovati, pa je še hrapava.



Sl. 10 Stropna vdolbinica v mavcu

Fig.10 Roof notches in plaster

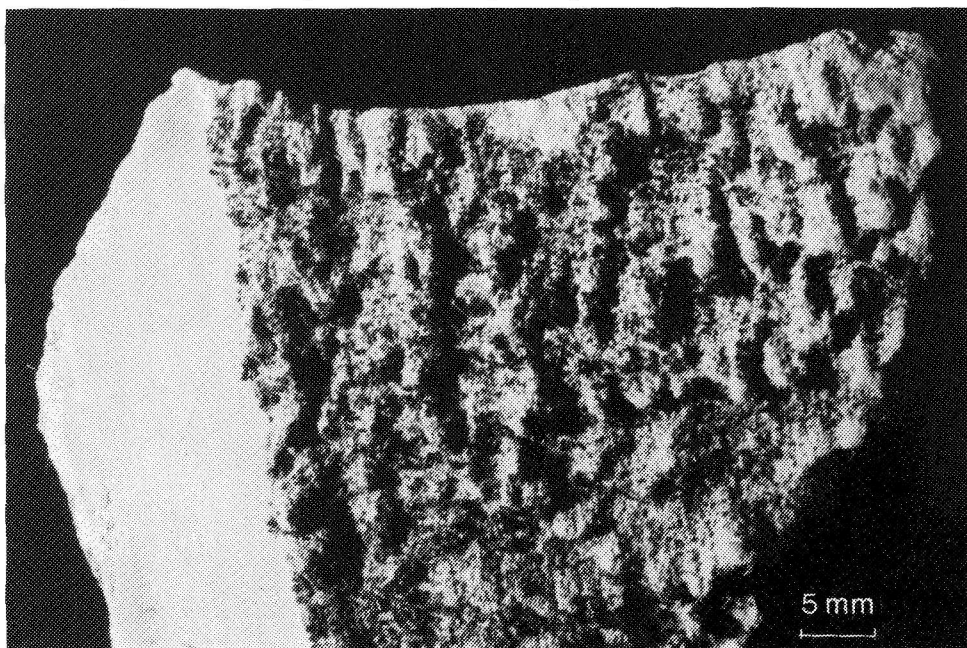
Največja težava pri poskusih v mavcu je njegova prehitra topljivost, ki onemogoča nastanek večjih vdolbinic ali kotlic, saj se dotočni kanali prehitro razširijo. Potrdili pa smo možnost nastanka stropnih kotlic, ki jih oblikuje prenikajoča voda.

KONDENZNA KOROZIJA NA SKALNEM OBODU

Večina površja skalnega oboda, ki ni preoblikovano z najmlajšim razpadanjem in polzenjem agresivne vode, je preperela. Apnenec je 1,5 mm debelo, dokaj enotno preperel in razčlenjen z luknjičastimi razjedami (T. Slabe, 1988, 88). Korozijska je raztopila hitre-

je topno mikritno kamnino. Ponekod je površina preprejena z drobnimi kalcitnimi žilicami, ki štrlijo do 1 mm iznad ostale površine, so torej počasneje topljive kot biomikritni apnenec. Preperela površina kamnine je krhka in ko je vlažna, se ob dotiku njena oblika razmaže. Dolomitna kamnina ima le nekaj desetink mm debelo, manj izrazito preperelo površino. Iz drobnozrnatega dolomita štrlijo redki večji kristali.

Kondenzacija je šibka in vlage je premalo, da bi spirala raztopljenno kamnino. Manj topni in netopni deli kamnine ovirajo hitrejšo korozijo. Ko je kamnina suha, površina deloma kristalizira. Apnenec je hitreje topljiv kot dolomit. Kljub majhni kondenzaciji pa je korozija dovolj učinkovita, da je zaoblila tanke, iz oboda štrleče dele površja. Tako so zaobljene tanke stene med kotlicami, v katerih ni več sprijetega sedimenta, in robovi odlomov apnenca. Dolomit je večinoma hitreje krušljiv.

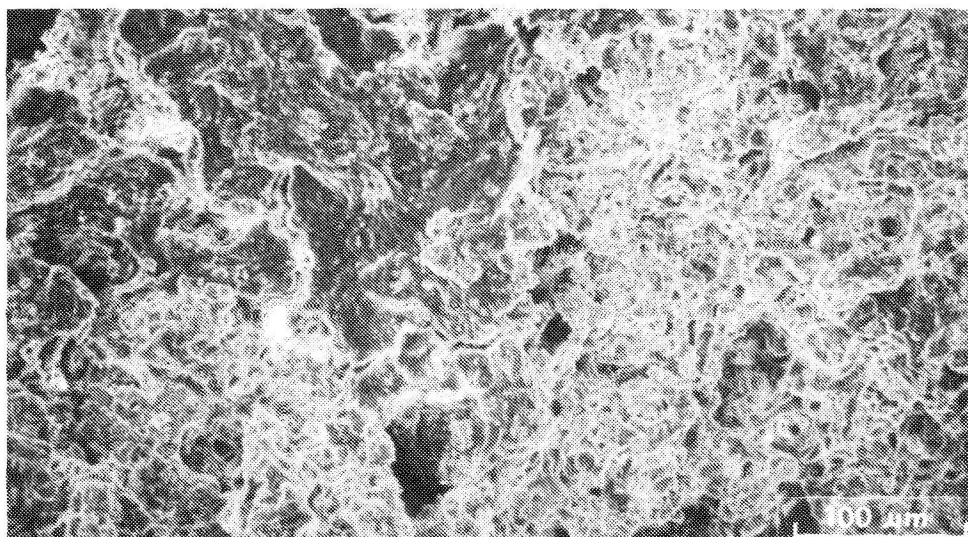


Sl. 11 Biogene razjede v steni v vhodnem delu jame

Fig.11 Biogenic burrows in the wall of the cave's entrance part

BIOGENA KOROZIJA

Deli površja sten v prvih metrih Vhodnega rova, ki so obrnjeni proti izhodu in tako najbolj osvetljeni, so poraščeni z lišaji. Pod lišaji je skalna površina 2 mm debelo preperela in oblikovana v luskinasto se prekrivajoče, proti izhodu usmerjene štrline (sl.11). V majhnih luknjičastih razjedah med štrlinami so lišaji, ki so ponekod skozi štrline izjedli



Sl. 12 Temne lise lišajev, ki so zajedeni v biomikritni apnenec

Fig.12 Dark spots of lichens in biomicritic limestone

Tabela 1: Skalne oblike v Volčji jami

		FREATIČNA CONA	VADOZNA CONA
K	vodnega toka	niše, kotlice	
O	podsed.		kotlice
R	prenik. v.		kanali, kotlice
Z	polzeče v.		žlebiči, stropne konice
I	kondenzna		preperela skalna površina
J	biogena		razjede pod lišaji
A			
RAZPAD			odlomki, odkruški, podor, lečasto porušene cone

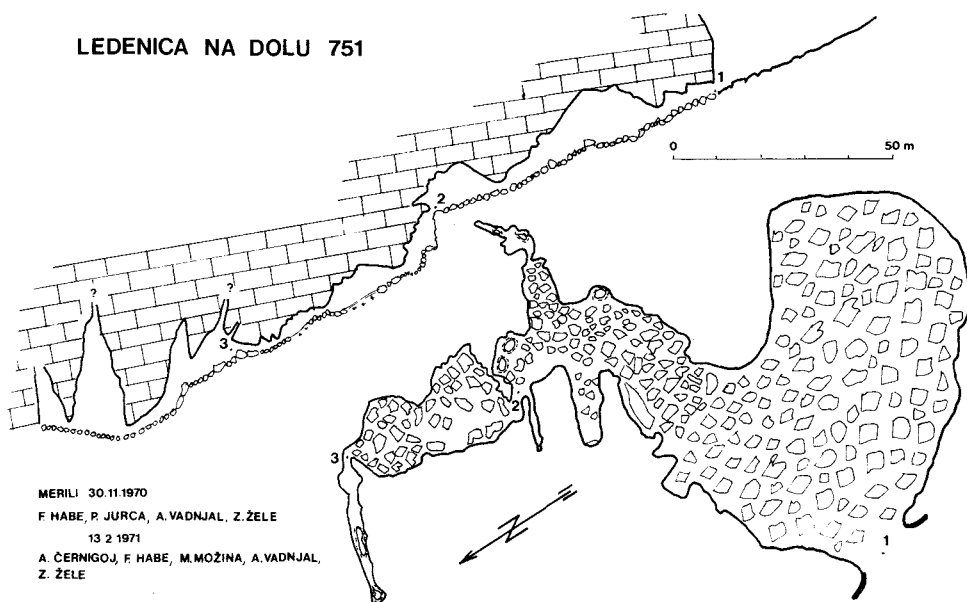
tudi kanalčke (sl.12). Pod povečevalno lupo so bile jasno razvidne majhne kroglice, v katerih je bila tekočina, ki je v suhem prostoru počasi izhlapela.

Predpostavljam, da pospešuje korcizio prav tekočina v lišajih na prisojnih delih neravne površine stene, čeprav njenih kemičnih lastnosti nisem ugotavljal.

LEDENICA NA DOLU IN SKALNE OBLIKE V NJEJ

Jama (sl.13) leži na Trnovskem gozdu, severovzhodno od Predmeje (X= 5090400, Y=5414200) v nadmorski višini 995 m. Vhod v jamo se odpira na dnu vzhodnega pobočja vrtače.

Jama in kras v okolici sta nastala v belih in sivih oolitnih jurskih apnencih, v katerih so litiotide in megalodontide (Osnovna geološka karta SFRJ, Gorica 1:100 000, Zvezni geološki zavod, Bg. 1968). 80 m globoka jama z 250 m rovov je nastala ob enotni prelomni coni, ki vpada proti severovzhodu z naklonom 35° . Skladi apnenca, ki vpadajo z naklonom 10° in smerjo 320° , so pretrti s pokončnimi prelomi in razpokami, ki so jasno opazni v jamskem stropu in zlasti ob prelomnih zrcalih.



Sl. 13 Načrt Ledenice na Dolu

Fig.13 The survey of Ledenica na Dolu

Jama se torej postopoma pogloblja proti severovzhodu in se z ozkimi odseki ob izrazitejših prelomih in razpokah širi proti severozahodu ter jugovzhodu. Za vhodom se jama odpre v 50 m dolgo, 75 m široko in do 15 m visoko dvorano, ki se nadaljuje s 35 m dolgim in 15 m širokim rovom in se zaključi z 10 m globokim breznom. V nadaljevanju pa se postopoma poglobi še za 40 m. Ob razpokah se nad rovi dvigujejo izraziti, do 40 m visoki kamini, ki ponekod segajo skoraj do površja, s katerega prenika voda v jamo. Po kaminu v dnu jame pada v času topljenja snega ali močnega dežja slap s pretokom 30 litrov na sekundo. Skalni obod jame je večinoma podorno preoblikovan, le kjer skozi razpoke prenika voda, so v stenah sledi njenega polzenja. Sledi zapolnitve jame z drobnnozrnatim sedimentom pa so skoraj že povsem zabrisane.

O klimatskih značilnosti jame nam govori že samo ime, potrdijo pa merjenja temperature in opazovanja ledu v jami. Temperatura se znižuje od vhoda proti dnu. Od decembra do maja so temperature v srednjem delu jame, pri breznu, malo pod ničlo: 13.2.= -1,4°C, 3.4.= -0,2°C, nato pa 21.6.= 0,5°C, 5.9.= 1,6°C in 29.11.= 0,2°C. Ledeni kapniki in stenske obloge, ki nastanejo z zmrzovanjem penikajoče vode, se v jami obdržijo do konca poletja, ponekod pa so plošče ledu na tleh tudi celo leto. Lega v dnu vrtače omogoči zimsko vdiranje mrzlega zraka v jamo. Ker pa je zračna cirkulacija šibka, se hlad zadržuje v jami preko celega leta. Nekoliko pa se zrak v jami segreva s toplejšo vodo, ki prenika s površja.

OBLIKE, KI SO NASTALE OB STIKU Z DROBNOZRNATIM SEDIMENTOM (tabela 2)

Del vzhodne stene v začetku spodnje tretjine jame je značilno prepreden z ozkimi, med seboj gosto prepletenimi podsedimentnimi kanali okroglih ali ovalnih prečnih prerezov, s premerom do 50 mm. Nagnjeni so v različnih smereh in naklonih, prevladuje pa usmerjenost navzdol. Kamnina, v kateri so nastali, je drobno pokončno razpokana. V kanalih je ohranjeno še nekaj ilovice in ponekod, kjer je ostalo več sedimenta, je pretežno karbonatni sediment kristaliziral in se sprijel s steno. Oblikovanost stene spominja na podtalne skalne luknje (I. Gams, 1971, 29).

Jama je bila zapolnjena z drobnnozrnatim sedimentom in ob stiku z njim ter steno se je navzdol precejela voda. Voda je raztapljala kamnino ob drobnih razpokah in nanašala v špranje sediment, ob katerem je enakomerno razporejena korozija povzročila nastanek gladkih sten kanalov.

Sediment je bil nato izpran iz jame in ker ta del jame ni bil kasneje preoblikovan s podori ali s korozijsko agresivno penikajočo vodo, so se podsedimentne oblike ohranile kot najstarejša sled jamskega razvoja. Na skalnem obodu pa je ostalo tudi nekaj stare sige iz obdobja, ko je bil sediment že odnesen iz jame.

RAZPADANJE IN PODIRANJE SKALNEGA OBODA

Na skalnem obodu lahko po vsej jami sledimo pokončnim prelomom in razpokam. Močna pretrost, prenikanje korozijsko agresivne vode in pogosto zmrzovanje vlage povzročajo razpadanje kamnine in ob razpokah in prelomih je skalni obod zato oblikovan z odlomi.

Tudi na dnu jame, pod visokimi kamini, so na stenah jasno razvidni očrti prelomov. Med razpotegnjeno valovitimi prelomnimi ploskvami, ki so razmaknjene meter pa tudi več, je drobno zdrobljena kamnina (sl.14). Kjer je kamnina odstranjena, so na stenah razgaljena prelomna zrcala. Ob prelomih so se skladi premaknili tudi več metrov. Kjer so valovite prelomne ploskve širše razmaknjene, so rovi razširjeni, saj kamnina hitreje razpada. Smeri premaknitev ob prelomih moremo razbrati iz tektonskih drs, ki so dobro ohranjene na nekaterih prelomnih zrcalih.



Sl. 14 Pretarta kamnina ob prelomu

Fig.14 Crushed rock along the fault

Stene kamina v spodnjem delu jame ponekod prekriva breča. Verjetno je to sprijet ostanek ob prelomu pretarte kamnine. Večje in manjše kose kamnine danes izpira po stenah polzeča voda. Nastanek večjih kaminov je povezan predvsem z odstranjevanjem ob prelomih pretre kamnine.

SLEDI POLZENJA KOROZIJSKO AGRESIVNE VODE PO STENAH KAMINA

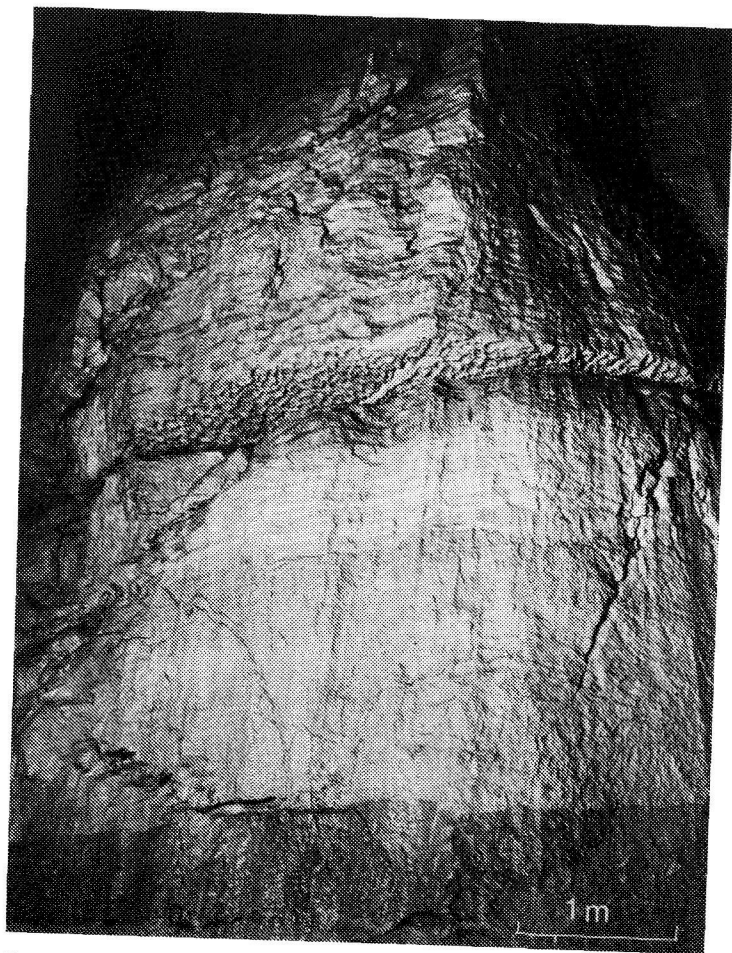
Na sredini jame se proti jugovzhodu odpira ozek prehod v rov, ki se končuje s kaminom. Spodnji del kamina se meandrasto, poprečno meter široko zajeda 5 m globoko v steno rova in seka sklade kamnine. Visok je 20 m, na vrhu pa zaprt z zagozdenim podornim skalovjem. Kamin je del jamskega sistema, ki je nastal z navpičnim prenikanjem korozivno agresivne vode. Voda je naletela na neprepustno podlago v izklinjeni razpoki in si nato z meandrom utrla nadaljnjo pot. S postopnim zajedanjem v kamnino se



Sl. 15 Vdolbinice v previsni steni
Fig.15 Notches in overhung wall

kamin širi in pogloblja, danes zlasti v notranjem delu. Velik del kamina je namreč prekrit s sigastim oprhom. Vendar je pod tankim oprhom moč zaznati oblikovanost skalnega površja. Curek vode se torej prestavlja v notranjost ali pa se je potem, ko je bil ves kamin prevlečen z oprhom, obnovil le curek vode v notranjosti in na začetku kamina. V hladni polovici leta stene kamina prekrije led, ki se poleti topi, na dnu pa se zadrži do zgodnje jeseni. Gole stene nam takrat odkrijejo značilne oblike, ki nastanejo zaradi polzenja korozijsko agresivne vode.

Pri podrobnejšem opazovanju sem ugotovil zvezo med sestavo, skladovitostjo in razpakanostjo kamnine, nagibom stene ter oblikami v steni. Zato sem skartiral spodnji trimetrski pas stene kamina (sl.18, 19, 20), kjer je že večina značilnih oblik.



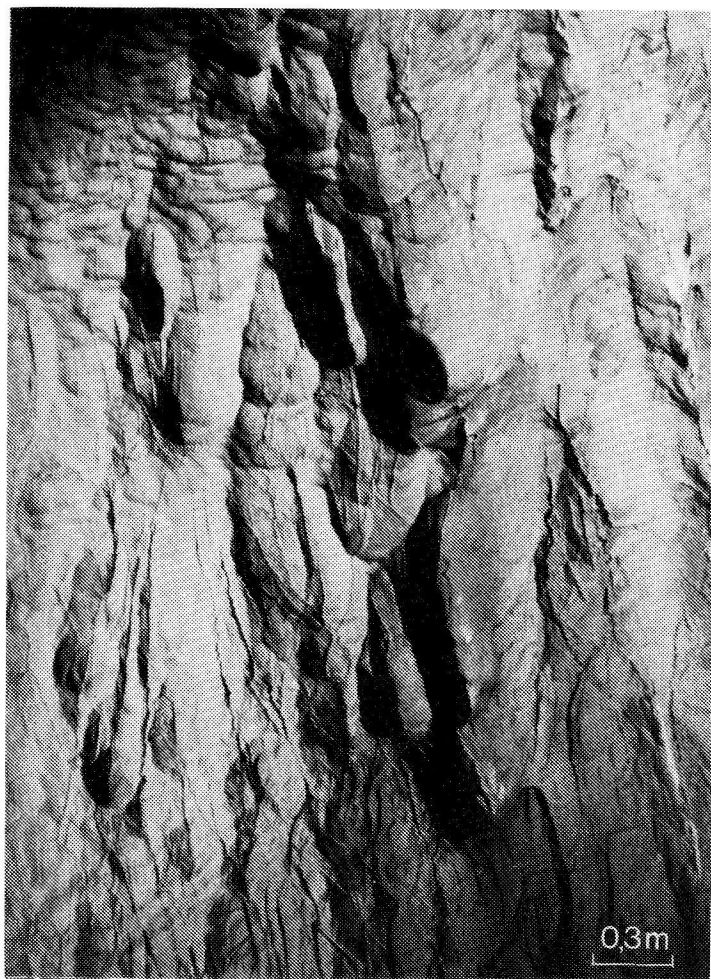
Sl. 16 Stropne konice

Fig.16 Roof points

a.) V navpični steni nastanejo 10-30 mm dolge, 5 mm široke in prav toliko globoke podolgovate vdolbinice. Ker se voda na navpičnih nehomogenih stenah začne združevati v tokove, so vdolbinice razporejene v navpične vrste (sl.18, 19, 20). Vdolbinice torej oblikuje polzenje vode, ki polzi preko nehomogene kamnine z manj topnimi delci fosilov, ki so se ohranili kot robovi. Na podobnost oblik pa vpliva tudi hitrost in količina vode.

Na severni navpični steni, kjer je kamnina bolj homogena, je skalno površje skorajda enakomerno navpično in gladko.

b.) V previsni steni, z naklonom od 90 do - 30°, so plitke vdolbinice nepravilnih oblik (sl.15, 18, 19, 20). Premer največjih je do 30 mm, globoke pa so 10 mm. Povezane



Sl. 17 Vdolbinice v razpokani steni

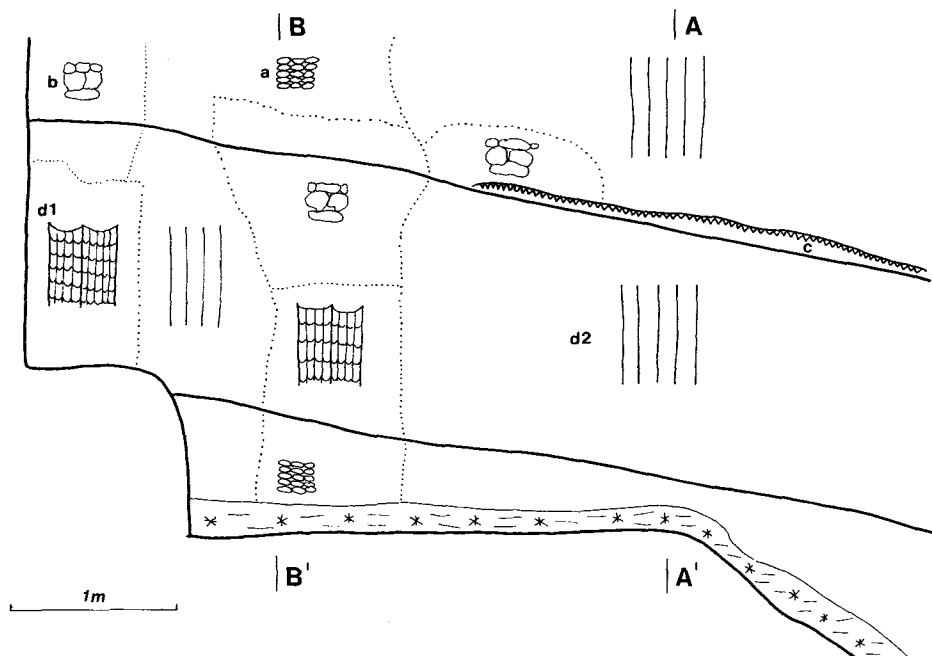
Fig.17 Notches in fissured wall

so v mrežo. V delih stene z manjšim naklonom so večje vdolbinice, ki se na spodnji strani izklinjajo s položnejšim robom, v steni z večjim naklonom pa so vdolbinice manjše, robovi so zlasti na križišču treh bolj poudarjeni.

Njih nastanek je posledica načina oblikovanja prvisne nehomogene kamnine. Voda se po previsni površini preliva zaradi privlačnosti s steno in zato polzi dokaj enakomerno po vsej površini. Ovire predstavljajo štrleči deli, iz katerih voda tudi kaplja s stene. Majhne vdolbinice z izrazitejšimi robovi so že prehodna oblika k stropnim konicam.

c.) Na stropu, v tem primeru v zgornjem skladu zajede ob leziki, so nastale stropne konice (sl.16, 18, 20). Povsem so podobne tistim, ki sem jih podrobneje predstavil pri opisu oblik v Volčji jami.

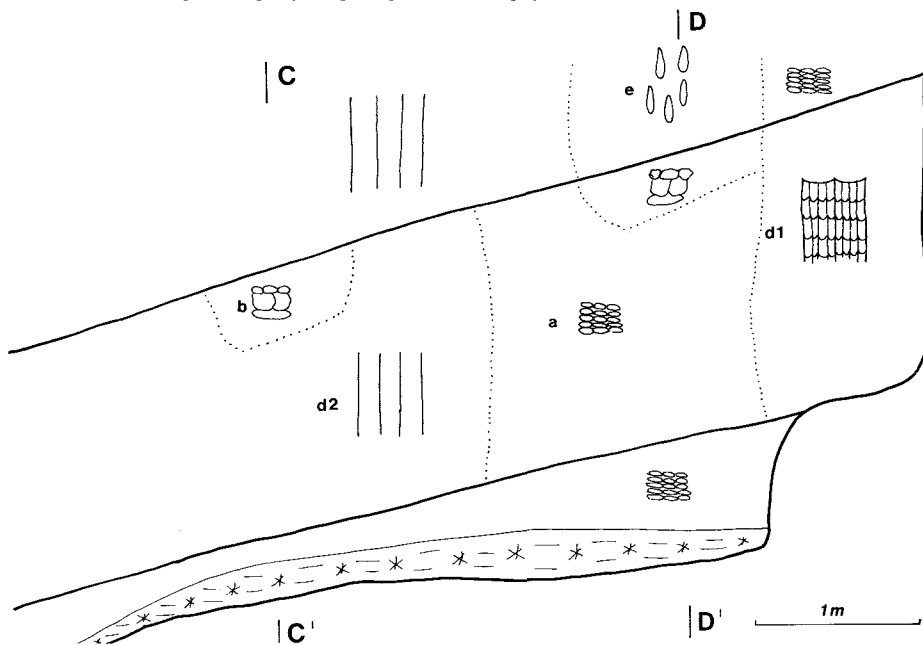
d.) V nagnjeni steni so nastali žlebiči. V malo nagnjeni pokončni steni so žlebiči široki do 10 mm in globoki 10 mm (sl.18, 19, 20, d₁). Prečni prerezi žlebičev so polkrožni, kar je posledica turbulentnega polzenja zaradi hrapavosti in nagiba kamnine, podolžni prerezi pa so zaradi vmesnih, manj topnih delov kamnine valoviti. Oblika je torej podobna vdolbinicam v navpični steni, le da tokrat prevladuje zaradi nagiba stene gravitacijsko vrezovanje v žlebiče. Voda se torej na položni nehomogeni kamnini združuje v tokove. Več žlebičev je združenih v žleb, širok do 5 cm, ločen od drugih z izrazitejšima robovoma. Začetki žlebov so polkrožno lijakasti.



Sl. 18 Jugovzhodna stena kamina (označbe so poglavja v besedilu)

Fig.18 Southeastern wall of the chimney (the marks present the chapters in text)

V steni z večjim naklonom pa so vrezani globlji žlebiči (sl.18, 19, 20, d₂). Bolj je stena položna, globlji so v prečnem prerezu. Tako največji žlebiči dosežejo globino 10 cm in širino 7 cm na vrhu odprtine. Tudi dno večjih žlebičev je polkrožno, kar je posledica turboletnega polzenja po nehomogeni kamnini. Razporeditev žlebičev je ponekod vezana tudi na drobne razpoke, ki prepredajo steno in ki tudi povzročajo nastanek ožjih in globljih žlebičev V prečnega prereza. Hkrati pa je hitrejšo vrezovanje posledica večje količine zbrane vode, ki je bila prej razporejena na večji površini.



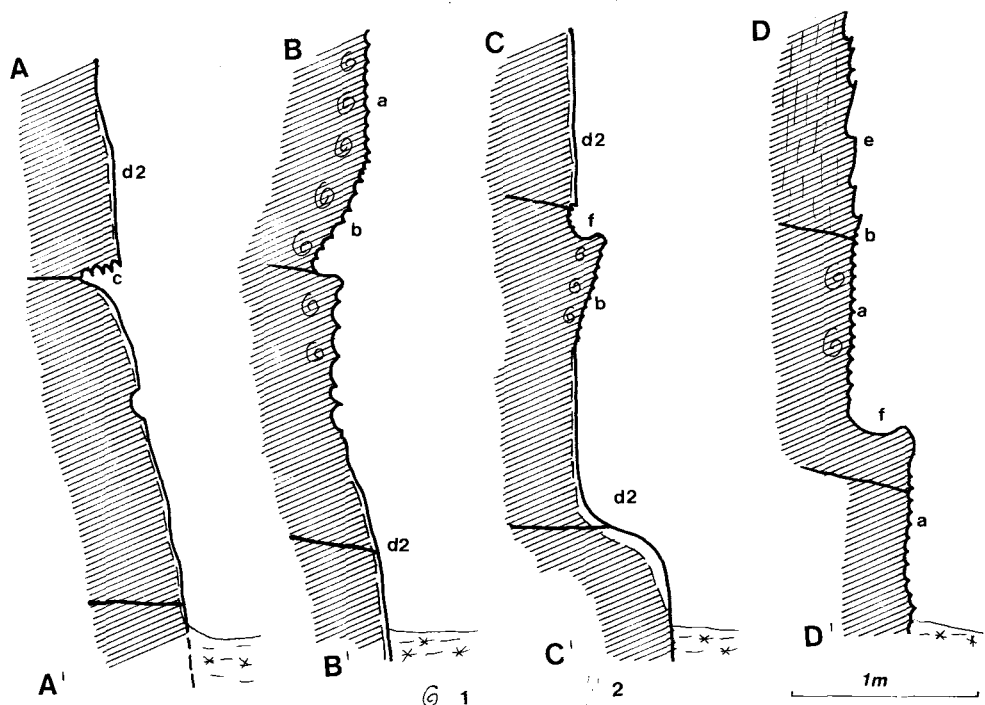
Sl. 19 Severozahodna stena kamina (označbe so poglavja v besedilu)

Fig.19 Northwestern wall of the chimney (the marks present the chapters in text)

Žlebiči, ki so v spodnjih položnih odsekih stene, so globlji in širši, saj so del leta prekriti tudi z ledom in ko se ta topi, se celotna površina napaja z vodo. S točkovnim dotokom vode v žlebič določene širine, bi se ta glede na količino vode in strukturo kamnine, le še poglobljaj.

e. V nagnjeni steni z naklonom okoli 80°, ki je gosto prepredena z drobnimi pokončnimi razpokami, so vdolbinice polkotličastih oblik (sl.17, 19, 20). Premer okroglih prečnih prerezov meri od 10 - 30 mm. Voda, ki se steka proti vdolbinicam, se ob rapokah hitreje zajeda. Na površini, na kateri bi pričakovali žlebiče, se zaradi značilne razpokanosti voda ponekod hitreje točkovno vreže v steno.

V skorajda vodoravnih ali le malo nagnjenih odsekih spodnjega sklada kamnine, ki je nekoliko pomaknjen iz stene navzven, so nastale večje in plitke kotlice (sl.20). Njih premer meri do 10 cm in so do 20 mm globoke. Na odtočni strani so široko odprte.



Sl. 20 Prerezi sten kamina: 1. drobno razpokana kamnina, 2. fosili v kamnini
 Fig.20 Cross section of chimney's wall: 1. thin fissured rock, 2. fossils in rock

V prelomnih, ponavadi pokončnih conah, kjer je kamnina najbolj drobno pretrta s pokončnimi razpokami in se zato tudi kruši, so zaradi polzeče vode nastali na navpični in previsni steni ozki drobno nazobčani roglji, štrleči iz sten.

Različni nakloni odsekov sten kamina in oblikovanost njih površja so posledica polzenja majhnih količin korozivno agresivne vode po skladoviti in ponekod drobno razpokani kamnini različne sestave ter tako tudi različne topljivosti.

Polzenje po malo nagnjenem stropu je mogoče le do določene razdalje od točke dotoka, nato pa voda kaplja s stropnih konic. Oblivanje previsne stene manjšega naklona je vse do navpične površine dokaj enakomerno. Na nagnjenih odsekih se voda združuje v tokove. Nastajajo žlebiči, ki so na površinah z manjšim naklonom redkejši in globlji. Na vodoravni ali le malo nagnjeni površini se voda zbira in preliva skozi plitke kotlice.

Na odseku dokaj homogene kamnine pa je površina skorajda navpična in gladka. Torej je za oblikovanje površja sten, poleg načina dotoka vode, ki je lahko enakomeren po vsej površini ali pa zbran v tok, odločilna predvsem nehomogenost in razpokanost kamnine. Po stenah brezen se tanka plast vode pretaka v superkritičnem laminarnem

režimu s hitrostjo 0,3 - 2 m na sekundo, kar povzroči nastanek navpičnih sten. Če pa vodna količina naraste, se delci odlepijo od sten v majhne slapove, kar še poveča hitrost vode, ki doseže superkritični turbulentni režim. Tako se še hitreje oblikujejo navpične stene, saj ob ovirah nastajajo hidravlični skoki, ki povzročijo erozijo (W.B. White, 1988, 168, 297). Potrebno bi bilo določiti tudi korozijsko moč vode po različnih delih stene. Tudi zaradi tega, ker je kamin spodaj ožji, domnevam, da korozijska moč vode navzdol pojema. Lahko pa je oblika le posledica izpiranja kamnine ob lečasto porušeni coni.

Stene kamina prek polovice leta obdaja ledena skorja. Mislim pa, da na samo oblikovanje skalnega površja led ne vpliva veliko, namreč, površje bi naj bilo pod ledom gladko, kot je to primer pri subkutani koroziji. Zmrzovanje vode povzroča vdori mrzlega zraka s površja v jamo, ki ohladijo tudi površinsko plast stene. Ledena obloga se najprej stopi na stiku s steno in tako le kratek čas napaja polzečo vodo.

Na dnu kamina je v spodnjem delu jame nastala erozijska kotlica. Dolga je 0,35 m in široka 0,25 m, na najglobljem delu pa doseže 0,2 m. Oblika nas navaja k sklepu, da je kotlica sestavljena pravzaprav iz dveh manjših. V najglobljem delu kotlice je prod. Večji prodniki, ki imajo 50 mm premera, prekrivajo manjše prodnike in pesek. V robnem, najožjem delu kamina nastane ob steni v času topljenja snega in ob izdatnejšem deževju vodni slap s pretokom okoli 30 litrov na sekundo, v sušnem obdobju pa po stenah polzi le malo vode. Kotlica je večja na strani, ki je odmaknjena od stene, to je tam, kjer pada največja količina vode, in manjša, kjer jo dosežejo manjše količine vode.

Za nastanek in oblikovanje kotlice je poleg povečane korozijske moči vode zaradi vrtinčenja in s tem sproščanja CO_2 , pomembna tudi moč dolbljenja s prodniki, ki nastanejo iz podorne kamnine, ki jo prinese voda.

Trdota vode in njena korozijska aktivnost v vzorcih polzeče vode in ledu

Vzorcu polzeče vode, ki sem jo zajel na steni nad erozijsko kotlico v spodnjem delu jame, smo v laboratoriju določili količino karbonatov in korozijsko sposobnost. Vodo sem zajel na sredini stene, kjer je polzela po korozijskih vdolbinicah in sicer v času, ko je bila količina vode majhna (oktober). Vsebovala je 95 mg CaCO_3 na liter. Skoraj enako količino 96 mg CaCO_3 na liter pa je vsebovala voda tudi potem, ko smo v njej raztapljali dodatni kalcijev karbonat (pro analysi). Voda ima torej nizko karbonatno trdoto, čeprav je skorajda nasičena ali pa je še ravno na meji korozijske aktivnosti. Domnevam, da so za oblikovanje sten pomembnejše večje količine polzeče vode, ki hitreje priteče s površja in voda, ki se izceja iz ledu, ko se topi.

Enako smo določili karbonatno trdoto v ledu, ki je prekrival tla spodnjega dela jame. Voda iz ledu ima še precej nižjo karbonatno trdoto. V vzorcu sem določil 18 mg CaCO_3 na liter, ko pa se je v vodi raztapljal še dodaten kalcijev karbonat se je trdota povečala na 22 mg CaCO_3 na liter, kar je lahko posledica sprejemanja CO_2 pri zmrzovanju. Led pa ni bil povsem čist, saj se pri počasnem zmrzovanju v njem nakopiči tudi

stenski odkruški. Kaže, da trditev, da se pri zmrzovanju iz vode izločajo karbonati, drži in da pri topljenju korozijsko aktivnost poveča tudi CO_2 , ki ga led prejme iz zraka.

Tabela 2: Skalne oblike v Ledenici na Dolu

		VADOZNA CONA
K O R O Z I J A	podsedimentna	kanali
	polzeče vode	vdolbinice, stropne konice, žlebiči, kotlice
KOROZIJA IN EROZIJA		erozijska kotlica
RAZPADANJE IN PODIRANJE		odkruški, odlomi, podori

SKLEP

Po skalnih oblikah v Volčji jami lahko sklepamo, da je jama nastala v zaliti coni, nato pa je bila zapolnjena z drobnnozrnato naplavino. Sledi prvotnega oblikovanja Ledenice na Dolu ni več. Ohranjeni pa so znaki obdobja, ko je bila jama preoblikovana s korozijo ob stiku z drobnnozrnato zapolnitvijo.

Tako zalita cona kot poplavne zapolnitve jam so značilnosti oblikovanja nižinskega kraškega območja. Medtem ko so sledi poplavnih zapolnitev jam v nižjih pretočnih kraških predelih mlajšega porekla, predpostavljamo, da iz konca würma in začetka holocena, pa sta bili proučevani jami prav gotovo zapolnjeni že prej, verjetno v začetku kvartarja. Sediment, katerega ostanke najdemo v Volčji jami, je kot kaže, nastal zaradi preperevanja površja v enem izmed klimatsko toplih obdobj, verjetno v starejšem pleistocenskem interglacialu. V humidnem obdobju pa je voda z njim zapolnila jamo. R. Gospodarič (1985, 27) ugotavlja, da je bil drobnnozrnata naplavina nanescena v jame ponavadi v humidni hladni klimi.

Tektonsko dvigovanje ozemlja in nižanje obrobnih dolin pa je nato omogočilo globinsko zakrasevanje. Naplavina je bila zato odnesena iz jame predvsem zaradi počasnega izpiranja s prenikajočo vodo, ki je še danes eden najpomembnejših procesov oblikovanja višje ležečih jam. Kjer v Ledenico na Dolu prenika večja količina korozijsko agresivne vode s površja, so nastali kamini ali pa je odlomna površina značilno preoblikovana s

sledmi prenikanja, polzenja in kapljanja vode. V Volčji jami je količina prenikajoče vode majhna in voda razpršeno penika skozi plitki pokrov nad jamo, zato so njeni učinki na oblikovanost skalnega oboda razmeroma majhni. Stenski žlebiči, ki so nastali na položni ploskvi sklada kamnine in iz katerih štrli manj topna sedimentna lutka, kažejo, da je polzeča voda znižala površje za okoli 30 mm. Največji kanali, ki so nastali zaradi prenikanja vode, imajo premere do 150 mm. Tudi kotlice, nastale zaradi prenikanja vode, so večinoma do 150 mm široke. Že v času pretakanja vode po rovih se je skalni obod Volčje jame podiral, najbolj jasni pa so odlomi, ki so nastali po izpraznitvi sedimenta iz jame. S podiranjem skladov stropa sta se jami približali znižanemu površju, in drugotna vhoda sta ju klimatsko povezala z zunanostjo, kar je še pospešilo razpadanje in podiranje pretrtega skalnega oboda. Voda v jami zaradi vdorov mrzlega zraka zmrzuje. Ko se ledena obloga, ki obdaja kamnino, topi, omogoči enakomerno raztapljanje in tako glajenje vodoravnih ali le malo nagnjenih površin. Na pokončnih površinah, kjer se na stiku s steno najprej stopi led, že prevladujejo sledi polzenja vode.

Šibka kondenzna korozija je površino skalnega oboda drobno razjedla. Nekoliko izrazitejše je biogeno razjedanje sten v vhodnih delih Volčje jame.

Tektonika in nižanje obrobni dolin sta torej spremenila kot vse kaže sprva nižinski jami v gorski.

LITERATURA

- Čar, J., 1982: Geološka zgradba požiralnega obrobja Planinskega polja, *Acta carsologica* 10/4, 1981, 78-105, Ljubljana.
- Gams, I., 1971: Podtalne kraške oblike, *Geografski vestnik* 43, 27-45, Ljubljana.
- Gospodarič, R., 1985: O speleogenezi Divaške jame in Trhlovce, *Acta carsologica* 13, 1984, 5-34, Ljubljana.
- Habič, P., 1964: O podzemeljskih ledenikih na Nanosu, *Naše jame* 5/1963, 19-29, Ljubljana.
- Habič, P., 1975: Razlike med alpskim in dinarskim krasom, *Naše jame* 17, 77-84, Ljubljana.
- Habič, P., 1982: Pregledna speleološka karta Slovenije, *Acta carsologica*, 5-22, Ljubljana.
- Jeannel, R. et E.G. Racovitza, 1918: Énumération des grottes visitées 1913-1917, *Archives de zoologie experimental et general*, T.57 F3, 203-470, Paris.
- Lange, A., 1959: Introductory notes on the changing geometry of caves structures, *Cave studies* 1-11, 69-90, San Francisco.
- Slabe, T., 1988: Kondenzna korozija na skalnem obodu Komarjevega rova v Dimnicah, *Acta carsologica* 17, 79-92, Ljubljana.
- White, W.B., 1988: *Geomorphology and Hydrology of Karst Terrains*, New York Oxford.
- Zupan, N., 1990: Izvor in mineralna sestava jamskih peskov in ilovic, Magistrska naloga, FNT, *Geologija* Ljubljana.

ROCKY FEATURES IN TWO POLYGENETIC CAVES OF HIGH KARST

Summary

Volčja jama (1055 m a.s.l.) and Ledenica na Dolu (955 m a.s.l.) are characteristic polygenetic caves in High Dinaric karst, which is otherwise simple outflow karst area. The potholes, bigger systems of deep potholes with springs, which are siphon-like are characteristic for the area. The ice-caves present a special microclimatical type.

From rocky features in Volčja jama we can deduce that the cave developed in flood zone and was later filled up by fine-grained sediments. There are no traces of original transformation in Ledenica na Dolu left. But there are preserved the signs of period when the cave was transformed by corrosion on the contact with fine-grained sediments.

The flood zone and the flood sediments in the cave present the properties of development in the low karst areas. While the traces of flood sediments in the caves of lower throughflow karst areas are of younger origin, end of Würm, beginning of Holocene supposingly, the studied caves were without doubt filled up earlier, at the beginning of Quaternary probably. The remains of sediment found in Volčja jama evidence the origin because of surface weathering in one of climatically warmer periods, in older Pleistocene Interglacial probably. In humid period the water filled the cave by it. R. Gospodarič (1985, 27) infers that the fine-grained sediments were deposited in the caves during the humid cold climates mostly.

Tectonical uplift of the area and lowering of border valleys later rendered possible the deep karstification. The sediment was washed off the cave by slow washing of percolating water, which is still today one of the most important processes forming higher lying caves. By collapse of hanging-wall the caves approached the lowered surface and secondary entrances climatically connected them to the exterior, accelerating the weathering and collapse of crushed rocky rim. The water in the cave freezes because of cold air irruptions.

As it seems tectonics and lowering of border valleys changed at first low lying caves into mountainous ones.