

**DEJAVNIKI OBLIKOVANJA JAMSKE SKALNE
POVRŠINE**

THE FACTORS INFLUENCING ON THE FORMA-
TION OF THE CAVE ROCKY SURFACE

TADEJ SLABE

Izvleček

UDK 551.442 (497.12)

Slabe, Tadej: Dejavniki oblikovanja jamske skalne površine

Speleogenetski dejavniki, ki oblikujejo skalni relief kraških votlin, se odražajo tudi na njegovi površini. Skalna površina je zato pogosto pomembna sled oblikovanja in razvoja votlin. Vodni tokovi zaradi raztapljanja in mehanskega brušenja kamnine ustvarijo gladko, razeno in obtolčeno površino. Skala je pogosto gladka tudi pod drobnozrnato naplavino, drobno pa jo členi kondenzna vlaga in biogeni dejavniki. Pomembna spoznanja prispeva proučevanje skalne površine s pomočjo elektronskega vrstičnega mikroskopa. Pod velikimi povečavami so površine, ki so pri opazovanju s prostim očesom gladke, lahko raznovrstno, toda značilno drobno hrapave. Takšna je tudi mehansko zglajena površina in skala oblikovana pod drobnozrnato naplavino. Na nehomogeni kamnini je težje razbrati procese njenega oblikovanja. Površina odraža predvsem sestavo kamnine.

Ključne besede: kraška votlina, skalni relief, skalna oblika, skalna površina, Slovenija, kraško ozemlje

Abstract

UDC 551.442 (497.12)

Slabe, Tadej: The factors influencing on the formation of the cave rocky surface

Speleogenetical factors influencing on rocky relief of the karst caverns reflect on its surface too. This is why the rocky surface is frequently an important clue of formation and development of the caves. Water creates either by the dissolution or mechanical polishing smooth, abraded or bruised surface. The rock is frequently smooth below the fine-grained sediments, it is thinly etched by condense humidity or biogenic factors. The study by electronic microscope contributes important knowledge. Aided by great magnifications the surfaces seemingly smooth with a naked eye, are diversely, characteristically etched in detail. Such is also mechanically polished surface and rock below the fine-grained sediments. The processes of such formation are much more difficult to be viewed on the unhomogeneous rock. The surface reflects the lithology mostly.

Key words: karst cave, rocky relief, rocky feature, rocky surface, Slovenia, karst area

Naslov - Address

Tadej Slabe, dr. dipl. geogr., znanstveni sodelavec

Inštitut za raziskovanje krasa ZRC SAZU

Titov trg 2

SI-66230 Postojna, Slovenia

UVOD

Pri proučevanju oblikovanja in razvoja jamskega skalnega reliefa, sestavljenega iz raznovrstnih skalnih oblik, pozornost posvečam tudi njihovi površini. Gladkost in hrapavost skalne površine sta posledici lastnosti in učinkovitosti dejavnikov, ki v različnih hidroloških pogojih povzročajo procese na kamnini in odnašajo njihove proizvode. Kamnina skalnega oboda rovov s svojo sestavo, skladovitostjo in pretrstjo odloča o nastanku različnih skalnih oblik in vpliva na njihovo oblikovanje in površino.

Skalno površino lahko opišemo kot gladko ali hrapavo, bodisi, da jo opazujemo s prostim očesom ali povečano. Pod velikimi povečavami elektronskega vrstičnega mikroskopa so skorajda vse skalne površine vsaj deloma hrapave. To je posledica zrnate sestave karbonatnih kamnin. Skalna površina je sprana, ko dejavniki, ki delujejo nanjo, odnašajo proizvode procesov, ali pa je preperela. Takšna je, ko jo prekriva mehka plast deloma raztopljene kamnine.

Skalno površino in način njenega oblikovanja sem skušal predstaviti že v poročilih o proučevanju posameznih jamskih skalnih oblik. Z novimi dognanji dopolnjene in povezane izsledke sem strnil v samostojno poročilo, saj se izkazalo, da je površina jamskega skalnega reliefa pomembna speleomorfogenetska sled.

Površino skalnih oblik je z elektronskim vrstičnim mikroskopom fotografiral V. Segala (Oddelek za geologijo, Montanistika).

Delo poteka v okviru projekta Nastanek in oblikovanje kraških votlin, ki ga denarno omogoča Ministrstvo za znanost in tehnologijo Republike Slovenije.

VIRI O PROUČEVANJU SKALNE POVRŠINE

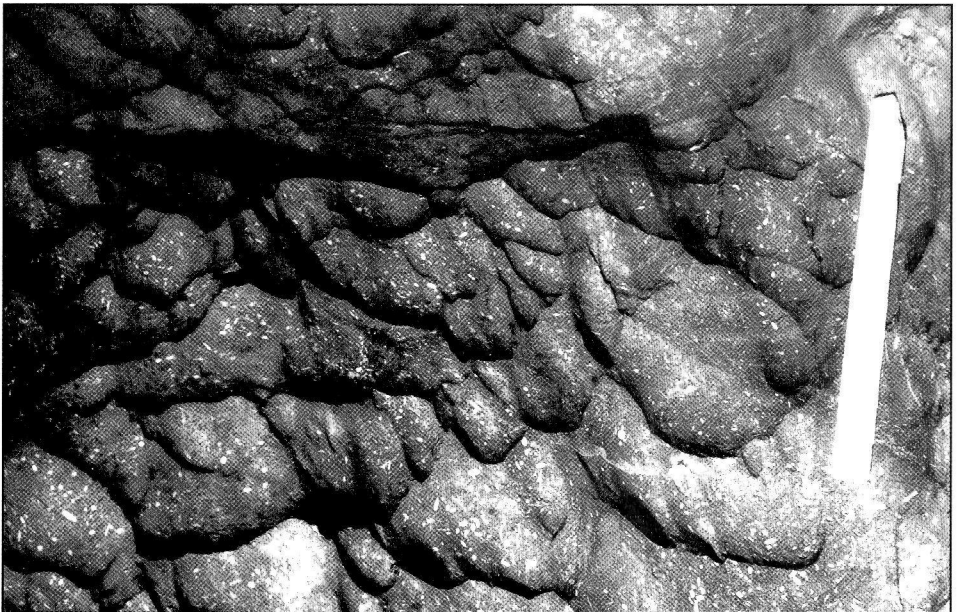
Pogosto so omenjene posamezne značilnosti skalne površine kot posledice litoloških značilnosti ali različnih dejavnikov, ki oblikujejo kamnino. Nisem pa zasledil celovitega pregleda tovrstnih izsledkov.

Pomen litoloških značilnosti pri oblikovanju skalne površine, reliefa skalne površine kot ga imenuje Renault (1958, 27) je izpostavilo več speleologov. Renault (1958, 27) je naštel fosile, leče roženca in žile kalcita, ki štrlijo iz sten. Površino, prepredeno z žilami kalcita, ki štrlijo iz sten v pravokotni mreži, poimenuje z angleškim izrazom boxwork, če pa so kalcitne žile razvrščene vzporedno, jih imenuje francosko palletes. Boxwork je leta

1942 opisal Bretz. Pri njegovem nastanku je poudaril, poleg značilnosti kamnine, pomen selektivne korozije zaradi stoječe vode. Sweetingova (1972, 78) pravi, da so karbonatna zrna s polinomnimi kristali počasneje topljiva. Ek in Roques (1972, 71) pišeta, da se drobnozrnat kalcit raztaplja hitreje kot tisti, ki je sestavljen iz večjih kristalov. To je posledica večje odpornosti kristalnih ploskev in omrežne energije večjih kristalov. Tudi Trudgill (1985, 76) poudarja velik vpliv litoloških značilnosti kamnine pri razvoju jamskih sten. Različna topljivost posameznih delcev kamnine in ostankov fosilov povzroča lokalno vrtinčenje vodnega toka. Drobne različenosti v topljivosti kamnine določajo mikrotopografijo (Trudgill 1985, 20). Herman in White (1985) sta ugotovila, da je površina dolomita zaradi različno velikih kristalov hrapava. Ford in Williams (1989, 286, 287) sta opisala boxwork na drobno razpokanem dolomitu, v katerem so razpoke zapolnjene s kalcitom. Kasneje se je na kalcitne žile odložil nov kalcit in mreža zato štrli 100 cm iz sten in stropa rova. Couturaud (1989, 38) je ugotovil, da se fosili iz oolitnega apnenca lahko izluščijo, iz mikrokristalinskega pa ne. Zato v prvem nastanejo vdolbinice.

Izpostavljen je tudi pomen dejavnikov in procesov, ki značilno oblikujejo skalno površino.

Trudgill (1979, 33) trdi, da je skalna površina gladka, če jo hitro razjeda tekoča agresivna voda, ki raztopino hitro tudi odnaša. Opiše (Trudgill 1985, 38) tudi glajenje površine zaradi skrajno kislih vod, ki delujejo na apnenec. Dognanja je dokazoval z laboratorijskimi poskusi,



Sl. 1. Fasete na paleogenskem apnencu v Beško ocizelski jami (merilo = 15 cm)

Fig. 1. Current markings on the Paleogene limestone at Beško-Ocizelska jama (scale = 15 cm)

ko je uporabil kisline, in s posnetki skalne površine z elektronskim vrstičnim mikroskopom. Močna reakcija in počasno odnašanje raztopine povzroči gladko površje in obratno razmerje hrapavo. Gams (1963, 10; 1971, 36) že prej ugotavlja, da voda, ki pronica skozi drobnozrnato preperelino, ustvari gladke ploskve homogene kamnine.

Kranjc (1985) je s površine prodnikov razbral zadnji proces njihovega oblikovanja. Gladki so zaradi mehanskega brušenja, hrapavi pa zaradi raztapljanja kamnine. Slednji so v Babji jami starejši. Površino, na kateri se poznajo udarci prodnikov - to so vdolbinice ali pa razbita površina, je opisal Mihevc (1989).

Zaradi kavitacije naj bi bila skalna površina luknjičasta (Cigna 1983, 485). Predlaga (Cigna 1983, 485) mikroskopsko opazovanje izpostavljene skalne površine zaradi morebitno premaknjenih kristalov.

Polzeča voda v subkritičnem turbolentnem režimu oblikuje navpične in gladke stene, saj ob ovirah nastanejo hidravlični skoki, ki pospešijo erozijo (White 1988, 168, 297). Agresivna voda, ki polzi po previsni kamnini, gladi njeno površino (Gams 1962/1963). Voda se namreč težnostno zbira na delcih, štrlečih iz kamnine, ki so zato podvrženi hitrejši koroziji.

Skalno površino značilno členijo tudi biogeni dejavniki. Ti so kemični in fizikalni (Ollier 1984, 10). Epiliptični lišaji povzročijo nastanek gladke površine, endolitični pa se zajedajo



Sl. 2. Površina apnenca v Velikem Hublju
Fig. 2. The limestone surface in Veliki Hubelj

v kamnino in ustvarjajo vdolbinice (Sweeting 1967). Lišaji lahko povzročijo destrukcijo mineralov (Ollier 1984, 55). Trudgill (1985) je z elektronskim vrstičnim mikroskopom ugotovil, da so se v romboidne kristale zajedle alge. Najbolj natančno je posledice lišajev na karbonatnih kamninah razčlenil Viles (1987). Glive povzročajo nastanek vdolbinic, nitasti deli alg pa kanalčkov. Tako mikrotopografijo je imenoval biokras (Viles 1987, 467, 468). Zajede nastanejo med kristali, izvrtine pa tudi v njih. Karbonate napadajo tudi kisline bakterij (Chorley 1984). Pogosta so dela, ki poročajo o vplivu morske bioerozije na karbonatno kamnino. Ta ni predmet tokratnega proučevanja, le metoda, ki sta jo uporabila Palmer in Plewes (1993, 139), bi lahko bila uporabna. Biogene zajede sta zalila s epoksidno smolo in



Sl. 3. Površina konglomerata s fasetami v Smoganici (merilo=15 cm)

Fig. 3. The conglomerate with current markings surface in Smoganica (scale = 15 cm)

nato raztopila kalcit. Na ta način so lepo razvidne posledice na apnencu in razpoznavni je moč njihove povzročitelje.

Pri proučevanju jamskih skalnih oblik sem speleomorfo-genetski pomen njihove skalne površine določeval tudi sam (Slabe 1987, 1988, 1989, 1990, 1992, 1993).

OBLIKOVANJE SKALNE POVRŠINE ZARADI OBLIVANJA KAMNINE Z VRTINČASTIM VODNIM TOKOM

Skalni relief kraških votlin najbolj učinkovito oblikujejo vodni tokovi. Zaradi vrtinčenja vode ob hrapavi površini skale nastanejo fasete. Ob stropnih razpokah, zajedah in zaradi vrtinčenja vode ob zoženju ali razširitvi rofov se oblikujejo stropne kotlice, v skalnih strugah vodni tok dolbe draslje, med izrazitimi razpokami nastanejo skalni stebri in noži. Vodni tok raztaplja kamnino in jo mehansko brusi s trdnim tovorom, ki ga prenaša. Površino, ki je izpostavljena vodnemu toku, lahko razdelimo na gladko, razeno in obtolčeno.

Fasete (Slabe 1993, 153) nastanejo predvsem na homogeni kamnini. Njihova površina, še zlasti manjših, je gladka. Iz površine pa lahko štrlijo sparitni kristali, kalcitne žilice, fosili in intraklasti v mikritni osnovi ali pa se vanjo zajedajo vdolbinice, ki so vezane na hitreje topljive dele kamnine ali na drobne razpoke (Slabe 1993, 157). To je posledica različne topljivosti posameznih delov kamnine. V Ocizeljski jami (Slabe 1993, 153), kjer

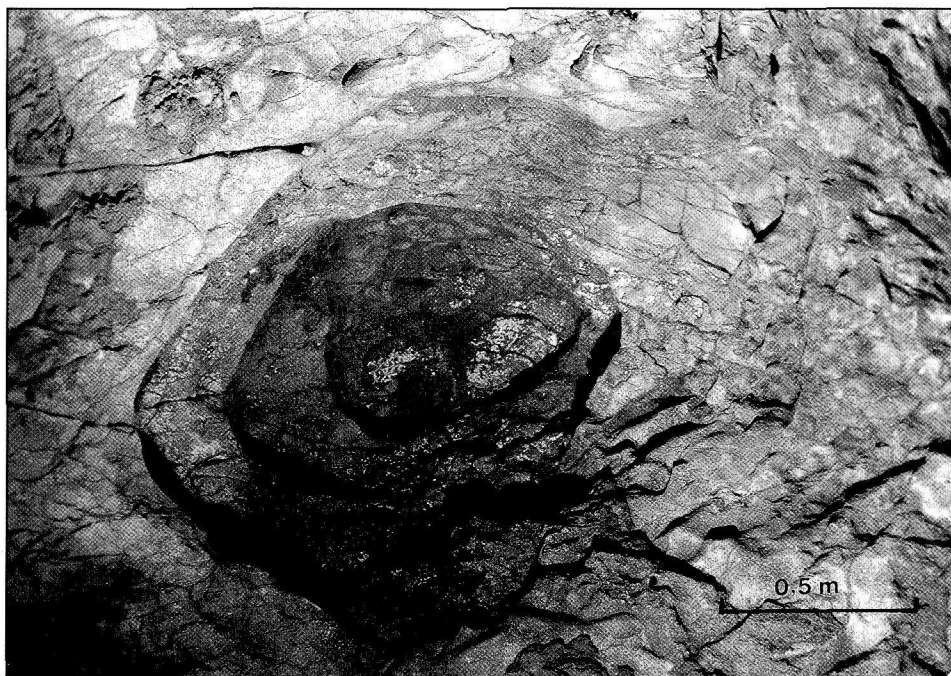


Sl. 4. Majhne fasete na apnencu iz katerega štrlijo gomolji roženca v Malih jamah Postojnske jame (merilo=15 cm)

Fig. 4. Small current markings on the limestone, the chert nodules protruding, Male jame in Postojnska jama (scale = 15 cm)

so fasete na paleogenskem apnencu (sl.1), se alveoline, numuliti in orbitoline na površini faset ne odražajo veliko.

Na nehomogeni kamnini, sestavljeni iz različno velikih in topnih delcev, majhne fasete ne nastanejo, večje pa so raznovrstnih oblik (Slabe 1993, 153). V Velikem Hublju je površina prekristaliziranega apnenca hrapava (sl.2). Iz nje štrlijo 1-3 cm veliki sparitni kristali. Na občasno poplavljenem delu stene v Pivki jami so fasete dolge okoli 3 cm, kjer pa štrlijo 1,5 cm iz površine rudisti, faset ni. Tudi v Predjami v Ponorni jami Lokve iz stene štrlijo rudisti. Prek njih je vrezana drobno razčlenjena mreža večjih faset s hrapavo površino. V Križni jami in v Velikem Hublju iz dolomita štrlijo manjši in večji skupki kristalov sparitnega veziva, ki povečuje obstojnost kamnine v vodnem toku. Zato v Križni jami dolomit štrli iz sten. V njegovo površino so zajedene posamezne majhne vdolbinice. Majhne površine krojivega dolomita v Pucovem breznu pa so gladke. Krojivost povzroča, da se kamnina členi v stopničke. V Smoganici so v strugi iz karbonatnega konglomerata fasete (sl.3) le na kosih apnenca, ki so nekajkrat večji od faset. Vezivo, v katerem so manjši kosi apnenca in peščenjaka, je grobo hrapavo in v razčlenjenih konicah štrli iz skalne površine. V Podstrešju Male Boke intraformacijsko brečo sestavljajo manjši deli kamnine (1-3 cm premera), vmes pa je trdno sparitno vezivo, ki štrli iz sten. Med sparitnim vezivom so oglate vdolbine, ki so

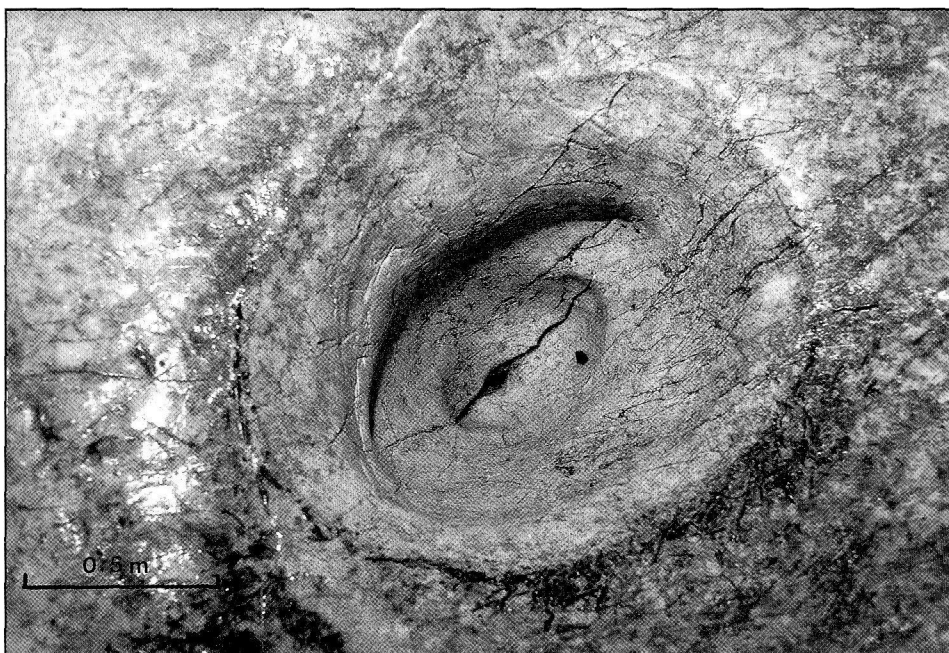


Sl. 5. Stropna kotlica v apnencu z roženci v Stari jami Predjame (10 cm = 2m)

Fig. 5. Ceiling pocket in limestone with cherts in Stara jama of Predjama (scale = 10 cm = 2 m)

podolgovate ob razpokah. V bližnjem rovu z apnenčastim obodom, kjer so ob visokih vodah podobni hidrološki pogoji, nastanejo fasete. V Lepih jamah Postojnske jame štrlijo med fasetami do 2 cm iz stene podolgovate leče roženca (sl.4), katerih površina je nazobčana z ravnimi ali le malo zaobljeni ploskvami.

Od nastanka stropne kotlice zaradi vrtnica v vodnem toku ali povezave z zračnimi mehurji in od sestave ter razpokanosti kamnine je odvisna tudi zglaženost njene površine. Kotlice na homogeni kamnini, ki jo obliva hitrejši vodni tok, imajo gladke obode (Babja jama), na nehomogeni kamnini pa iz njihove površine štrlijo počasneje topni delci kamnine (Matijeva jama) in roženca (sl.5). Njihova površina je razčlenjena tudi ob drobnih razpokah (sl.6). V Rakovem rokavu v Planinski jami visoke vode stisnejo in osamijo zračne mehurje v stropne zajede. Površina plitkih, a dokaj širokih kotlic nima izrazitih znakov vrtničenja vode in je hrapava. To bi bila lahko posledica kondenzne korozije, ki pa je kotlice verjetno le preoblikovala. Podobno hrapava so tudi dna kotlic v niši Križne jame. Mucke, Völker in Wadevitz (1983) poudarjajo pomen kondenzne korozije v stropnih zajedah, v katerih je ujet zrak. Kondenzacija je mogoča, če je voda toplejša od kamnine. Pogosto se pri razlagi nastanka kotlic omenja pomen plinov s CO_2 , ki se v vrtničastem toku dvigujejo navzgor in pospešujejo raztapljanje. Tudi raztapljanje CO_2 iz zraka, ki je pod velikim pritiskom ujet pod stropom, naj bi povečalo lokalno korozijsko stopnjo (Bögli 1978, 158; Ford & Williams 1989, 298; Cser 1988, 132). Kotlice z ravnim dnom, ki nimajo izrazitih znakov vrtničenja,



Sl. 6. Stropna kotlica v Ponorni jami Lokve v Predjami (10 cm = 1,5 m)

Fig. 6. Ceiling pocket in ponor cave of Lokva, Predjama (10 cm = 1,5 m)

so tudi v Vodni jami v Lozi in v Divaški jami. V času obiska so bila dna kotlic prekrita z gosto mrežo svetlečih kapljic. Te bi lahko zaradi korozije pod njimi vplivale na preoblikovanje starih kotlic. Nastanek kotlic z ravnim dnom Cser in Szenthe (1986, 279) razlagata s premikanjem zračnih mehurjev pod stropom.

Površina draselj je gladka ali pa so na njej tanke raze. Te so v globljih drasljah vodoravne, kar je posledica strujnic v vrtincu. 10-20 cm pas okoli draselj je mehansko zglajen, fasete segajo vse do njihovega roba (Slabe 1989, 86, 87), v Polhovem rovu v Mali Boki (sl.7) pa je brečasta skala grobo hrapava. Obod draselj je v vseh primerih gladek. Takšna je tudi površina draselj, ki so nastale v kremenovem peščenjaku v Smoganici.

Gladki so tudi prodniki, ki prekrivajo dna strug ali pa so v drasljah. Gladka (sl.8) in obtolčena površina sta značilni za večino pritočnih delov strmih, skorajda pravokotno vodnemu toku izpostavljenih ovir v strugah.

Skalne površine, ki jih gladijo hitrejši vodni tokovi, so izpostavljene koroziji in mehanskemu brušenju. Proučil sem jih z elektronskim vrstičnim mikroskopom. Zbruski kamnine nam omogočajo primerjavo njene sestave in izpostavljene površine.

Pod večjimi povečavami elektronskega vrtilnega mikroskopa so jasno razvidne razlike v gladkosti skalne površine. Manjše fasete, ki so nastale na biomikritnem apnencu v Križni jami in na biomikrosparitnem apnencu v Škocjanskih jamah (Slabe 1993, 157), so najbolj



Sl. 7. Draslje na breči v Polhovem rovu Male Boke

Fig. 7. Rock-mills in breccia, Polhov rov of Mala Boka

gladke (sl.9). Površina večjih draselj (sl.10) na biomikrosparitnem apnencu v Šumeči jami pa je enakomerno, drobno hrapava po vsem prečnem prerezu. Nekoliko bolj gladka je površina manjših, polkrogelnih talnih kotlic. Drobno hrapava je tudi površina prodnikov (paleogenški biomikrit) v Šumeči jami, zglajenih sten v Babji jami in strmega pritočnega dela izbokline v strugi Vzhodnega rova v Predjami (sl.8). Na povečavah gladkih površin, na katere deluje vodni tok s prodrom in peskom, so lepo razvidne raze (sl.11) in manjši kraterji (sl.12). V njih je kamnina zdrobljena. Najbolj izrazito je razčlenjena obtolčena površina, ki pa je razvidna že s prostim očesom (sl.13). Kraterji v njej so globlji, kristali različno pretrti in ostro lomljeni. Sestava kamnine se na mehansko zglajenih površinah ne odraža veliko, nekoliko odstopa le rekristaliziran in pretrt biomikriten dolomit v Pucovem breznu.

Ugotovimo lahko, da je oblikovanost skalne površine, ki jo nazorno razčlenimo šele pod večjimi povečavami, posledica različnih procesov, ki delujejo nanjo. Zglajena površina manjših faset in manjših kotlic je posledica prevladujočega, pretežno korozijskega delovanja hitrejšega vodnega toka. Vrtinčasto jedro se povsem približa steni in odnaša tudi počasneje topne delce kamnine, ki štrlijo iz nje. Za obe obliki je značilno, da sta v v zatišnih legah (sl.8), odmaknjene od vlečenega vodnega tovara, torej na odtočni strani grbin, zgornjih ploskev skalnih blokov, ali pa višje na steni. Mehansko zglajene površine so pod velikimi

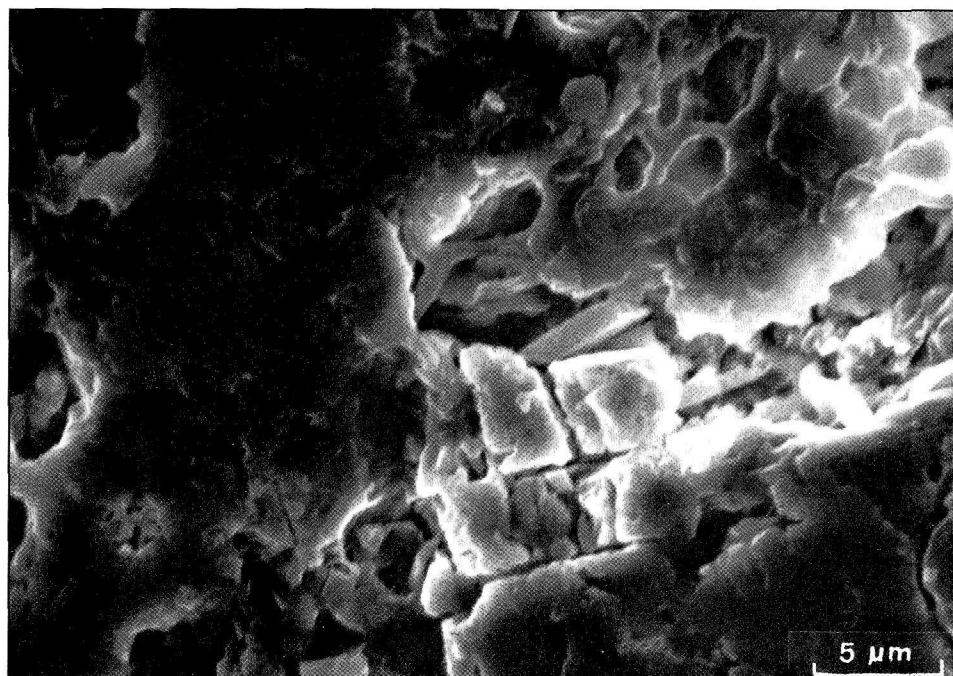


Sl. 8. Gladek pritočni del izbokline v strugi in odtočni s fasetami v Vzhodnem rovu Predjame
Fig. 8. Smooth inflow part of protruding in the river bed and the outflow part with current markings, Vzhodni rov of Predjama

povečavami drobno hrapave zaradi trenja prodnikov in peska ob skalno strugo. Najbolj izpostavljeni deli skalnih blokov in izboklin na dnu struge pa so pogosto obtolčeni. Takšen je tudi strop za ožino v Babji jami (sl.13), kjer hitre visoke vode vrtijo prod.

Skratka, vodni tok praviloma gladi skalno površino bodisi zaradi raztapljanja ali mehanskega delovanja. Kamnina, ki je izpostavljena korozijskemu delovanju hitrega vodnega toka, pa je lahko tudi hrapava, še zlasti, ko jo sestavljajo večji fosili, sparni kristali, je brečasta ali konglomeratna. Mehansko delovanje vodnega toka, ki prenaša prod in pesek, takšno površino zgladi. Na tako glajeni kamnini so skalni robovi zaobljeni. Ko pa so na skali fasete, ki imajo pogosto gladke površine, in njeni robovi ostri, pa prevladuje proces raztapljanja kamnine. Vsekakor je trditev, da gladko skalno površino oblikuje le mehansko delovanje vodnega toka (Cser 1988, 132), preveč poenostavljena, kar se izraža tudi na mikroskopskih posnetkih. Največkrat so skalne oblike, ki nastanejo v freatičnih razmerah, pretežno korozijske, delež erozije pa se povečuje s približevanjem k hitrim odprtim tokovom.

Tudi onesnaženost voda lahko vpliva na skalno površino. Površina draselj na dnu struge v Škocjanskih jamah je bila prevlečena s tanko plastjo smolnate snovi (sl.14). Kakšna je, nismo uspeli ugotoviti. Težko jo je bilo odstraniti, čeprav smo poskušali z alkoholom in acetonom. Predvidevam, da je ostanek usedline iz onesnažene Reke. V njej so sprijeti tudi prinesene diatomeje. V robnih delih struge te prevleke ni bilo. Usedala se je torej predvsem



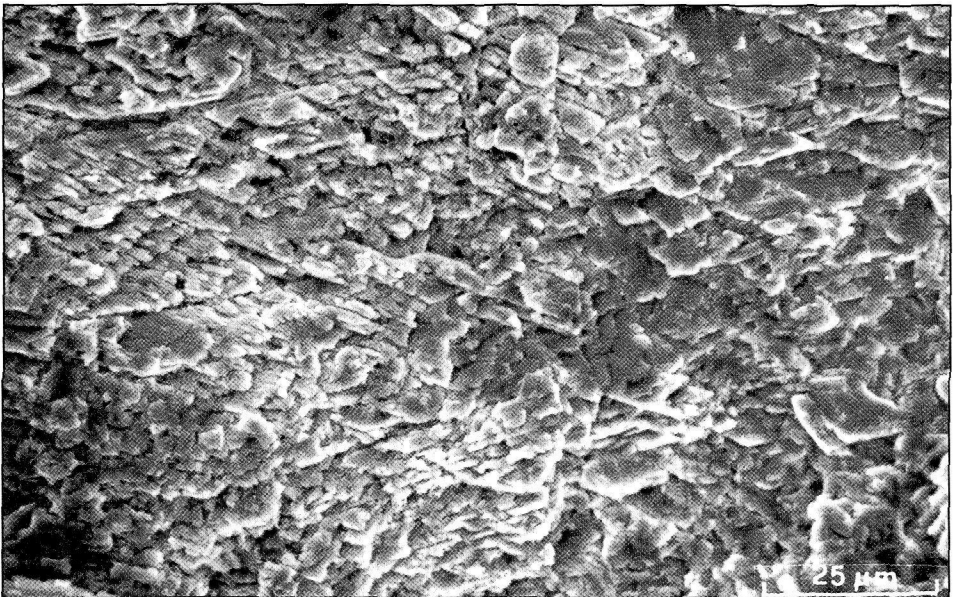
Sl. 9. Površina majhne fasete v Križni jami
Fig. 9. The surface of small scallop, Križna jama

iz nižjih voda. Visoke vode so bolj razredčene in mehansko učinkovite. Lahko pa opazujemo, da v zadnjem času voda oblogo odstranjuje, saj struga ni več sluzasta in spolzka.

POVRŠINA OBNAPLAVINSKEGA SKALNEGA RELIEFA

Površina večine skalnih oblik, ki sestavljajo obnaplavinski jamski skalni relief (Slabe 1992), je, če je opazovana s prostim očesom, gladka. Takšna je površina skalnih oblik, ki so nastale zaradi korozije ob stiku z vlažno drobnozrnato naplavino (podnaplavinske in nadnaplavinske vdolbinice, zajede), ali pa nadnaplavinskih žlebov, ki so nastali zaradi pretakanja vode nad naplavino. Resda, tudi ti so bili pogosto zapolnjeni z naplavino. Na površini manj homogene kamnine pa se lahko odraža njena sestava. Drobne kalcitne žilice sestavljajo "boxwork" (Slabe 1992, 30). Iz kamnine štrlijo večji fosili, silikatni delci, še najbolj hrapava pa je praviloma površina dolomita, ki ga sestavljajo različno veliki kristali, prepredajo pa kalcitne žilice. Gams (1971, 37) je podobno ugotovil za podtalne skalne oblike, ki so nastale na apnencu s fosili in z gostimi žilami rekristaliziranega kalcita. Konveksni deli ostajajo ostri, konkavni pa se zaobljijo (Mowat 1962). Ostre robove imajo kalcitne žile, vdolbinice pa so zaobljene. Nadnaplavinske vdolbinice, katerih obliko narekuje sestava in razpokanost kamnine, lahko dosežejo več cm premera (Slabe 1992, 20).

Lahko gladkost skalne površine povežemo z ugotovitvijo Trudgilla (1979, 38), da močna reakcija in slabo odnašanje razstopine gladita kamnino? Voda je verjetno agresivna tudi



Sl. 10. Površina draslje v Škocjanskih jamah
Fig. 10. Rock-mill surface, Škocjanske jame

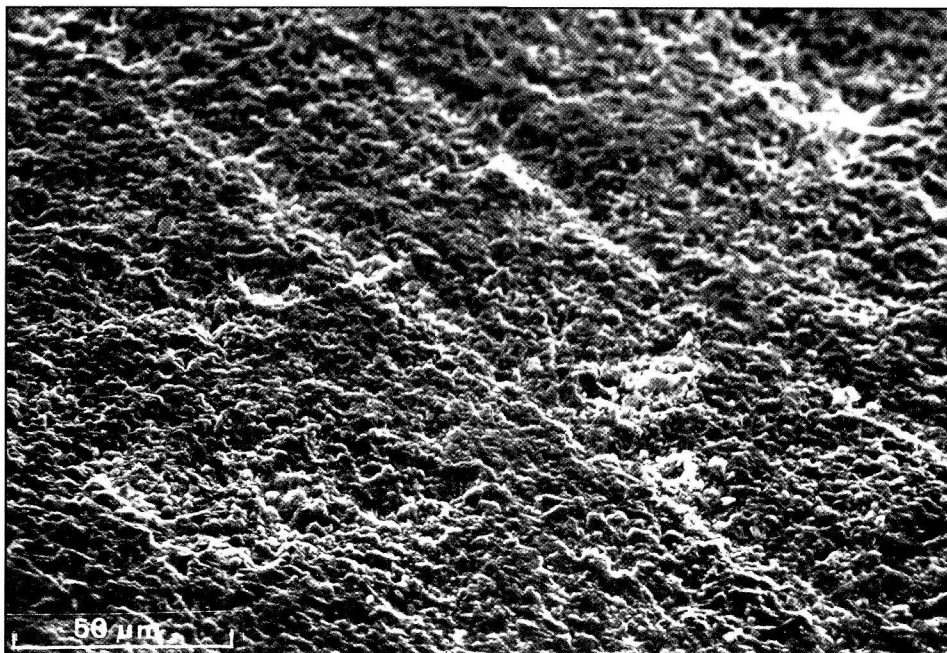
zaradi organskih snovi v naplavini (Slabe 1989, 212). Tudi Gams (1963, 10) ugotavlja, da voda, ki pronica skozi prst, ustvari gladko kamnine pod njo. Predvidevam, da ja gladka površina posledica enakomerne korozije, ki deluje na razmeroma homogeno kamnino. Najprej se raztopijo hitreje topni delci kamnine in tako se povečuje koroziji izpostavljena površina počasneje topnih delcev. Večje nehomogenosti se torej ne izravnajo.

Skalna površina, ki je (bila) prekrita z naplavino, je pogosto preperela. Na njej so netopni ali počasneje topni ostanki kamnine. Preperelost je posledica počasnega odplakovanja proizvodov raztapljanja kamnine.

Pod velikimi povečavami elektronskega vrstičnega mikroskopa so površine obnaplavinjskih skalnih oblik, ki so s prostim očesom gladke, drobno hrapave (Slabe 1992, 29) (sl. 15). Iz površine štrlijo posamezni večji kristali ali skupki manjših. Drobna hrapavost je posledica zrnate kamnine, ki je podvržena enakomerni koroziji. Tudi manjši vodni tokovi v nadnaplavinjskih žlebovih so prešibki, da bi s površine trgali štrleče kristale.

POVRŠINA SKALNEGA RELIEFA, KI GA OBLIKUJE POLZEČA VODA

Pri oblikovanju sten brezen je pomembna tudi sestava kamnine, po kateri polzi voda. Iz površine žlebičev v Bazinovi jami pri Podlaških topolih izstopajo kalcitne žilice. V Smoganici

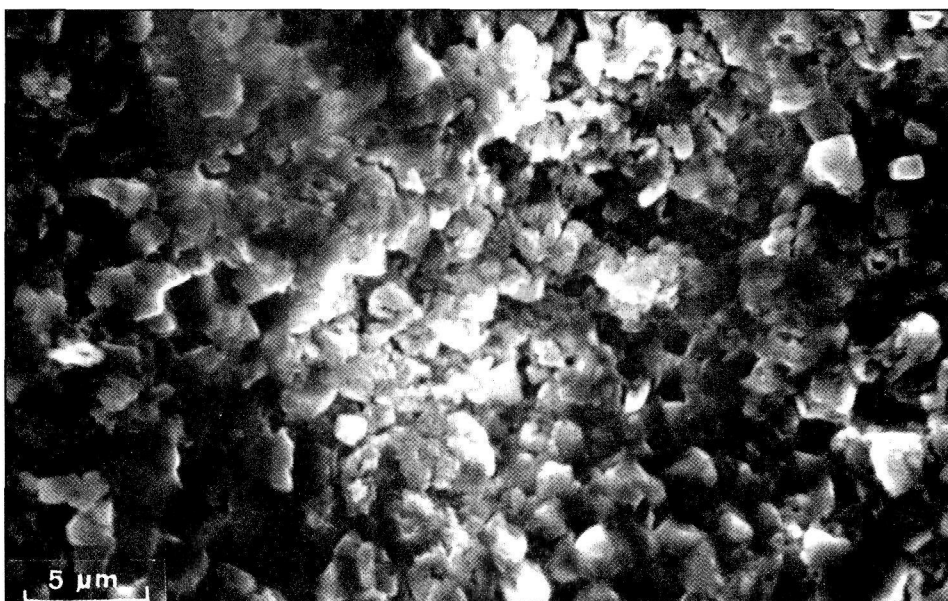


Sl. 11. Raze na erozijsko zglajeni steni

Fig. 11. Abrasion on erosionally polished wall

se stik med grobozrnato in drobnozrnato apnenčasto brečo na oblikah skorajda ne odraža (sl.16), je pa površina prvega bolj hrapava. V jami R3 na Podgorski planoti iz majhnih žlebičev, ki so nastali na paleogenskem apnencu, štrljijo numuliti. Nekateri imajo le še šibka pritrđišča. V podobnih razmerah pa v Breznu pri Škrkloviči skalno površino razčlenjujejo assiline. V breznu Morska lilija na Trnovskem gozdu iz stene tudi več cm daleč štrljijo fosili lilij (crinoide). Na stenah brezen v Veliki ledenici v Paradani, ki so ponekod dolomitne ali pa dolomitne in deloma apnenčaste, značilnih oblik, ki bi jih vrezala polzeča voda, ni. Iz dolomita štrljijo oglati kosi kamnine (sl.17). Površina apnenca je bolj gladka in na njej so vdolbinice. Večji skupki kristalov rekristaliziranega dolomita so odpornejši. Tudi v Čo meandru na Kaninu, kjer iz stene štrljijo veliki fosili (sl.18), značilnih sledov polzenja vode ni. V prelomnih conah so nastali ozki in drobnonazobčani roglji, ki štrljijo iz sten (Slabe 1990, 192). Njihovo površino oblikuje tudi krušenje pretrte kamnine. V Ledenici na Dolu je navpična površina skale, ki je homogena in nerazpokana, gladka. To se ujema z Whitovo (1988, 168, 297) razlago nastanka navpičnih sten, ki je povzeta v pregledu literature. Voda s površine tudi trga večje kristale. Pod brezni se pogosto nakopiči drobnozrnat pesek (Zupan & Mihevc 1988).

Oblikovanje stropa s polzečo vodo sem si pomagal razložiti s poskusi na mavcu (Slabe 1990, 180). Skozi kanalčke v mavcu je penikala voda. Ob ustju na stropu so se razlivala posamezne kaplje in nastala je vdolbinica. Tovrstne kotlice sem opisal pri proučevanju Volčje jame na Nanosu (Slabe 1990, 178). Izluščimo lahko tri značilne površine (Slabe 1990, 181), ki so koncentrično razporejene okrog dotočnega kanalčka. Notranja površina



Sl. 12. Krater z zdrobljenimi zrni
Fig. 12. Crater with broken grains

kotlice je gladka, saj je bila dokaj enakomerno oblita z vodo. Gladka površina je posledica težnostnega zbiranja vode na štrlečih delcih kamnine in ti so podvrženi hitrejši koroziji. Srednji kolobar je hrapav in koničast. Vodni film, ki ga je oblival, je bil tanjši. Enaka količina vode, kot v prvem primeru, se je razlila preko večje površine. V zunanjo površino so zajedeni različno široki in plitki žlebiči, po katerih se je voda pretakala strnjeno. Oblikovanost površine je predvsem posledica različne količine vode, ki obliva kamnino različne sestave.

Kot lahko opazimo v Volčji jami in Ledenici na Dolu, pa v Kamnešči in Ciganski jami pri Predgrizah, so stropne konice trikotnega prečnega prereza in imajo zaobljene vrhove. Dolge in široke so do 1 cm. Pod vrstičnim mikroskopom (Slabe 1990, 178, 179) so vidne v vdolbinicah med konicami globlje zajede. Na konicah je kamnina manj razčlenjena. Nastanejo zaradi neenakomernega raztapljanja kamnine pod tankim filmom vode, ki se razliva po stropu. Voda se zbira na štrlečih delcih kamnine, kjer pa je že manj agresivna ali pa že odlaga raztopino. Zato se razlika med konicami ter vmesnimi vdolbinicami še povečuje.

Kapljice, ki oblikujejo talne vdolbinice, padajo na njihovo dno in se razpršijo. Obod vdolbinice je zato gladek, površina okoli nje pa zaradi pršenja vode, ki se odbija iz vdolbinice, drobno luknjičasta. To se je pokazalo tudi pri poskusu z mavcem.



Sl. 13. Obtolčena površina stropa za ožino v Babji jami
Fig. 13. Bruised ceiling surface behind the narrowing, Babja jama

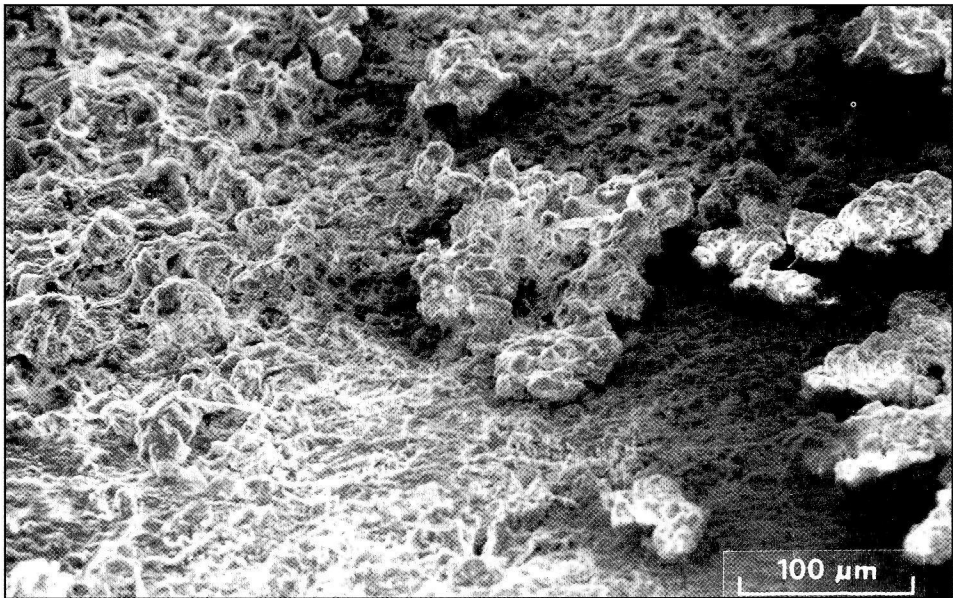
POVRŠINA S KONDENZIRANO VLAGO OBLIKOVANE SKALE

V votlinah, skozi katere kroži zrak, se na skalnem obodu pogosto kondenzira vlaga (Slabe 1988). Kondenzacija zračne vlage je posledica ohlajevanja toplejšega zraka na stiku z mrzlim ali pa oblivanja hladnih sten s toplejšim zrakom. Pri ohlajevanju toplejšega, razmeroma bolj vlažnega zraka, se izloči presežek vlage na skalni obod.

Skalno površino, izpostavljeno koroziji, ki jo povzročijo kondenzirana vlaga, s prostim očesom lahko razdelimo na gladko in hrapavo ter preperelo. Pod povečavo vrstičnega mikroskopa je v vseh primerih dokaj hrapava (sl.19), (Slabe 1989, 216). Gladkost in hrapavost površine sta posledici razmerja med učinkovitostjo korozije in odnašanjem raztopine, ki sta pogojeni zlasti s količino vlage, izločene iz zraka, in nehomogenostjo ter razpokanostjo kamnine, na katero se vlaga izloča.

Zaradi počasnega pretoka toplejšega zraka pod stropom rovov nastanejo žlebovi, kotlice in velike fasete. V vhodnem delu Trhlovce je v rovu, ki je že nekoliko odmaknjen pred neposrednimi zunanjimi vplivi, plitek, polkrožen stropni žleb. Njegova površina je bolj grobo hrapava kot okolna skala. Stropne kotlice v začetku vhodnih rovov, kjer je kondenzacija najbolj izrazita, pa imajo gladko površino.

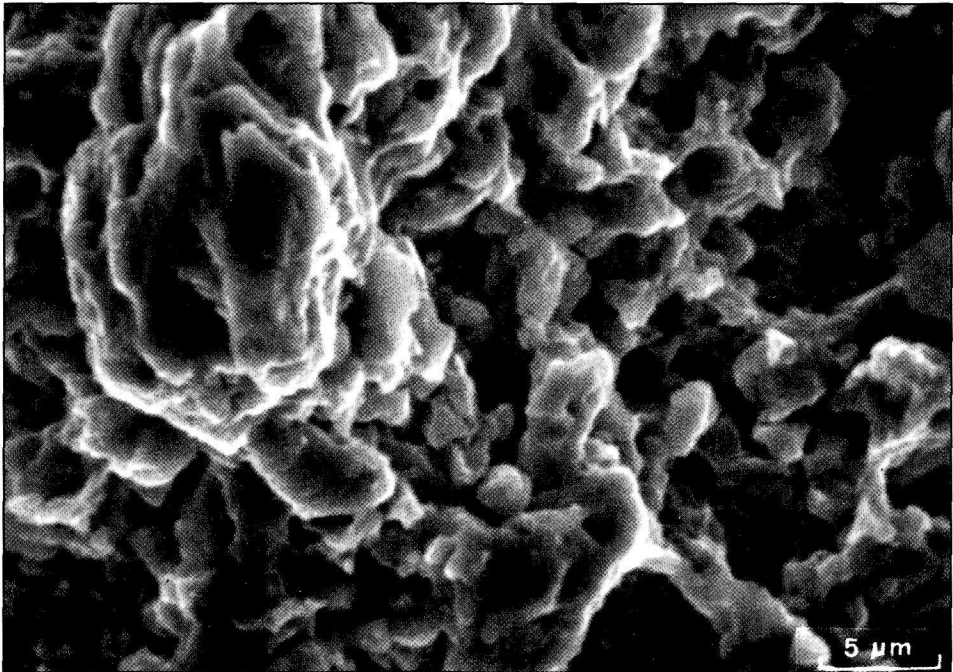
Kondenzirana vlaga pogosto le preoblikuje stari skalni relief. V Komarjevem rovu v Dimnicah smo ugotovili, da zaradi večje količine vlage s površine razmeroma homogenega biomikrosparita in dismikrita odpadajo večji sparitni kristali, ko se hitreje stopi mikritno vezivo (Slabe 1988, 90). Površina je zato gladka. Na delih oboda, kjer je vlage premalo, da



Sl. 14. Smolnata plast na skali v strugi Škocjanskih jam
Fig. 14. Layer on the rock in the river bed, Škocjanske jame

bi raztopila in razločila tesneje povezane skupke sparitnih zrn, nastajajo med njimi drobno razjedene luknjice. Podolgovate vdolbinice so pogoste tudi na drobno razpokanih stenah ali na tanko plastoviti kamnini (Slabe 1989, 214). Na delih kamnine, kjer je bilo kondenzne vlage v Komarjevem rovu še manj, iz mikritne osnove štrljijo zrna sparita. V Medvedjem rovu v Križni jami zaradi šibke kondenzne korozije iz stene štljijo žilice kalcita (boxwork) (Slabe 1989, 214), ki so počasneje topne od okolne mikritne kamnine. Iz stene v vhodnem delu Zadlaške jame štrljijo posamezne večje debelozrnate kalcitne žile. Ob drobnih razpokah gosto pretrtega apnenca v Golobji jami na primorskem kraškem robu in v Križni jami (Slabe 1989, 214) so nastale nekaj mm globoke, podolgovate vdolbinice, prepletene v pravokotno mrežo. Vlaga se kondenzira precej, zato hitro odnaša raztopino. Skalo v Golobji jami spira tudi voda, ki občasno prenika skozi tanek strop. Manjše in plitke vdolbine ter drobne razjede na breči Zadlaške jame so vezane na hitreje topne dele kamnine (sl.20). Na stropu so štrljine, ki so dolge do 10 cm in nazobčano razčlenjene. So ostanki rekristalizirane, le deloma topne naplavine, ki se je sprijela s karbonatno kamnino in jo zaščitila pred razjedanjem.

Pogosto so površine, ki so izpostavljene kondenzirani vlagi, preperete. Skalo prekriva mehka plast neraztopljene kamnine, ki se ob dotiku razmaže. Takšni primeri so v vhodnem rovu Volčje jame na Nanosu, v Veliki Kozinski, Križni in Ciganski jami. V slednji je preperela plast kamnine debela 3 mm. Iz podpisov in datumov na steni, v katero so bili vrezani s trdim



Sl. 15. Podnaplavinska površina pod elektronskim vrstičnim mikroskopom
Fig. 15. Below-sediment surface seen by the electronic microscope

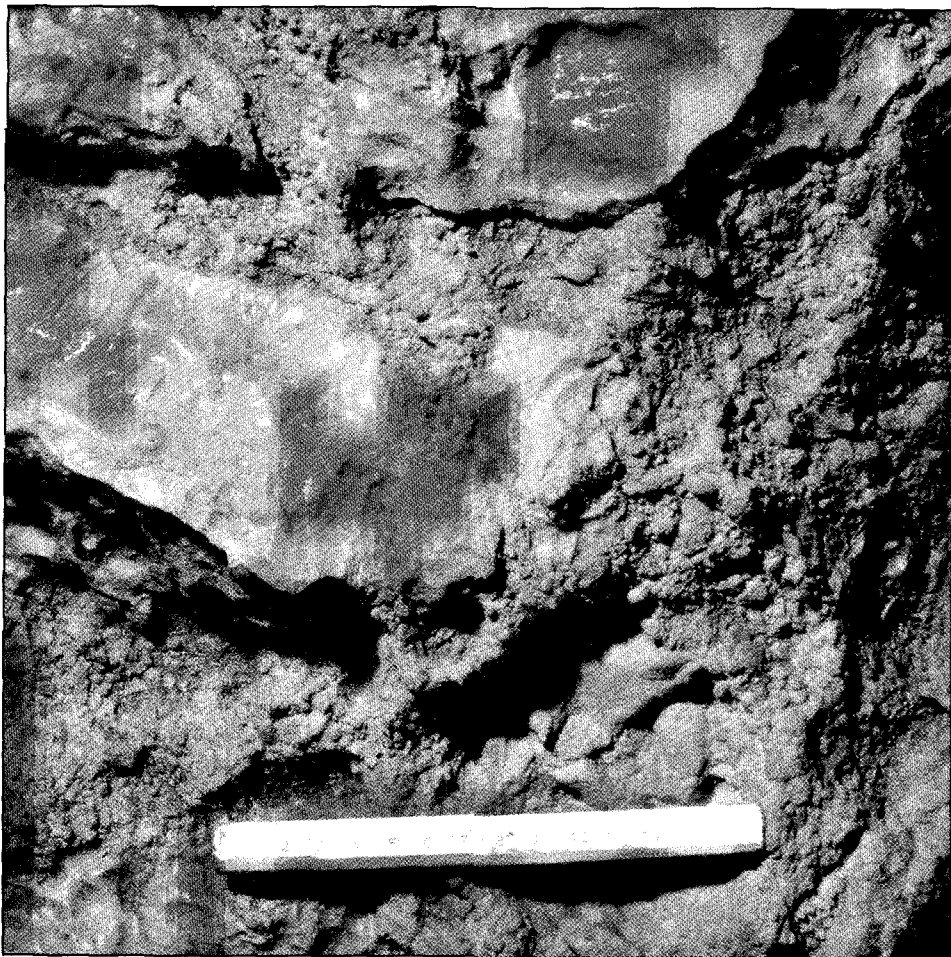
predmetom v mehko površino leta 1890, sklepam, da je v stotih letih preperel 1 mm skale. Preperela skalna površina ovira dostop vlagi in onemogoča hitrejše razjedanje stene. Apnenec v Volčji jami je 1,5 mm debelo preperel in razčlenjen z luknjičastimi razjedami (Slabe 1990, 181). Dolomitna kamnina v bližini ima le nekaj desetink mm debelo, manj izrazito preperelo površino. Tudi v Veliki Kozinski jami je strop na prehodu v spodnji del jame 3-5 mm debelo preperel. Kondenzacija je šibka. Določili smo količino CaCO_3 v kamnini in v prepereli plasti, ki jo prekriva. V kamnini ga je bilo 95,7 % v prepereli plasti pa 2 % več. Vlage je premalo, da bi raztopino sprala. V sušnejšem obdobju voda iz raztopine izhlapeva



Sl. 16. Žlebiči na stiku grobozrnatega in drobnozrnatega apnenca v Smoganici (merilo= 15 cm)

Fig. 16. Runnels at the contact of coarse-grained and fine-grained limestone, Smoganica (scale = 15 cm)

in na površju se zato izločajo kristali kalcita. Preperela plast je bila v jami vlažna in se je ob dotiku razmazala. V suhem laboratorijskem zraku pa se je posušila in postala trdnejša. Kalcit je rekristaliziral. Podobnemu procesu sem lahko sledil v Komarjevem rovu v Dimnicah (Slabe 1988, 90). Največ prevleke je bilo na delih stene, kjer se je vlaga kondenzirala redko in je izhlapevanje zato bolj učinkovito.

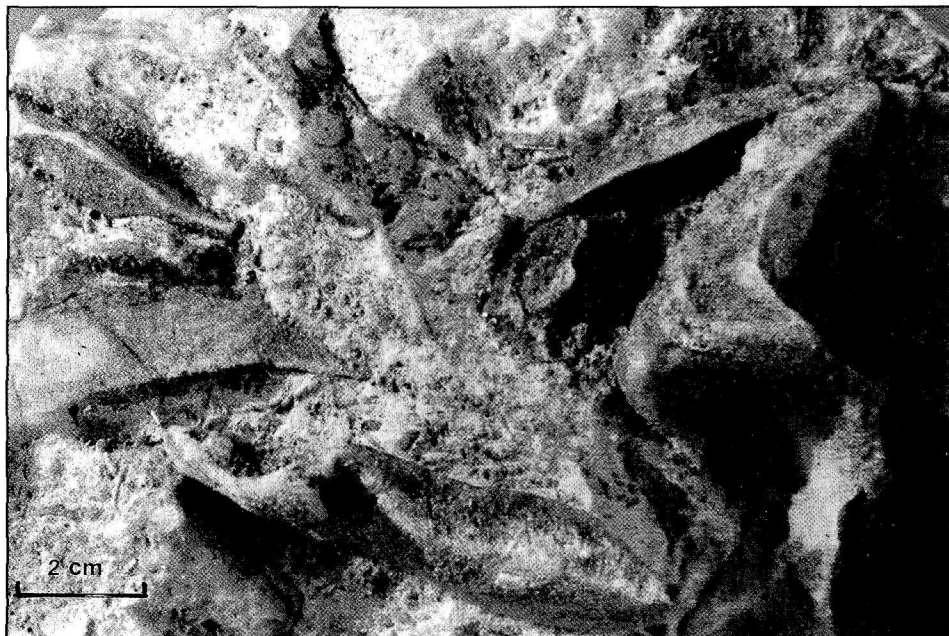


Sl. 17. Stena brezna v Veliki ledenici v Paradani, stik apnenca in dolomita (merilo= 15 cm)
Fig. 17. Pothole wall, contact of limestone and dolomite, Velika Ledenica in Paradana (scale = 15 cm)

POVRŠINA PODLEDNEGA SKALNEGA RELIEFA

Vdori mrzlega zraka s površja v jamo ohladijo površinsko plast stene in voda, ki polzi po njej, zmrzuje. Ledena obloga se najprej stopi na stiku s steno in jo kratek čas vlaži.

V vhodnem delu Velike ledenice v Paradani, ki je skorajda celo leto obdan z ledom, so stene zaobljene in dokaj gladke. Spodnji del rova, kjer je led najdlje, je nekoliko razširjen in stene ob njem so previsne. Podledne zajede (sl. 21) so posledica enakomerne korozije ob stiku z ledom. Manjše štrline imajo večjo površino izpostavljeno koroziji. Skala je nekoliko vboklo razčlenjena le ob razpokah. Okolna skala, ki je dokaj gosto pretrta, ni pa obdana z ledenimi oblogami, razpada in obod sestavljajo manjše in večje, dokaj ravne ploskve. Pogosto se pod ledom, ki je najbolj debel prav na tleh rovov, preoblikujejo skalni bloki iz oglatih v zaobljene in gladke (Volčja jama). Na stropu vhodnega dela Velike ledenice v Paradani so vdolbinice (sl.22). Predvidevam, da so nastale ob taljenju tanke ledene obloge, ki obda strop rova. Kratkotrajno vlaženje kamnine z manjšo količino vlage je povzročilo raztapljanje najhitreje topnih delcev kamnine.

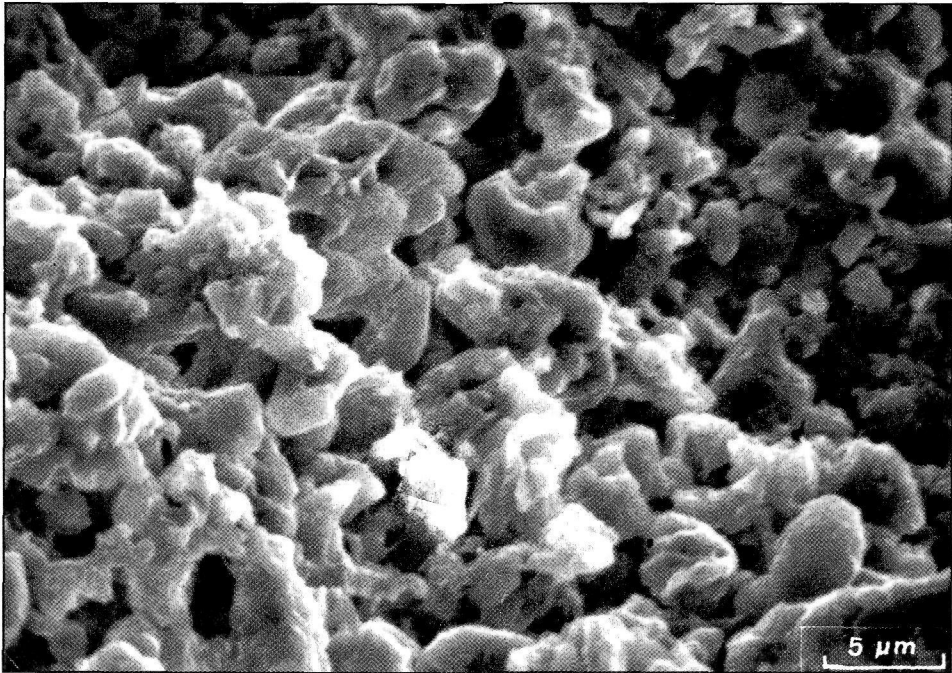


Sl. 18. Površina brezna v Čo meandru na Kaninu
Fig. 18. Pothole surface, Čo meander, Kanin

BIOGENO RAZJEDENA SKALNA POVRŠINA

Deli stene v vhodnih metrih Volčje jame so poraščeni z lišaji. Skozi vhod prodira svetloba v jamo vzporedno s steno. Skalna površina pod lišaji je razčlenjena v luskinasto se prekrivajoče štrline, ki so usmerjene proti izhodu. V razjedah med štrlinami so lišaji. Predpostavljam, da raztapljanje skale pospešuje tekočina, ki se v kapljicah zadržuje v lišajih na prisojni strani (Slabe 1990, 182). Lišaje, zajedene v apnenec, sem opazoval tudi pod povečavo elektronskega vrtilnega mikroskopa (sl.23) (Slabe 1990, 183). Skozi štrline so nitasti deli lišajev zajedli kanalčke. Pod tanko plastjo lišajev so na stenah vhodnega dela Velikega Hublja nastale vdolbinice (sl.24). Svetloba sije naravnost na steno. Lišaji so verjetno prekrili vso skalno površino in hitreje razjedli bolj topne dele kamnine. Sedaj so ohranjeni v vdolbinicah ter v zajedah ob drobnih razpokah. Kaže, da je to tudi posledica občasnega oblivanja stene z vodnim tokom, ki spira izpostavljene dele kamnine. Koristne bi bile natančnejše analize neposrednega vpliva lišajev na razjedanje kamnine.

V rovu za vhodom v Veliki Hubelj so preoblikovana tudi skalna tla in podorni bloki. Razčlembe, to so posamezne ali sestavljene vdolbinice (sl.25) s površino 1 do 10 cm² ter globoke do 3 cm, so zapolnjene z iztrebki jamskih netopirjev. Tudi površina med vdolbinicami je drobno hrapava. Pod iztrebki se raztopijo najprej hitreje topni deli kamnine,



Sl. 19. Površina razjedena s kondenzno vlogo
Fig. 19. The surface etched by condense humidity

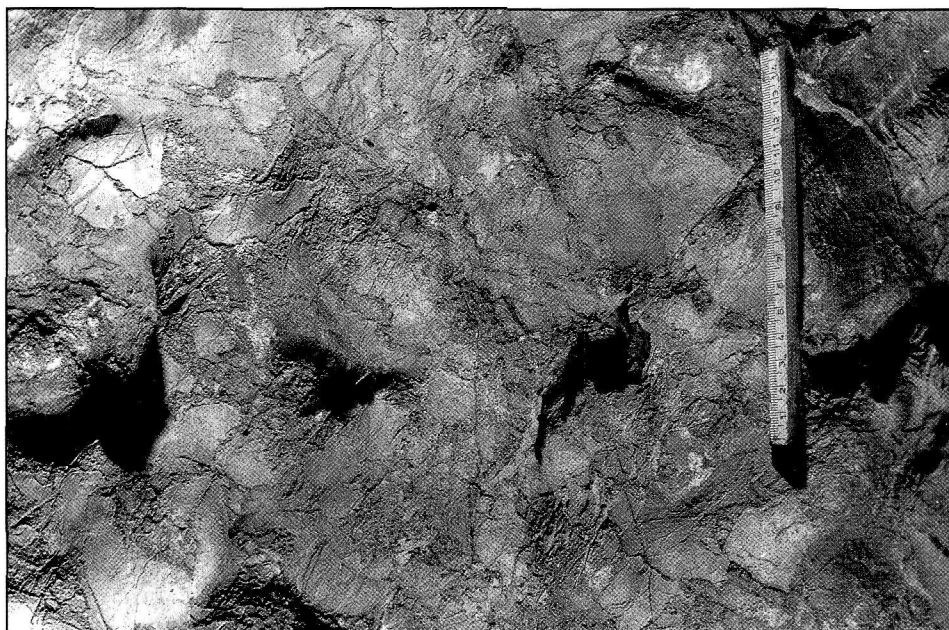
ki se polkrožno poglabijo. Voda, ki jamo občasno zalije, spere izpostavljene dele kamnine, v vboklih pa namoči iztrebke. To povzroči hitrejše raztapljanje kamnine. Razčlembe se poglabljajo in širijo. Ali razjedanje skale povzročajo iztrebki sami, ali pa le večja količina vode, ki se zadrži v njih, ko presahne vodni tok, še nisem ugotovil. Predvidevam, da so podobnega nastanka kot podnaplavinske vdolbinice (Slabe 1992, 24).

V Križni jami v Medvedjem rovu je medvedji obrus (Slabe 1989, 214). To je zglajen del iz stene štrleče kamnine. Okolna skala je razjedena zaradi kondenzirane vlage.

SKLEP

Raznovrstno zrnata sestava karbonatnih kamnin pogojuje oblikovanost njihove površine. Enak dejavnik, ki deluje na različno kamnino ali pa različni dejavniki, ki delujejo na isto kamnino, lahko povzročijo, da je njena površina bolj gladka ali hrapava. Povezave hitrosti procesov in hitrosti odnašanja njihovih proizvodov z gladkostjo površine (Trudgill 1979, 33) je težko posplošiti. Izluščimo pa lahko značilnosti vplivov posameznih dejavnikov na različno kamnino.

Na izrazito nehomogeni kamnini pogosto ne nastanejo skalne oblike. Značilnosti kamnine torej prevladujejo nad učinkovitostjo dejavnikov in površina kamnine je predvsem posledica njene sestave in razpokanosti. Izjema je mehansko brušenje kamnine z vodnim tokom, ki



Sl. 20. Površina s kondenzno vlago razjedene breče v Zadlaški jami
Fig. 20. The surface of breccia etched by condense humidity, Zadlaška jama

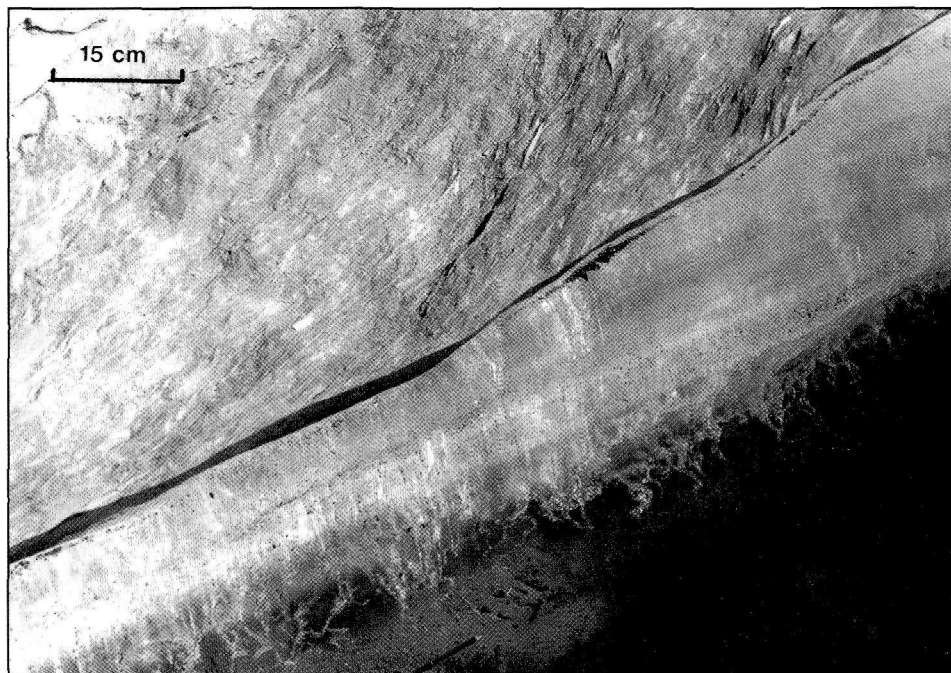
prenaša tovor, s katerim gladi kamnino. Sestava kamnine narekuje tudi površino odlomov, le na premaknjenih blokih apnenca so pogosto tektonske drse.

Na razmeroma homogeni kamnini se oblikuje značilni skalni relief. Njegova površina je odraz različnih dejavnikov, ki ga oblikujejo. Dejavniki povzročajo procese in odnašajo njihove proizvode.

Hitri vodni tokovi, ki ne prenašajo tovora, zaradi izrazite vrtinčaste difuzije povzročajo hitrejšo raztapljanje kamnine in odnašanje raztopine. Počasneje topne delce vodni tok tudi odtrga s površine in odnese neraztopljene. Površina majhnih faset in stropnih kotlic na homogeni kamnini je zato gladka bodisi, da jo opazujemo s prostim očesom bodisi pod veliki povečavami. Počasnejši vodni tok lahko na enaki kamnini zapusti bolj hrapavo površino.

Značilno oblikuje skalo vodni tok z mehanskim delovanjem tovora, ki ga vključuje v vrtinčenje. Skalna površina je zglajena, razena ali obtolčena. Toda pod velikimi povečavami so tudi na gladkih površinah, ki so dokaj ravne, jasno razvidne raze in majhni kraterji.

Pogosto je gladka površina obnaplavinjskih skalnih oblik. Korozija, ki deluje enakomerno na vso površino, jo gladi, seveda če to dopušča sestava kamnine. Če pa takšno gladko površino proučujemo s pomočjo velikih povečav elektronskega vrstičnega mikroskopa, ugotovimo, da je v drobnem izrazito hrapava. To je posledica razjedanja različno topnih delcev kamnine.



Sl. 21. Površina podledne zajede (1cm = 10 cm)

Fig. 21. The surface of notch below ice (1 cm = 10 cm)

Podobno lahko oblikuje skalo večja količina kondenzirane vlage. Manjša količina takšne vlage pa površino kamnine razčleni v hrapavo. Pod velikimi povečavami elektronskega vrstičnega mikroskopa je površina v vseh primerih drobno hrapava. Za oba dejavnika tako vlago v drobnozrnati naplavini kot korozijo zaradi kondenzirane vlage je značilno večinoma manj hitro raztapljanje kamnine in počasno odnašanje raztopine.

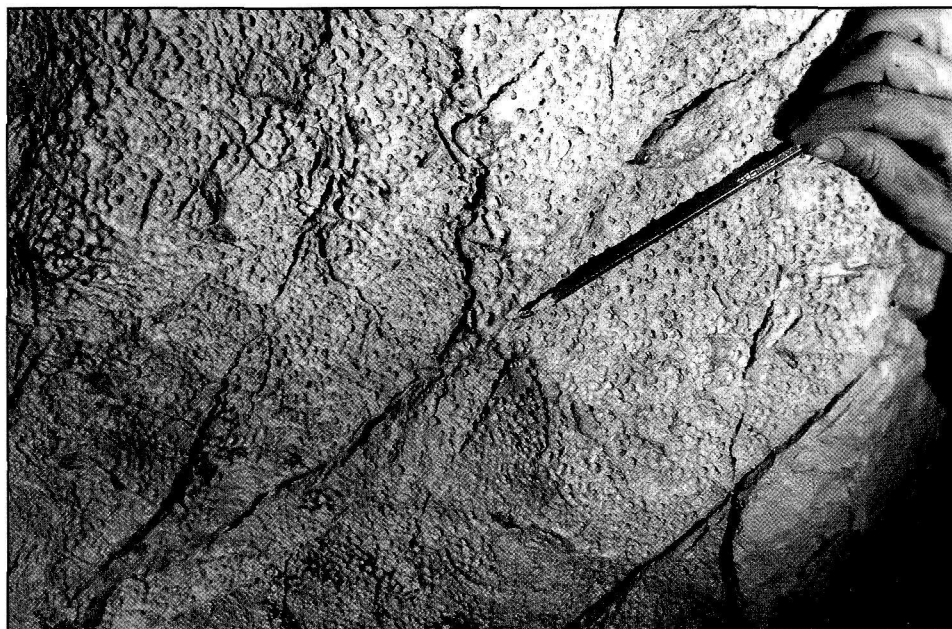
Večja količina polzeče vode, še zlasti, če polzi po stropu, gladi homogeno kamnino. Na izrazito nehomogeno in razpokano kamnino pa nima večjega vpliva.

Svojevrstno je biogeno razjedanje skalne površine. Lišaji povzročijo nastanek luknjičaste in luskinaste površine, ko se zajedajo med kristale. Pod iztrebki netopirjev nastanejo vdolbinice.

Poseben tip je preperela površina. Na takšni površini ostane tanka plast neraztopljene kamnine. Je posledica raztapljanja kamnine zaradi kondenzirane vlaga ali vlage v drobnozrnati naplavini.

Skalna površina je skladna s skalnim reliefom, torej s procesi, ki ga oblikujejo ali pa je posledica njegovega kasnejšega, manj učinkovitega preoblikovanja. Namreč stare skalne oblike, ki jih je vrezal hiter vodni tok in za katere je značilna gladka površina, so bile zaradi spremenjenih hidroloških razmer pogosto obdane z drobnozrnato naplavino ali pa preoblikovane s kondenzno korozijo in biokorozijo. Njihova površina je zato hrapava.

Iz skalne površine lahko razberemo zadnje dejavnike in procese oblikovanja kamnine.

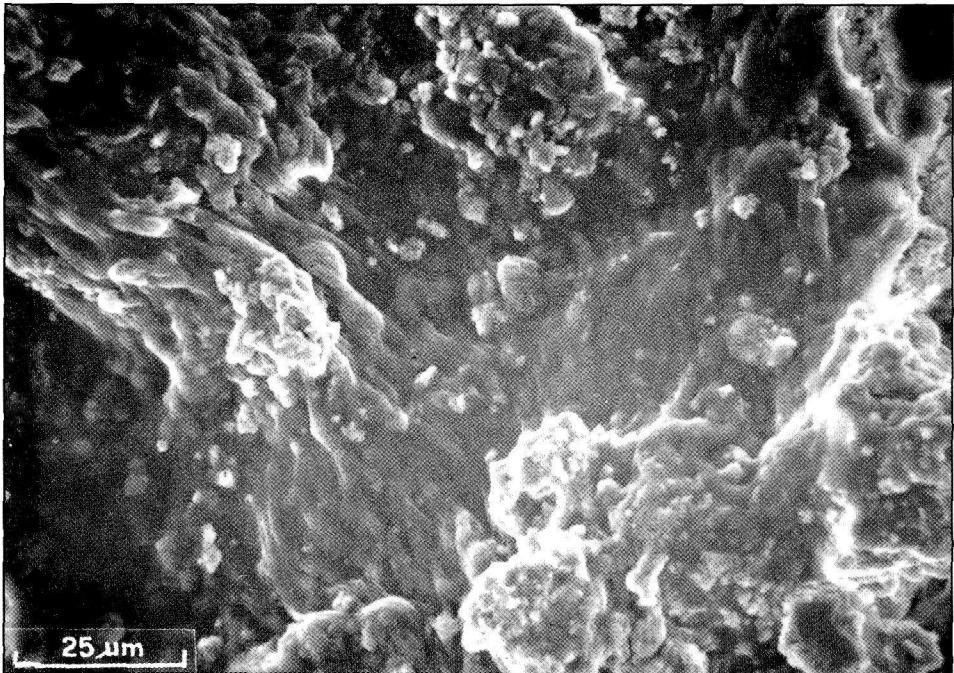


Sl. 22. Podledne vdolbinice v Veliki ledenici v Paradani
Fig. 22. Below ice pockets, Velika Ledenica in Paradana

Dopolni nam dognanja, ki ga nudi poznavanje jamskega skalnega reliefa in je torej lahko pomebna sled razvoja kraških votlin.

LITERATURA

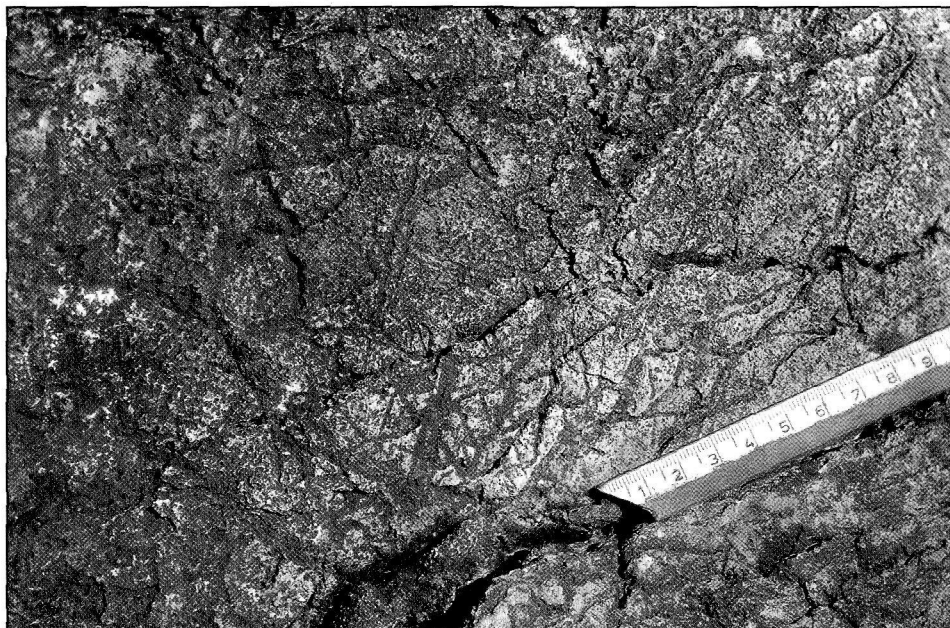
- Bögli, A., 1978: Karsthydrographie und physische Speläologie.- Berlin, Heidelberg, New York.
- Bretz, J.H., 1942: Vadose and phreatic features of limestone caverns.- The journal of geology, V.1, N. 6/1, 675-811, Chicago.
- Cigna, A. A., 1983: Alcune considerazioni preliminari sull'erosione per cavitazione.- Le grotte d'Italia, 479-486.
- Chorley, J.R. & A.S. Schumm & E.D. Sugden, 1984: Geomorphology. - Methuen, 1-605, London & New York.
- Couturaud, A., 1989: Le délicat travail de corrosion des eaux karstiques.- Spelunca 33, 35-42.
- Cser, F., I. Szenthe, 1986: The way of cave formation by mixing corrosion.- 9^o Congreso International de Espeleologia, 276-280, Barcelona.



Sl. 23. Lišaji v vhodnem delu Volčje jame na Nanosu

Fig. 23. The lichens in the entrance part of Volčja jama, Nanos

- Cser, F., 1988: Role and morphological traces of mixing corrosion in caves.- International Symposium on Physical, Chemical and Hydrological Research of Karst, 132-145.
- Ek, C. and H. Roques, 1972: Dissolution expérimental de calcaires dans une solution de gaz carbonique - note préliminaire.- Trans. Cave Research Group of Great Britain, Vol 14, N 2, 67-72.
- Ford, D., P. Williams, 1989: Karst geomorphology and Hidrology.- London. U. Hyman, 601 p.
- Forti, P., 1989: The role of sulfide-sulfate reaction in speleogenesis.- Proceedings of 10th Int. Conres of Speleology, Budapest-Hungary, 71-73.
- Gams, I., 1962/63: Kako nastanejo korozijske kotlice?.- Proteus 25/1, 26-28, Ljubljana.
- Gams, I., 1963: Meritve korozijske intenzitete v Sloveniji in njihov pomen za geomorfologijo.- Geografski vestnik 34 (1962), 3-18, Ljubljana.
- Gams, I., 1971: Podtalne kraške oblike.- Geografski vestnik 43, 27-45, Ljubljana.
- Habič, P. & M. Knez & J. Kogovšek & A. Kranjc & A. Mihevc & T. Slabe & S. Šebela & N. Zupan, 1989: Škocjanske jame speleological revue.- Int. J. Speleol. 18/ 1-2, 1-42.
- Herman, J.S., W.B. White, 1985: Dissolutin kinetics of dolomite: Effects of lithology and fluid flow velocity.- Geochimica et Cosmochimica Acta, Vol. 49, 2017-2026.
- Kranjc, A., 1985: Une exemple de corrosion sur les galets carbonatés.- Spelunca Mémoires 14, 80.



Sl. 24. Lišaji v vhodnem delu Velikega Hublja
Fig. 24. The lichens in the entrance part of Veliki Hubelj

- Mihevc, A., 1989: Kontaktni kras pri Kačičah in ponor Mejame.- *Acta carsologica* 18, 171-195, Ljubljana.
- Mowat, G.D., 1962: Progressive changes of shapes by solution in laboratory, *Cave notes* 4/6, 45-49.
- Mucke, B., R. Völker, S. Wadewitz, 1983: Cupola formation in occasionally inundated cave roofs.- European regional conference on speleology, Sofia - Bulgaria 22.-28. 9. 1980, 133-137, Sofia.
- Ollier, C., 1984: *Weathering*. VII, 270 str., London.
- Palmer, T. & C. Plewes, 1993: Boring and bioerosion in fossils. - *Geology Today* Vol 9, No 4, 138-142.
- Renault, Ph., 1958: *Eléments de spéléologie karstique*.- *Annales de Spéléologie* 13, 21 - 48.
- Slabe, T., 1987: Jamske anastomoze v Dimnicah.- *Acta carsologica* 16, 167-179, Ljubljana.
- Slabe, T., 1988: Kondenzna korozija na skalnem obodu Komarjevega rova v Dimnicah.- *Acta carsologica* 17, 79-92, Ljubljana.
- Slabe, T., 1989, MN: Skalne oblike v kraških jamah in njihov pomen pri proučevanju Dimnic, Križne in Volčje jame ter Ledenice na Dolu.- Magistrska naloga, Univerza Edvarda Kardelja v Ljubljani.



Sl. 25. Vdolbinice pod iztrebki netopirjev
Fig. 25. Solution niche below the guano

- Slabe, T., 1989: Skalne oblike v Križni jami in njihov speleogenetski pomen.- Acta carsologica 18, 197-220, Ljubljana.
- Slabe, T., 1990: Skalne oblike v dveh poligenetskih jamah visokega krasa.- Acta carsologica 19, 165-196, Ljubljana.
- Slabe T., 1992: Jamski skalni relief kot odsev speleogenetskih dogajanj v izbranih predelih slovenskega krasa. - Doktorsko delo, Univerza v Ljubljani.
- Slabe, T., 1992: Naravni in poskusni obnoplavinski jamski skalni relief.- Acta carsologica 21, 7-34, Ljubljana.
- Slabe, T., 1993: Fasete - pomembna sled oblikovanja in razvoja kraških votlin.- Acta carsologica 22, 139-177, Ljubljana.
- Sweeting, M.M., 1967: The Weathering of Limestones with particular reference to the Carboniferous Limestones of Northern England.- Essays in Geomorphology /Ed. G. H.Dury, Heinemann, 177-210, London.
- Sweeting, M.M., 1972: Karst Landforms.- Macmillan, London.
- Trudgill, S.T., 1979: Chemical polish of limestone and interaction between calcium and organic matter in peat drainage waters.- Trans. British Cave Research Assoc. 6/1, 30-35.
- Trudgill, S., 1985: Limestone geomorphology.- London and New York.
- Viles, H., 1987: A quantitative scanning electron microscope study of evidence for lichen weathering of limestone, Mendip Hills, Somerset.- Earth surface processes and landforms 12, 467-473.
- White, W.B., 1988: Geomorphology and Hydrology of Karst Terrains.- New York.
- Zupan, N., A. Mihevc, 1988: Izvor in mineraloška analiza sedimentov v Veliki ledenici v Paradani.- Speleobih, 10. kongres speleologa Jugoslavije, Sarajevo 27.-30.10. 1988, 17-24.

THE FACTORS INFLUENCING ON THE FORMATION OF THE CAVE ROCKY SURFACE

Summary

While studying the cave rocky features a special attention is given to their surface. The surface of the rocky forms may be described as smooth or rough, observed either with the naked eye or magnified. By strong magnification by electron microscopy almost all rocky surfaces are at least partly rough. This is the effect of granular, partly homogeneous composition of carbonate rocks. The rocky surface is washed as the factors, influencing to it, transport the products of the processes or it is weathered. It is such when covered by soft layer of partly dissolved rock.

Granular and heterogeneous composition of the carbonate rocks is controlled by different formation of their surface. The same factor acting upon various rocks or various factors acting upon the same rock may cause, that its surface is more smooth or more rough. The connection of the processes velocity and the velocity of the products transport with the

smoothness of the surface (Trudgill 1979, 33) may hardly be generalised. Yet the properties of particular effects to various rocks may be distinguished.

Frequently the rocky features do not appear on remarkably unhomogeneous rock. The properties of the rock thus predominate over the efficiency of the factors and the rock surface is mostly controlled by its lithology and joint frequency. The exception is the mechanical rock polish by the water flow transporting a load. The lithology dictates the surface of the fragments, on displaced limestone blocks only the tectonic sliding planes may be seen.

On relatively homogeneous rock the characteristic smoothness of rock surface occurs. Its surface is controlled by various factors, shaping it and causing the transport controlled processes.

The water flow with load mechanic action included into eddies, shapes the rock in the characteristic way. The rock surface is frequently polished, abraded or bruised. By great magnification even on smooth surfaces having rather flat basic plane small abrasions and craters are clearly seen.

The surface of the along-sediment rocky features is smooth too. Corrosion, acting equally over the entire surface polishes it, if, of course, the lithology permits. But studying such smooth surface by great magnification of electron microscope we may infer that it is rough in details. This is the result of weathering of better soluble rock particles.

Quick water streams without load transport due to eddy diffusion cause more quick dissolution of the rock and transport of the solution. Less soluble particles may be torn from the surface and they are transported unsolved. The surface of small scallops and ceiling pockets on the homogeneous rock is thus smooth either with a naked eye or by great magnification. Slower water flow on equal rock leaves rough surface.

Similar effect to the rock may be left by great quantity of condense humidity. Smaller quantity of such moisture makes the rock's surface rough. By great magnifications of the electron microscope the surface is in all cases thinly rough. For both factors, i.e. fine-grained sediments moisture level and corrosion due to condense humidity is characteristic mostly less efficient dissolution and slower transport of the solution.

Bigger quantity of trickling water, in particular if it trickles over the ceiling, polishes the homogeneous rock. It does not have any bigger effect to unhomogeneous or fissured rock.

Unique is biogenic surface weathering. The lichens cause the porous and scaly surface when penetrating among the crystals.

Weathered surface results by rock dissolution due to condensed humidity or the fine-grained sediment moisture level.

The rocky surface is concordant to the rocky relief, it means to the processes in control or else, it is the result of its later, less effective transformation. Old rocky features which had been incised by a quick water flow and had smooth surface may, due to changed hydrologic conditions, be encircled by the fine-grained sediment or transformed by the condense corrosion and bio-corrosion. Their surface is then rough.

The rocky surface tells us which factors and processes the last influenced on the rock formation. It completes the knowledge offered by the cave rocky relief and thus may be an important trace for the karst caverns genesis.