

**NARAVNI IN POSKUSNI OBNAPLAVINSKI JAMSKI
SKALNI RELIEF**

**NATURAL AND EXPERIMENTAL CAVE ROCKY RELIEF ON
THE CONTACT OF WATER AND SEDIMENTS**

TADEJ SLABE

Izvleček

UDK 551.442

Slabe, Tadej: Naravni in poskusni obnaplavinski skalni relief

Ob stiku z drobnozrnato naplavino voda značilno oblikuje skalni obod kraških votlin v obnaplavinski relief. Nad poplavno naplavino se voda pretaka v manjših tokovih v poplavljeni coni in na stropu vrezuje nadnaplavinske žlebove. Vdolbinice nastanejo ob vlažni naplavini. Podnaplavinske skalne oblike so del skalnega reliefa rovov, skozi katere se občasno pretakajo počasnejši vodni tokovi in na obod odlagajo drobnozrnato naplavino. Žlebiči nastanejo z izcejanjem vode iz naplavine, zaradi korozije pod vlažno naplavino nastanejo vdolbinice, zaradi raztapljanja gole skale v zalitih rovih pa stenske zajede in stropne konice. Nastanek in način oblikovanja nadnaplavinskih žlebov in podnaplavinskih žlebičev sem potrdil in deloma proučil z laboratorijskimi poskusi na mavcu.

Ključne besede: kraška votlina, jamski skalni relief, skalna oblika.

Abstract

UDC 551.442

Slabe, Tadej: Natural and experimental cave rocky relief on the contact of water and sediments

At the contact with fine grained sediments the rocky rim of the karst caverns is shaped in a typical relief. Above the flood deposits the water in the flooded zone flew in smaller flows and cut against the ceiling above the sediment solution flutes. The solution niches occur along the humid sediment. Below sediment rocky features form a part of passages rocky relief where slow water courses flow at times and deposit fine grained sediment. Due to water filtering from the deposit half tubes develop, due to corrosion below the humid sediments small niches and due to solution of the bare rock in the flooded channels the rocky notches (indentations) and ceiling pendants occur. The origin and the way of shaping of the above sediment half tubes and the below sediment half tubes were confirmed and partly reproduced by plaster simulations.

Key words: karst cavern, rocky cave relief, rocky feature

Naslov - Address

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

KAZALO

1. UVOD	11
2. NADNAPLAVINSKE SKALNE OBLIKE	11
2.1. Stropni in stenski žlebovi ter anastomozne mreže	11
Oblika nadnaplavinskih stropnih žlebov in anastomoz	12
Poskusni nadnaplavinski žlebovi v mavcu	16
Nastanek in razvoj nadnaplavinskih žlebov ter anastomoz	19
2.2. Vdolbinice in kotlice	20
3. PODNAPLAVINSKE SKALNE OBLIKE	21
3.1. Poskusni podnaplavinski žlebiči	21
3.2. Podnaplavinske vdolbinice	24
3.3. Podnaplavinske stropne kotlice	26
3.4. Podnaplavinske stropne konice	27
3.5. Stenske zajede in niše	28
4. POVRŠINA OBNAPLAVINSKIH SKALNIH OBLIK	29
5. SKLEP	30
6. LITEARTURA	31
7. SUMMARY	32

1. UVOD

Ob stiku z drobnozrnato naplavino voda obod kraških votlin pogosto razčleni v obnaplavinski skalni relief. Sestavljajo ga nadnaplavinske in podnaplavinske skalne oblike. Nadnaplavinski žlebovi in vdolbinice so značilnost rovov, ki so bili zapolnjeni s poplavno naplavino. Zaradi pretoka vode nad ilovico v poplavljenem rovu žlebovi povišujejo strop in voda se zajeda v stene, ko odteka navzdol. Voda, ki priteka v zapolnjene rove skozi razpoke, lahko ob njihovem ustju naredi kotlice. Drobne vdolbinice pa nastanejo na kamnini ob sami vlažni naplavini. Nadnaplavinske skalne oblike so značilnost votlin kontaktnega krasa, ki so bile v pleistocenu pogosto v celoti zapolnjene z drobnozrnato naplavino.

Podnaplavinske skalne oblike so del skalnega reliefa rovov, skozi katere se občasno pretakajo počasnejši vodni tokovi in na obod odlagajo drobnozrnato naplavino. To so žlebiči in vdolbinice, stenske zajede, stropne konice in kotlice ter stenske niše. Nastajajo zaradi izcejanja vode iz naplavine (žlebiči), korozije pod vlažno naplavino (vdolbinice), ko se umaknejo visoke vode, ali pa zaradi raztapljanja gole skale v zalitih rovih (stenske zajede, stropne konice). Naplavina namreč mestoma prepreči vodi stik s steno. V občasno poplavljenih rovih pogosto prevladujejo sledi naplavljanja manjših količin drobnozrnate naplavine nad oblikami, ki jih zapuščajo vodni tokovi. Nihanje vodne gladine je posledica kratkotrajno spremenljivih klimatskih razmer na našem krasu.

Nastanek večine naštetih skalnih oblik sem skušal razložiti predvsem po njihovih oblikovnih značilnostih, položaju na skalnem obodu ter pogojih, v katerih se oblikujejo. Dognanja o nastanku nadnaplavinskih žlebov in podnaplavinskih žlebičev pa sem dopolnil s poskusi na mavcu. Pri poskusih mi je pomagal J. Hajna.

2. NADNAPLAVINSKE SKALNE OBLIKE

2.1. Stropni in stenski žlebovi ter anastomozne mreže

Stropne žlebove in anastomoze zasledimo kot eno najmlajših skalnih oblik v danes suhih rovih Primorskega (Dimnice (kat. št. 736), Kamnešča (kat. št. 2967), Škocjanske jame (kat. št. 735), Trhlovca (kat. št. 67) in Lipiška jama (kat. št. 311)), Notranjskega (Križna jama (kat. št. 65), Planinska jama (kat. št. 748), Ciganska jama pri Predgrizah (kat. št. 493), Postojnske jame (kat. št. 747), Predjama (kat. št. 734), Beloglavka (kat. št. 744), Markov spodmol (kat. št. 878) in Dolenjskega krasa (Brlog na Rimskem (kat. št. 4209)). Izrazitejše poplave so z drobnozrnato naplavino zapolnile več jamskih nadstropij hkrati (Dim-

nice) ter tako povzročile tudi preoblikovanje starih rovov. V jamah, skozi katere se še danes pretaka vodni tok, so stropni žlebovi ohranjeni le v višje ležečih ali višjih rovih, torej tistih, ki jih vodni tokovi ne dosežajo več. V redkih primerih, ko je vodni tok dosegel žlebove, je priostril štrline med njimi. Po skalnem reliefu sklepam, da so nadnaplavinski žlebovi v naštetih jamah nastali v zadnjih obdobjih pleistocena ali že v prehodu v holocen.

Podrobneje sem opisal anastomozno mrežo v zgornji etaži Dimnic (SLABE, 1987). Predpostavil sem, da je mreža nastala v lokalno zajezeni coni, ko se je po žlebovih na stiku z ilovico pretakala voda. Opisal sem tudi nadnaplavinski skalni relief v Križni jami (SLABE, 1989, 212). Ravne stropove in nadnaplavinske žlebove v Brlogu na Rimskem je predstavil MIHEVC (1991). Nastanek žlebov zaradi pretakanja vode nad drobnozrnato naplavino je potrdil že LAURITZEN (1981, 407) s poskusom, ko je na mavcu nastal splet majhnih žlebičev, ki so imeli le 2-3 mm premera. Takšne velikosti pa so bili tudi delci, ki so sestavljali naplavino. Žlebiči so torej nastali zaradi pretakanja vode med delci naplavine, ki so bili v tesnem stiku z mavcem. Žlebovi v jamah pa so praviloma večji in znatno presegaajo velikost delcev v naplavini. S poskusi na mavcu sem zato skušal prispevati k natančnejši razlagi nastanka in razvoja stropnih žlebov.

Tabela 1

Obnaplavinske skalne oblike:

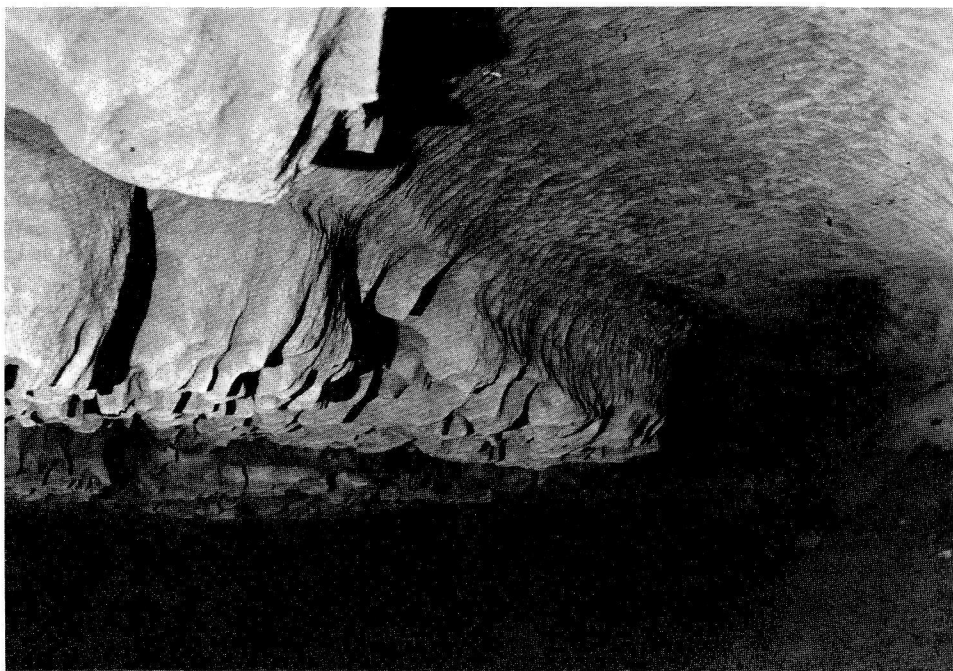
S K A L N E	O B L I K E	DEJAVNIKI OBLIKOVANJA	POGOJI OBLIKOVANJA	PROCES NA KAMNINI
NAD- NAPLAVINSKE	stropni, stenski žleb anastomoze vdolbinice kotlice	manjši tokovi nad naplavino vlaga v naplavini ali dotok vode do napl.	zalita cona zalita cona zalita cona zalita cona	korozija
POD- NAPLAVINSKE	žlebiči vdolbinice stropne kotlice stropne konice stenske zajede	izcejanje vode iz naplavine vlaga v naplavini izcejanje vode iz naplavine voda ob naplavini voda nad naplavino	občasno zalita cona občasno zalita cona občasno zalita cona zalita cona zalita cona	korozija korozija korozija korozija

Oblika nadnaplavinskih stropnih žlebov in anastomoz

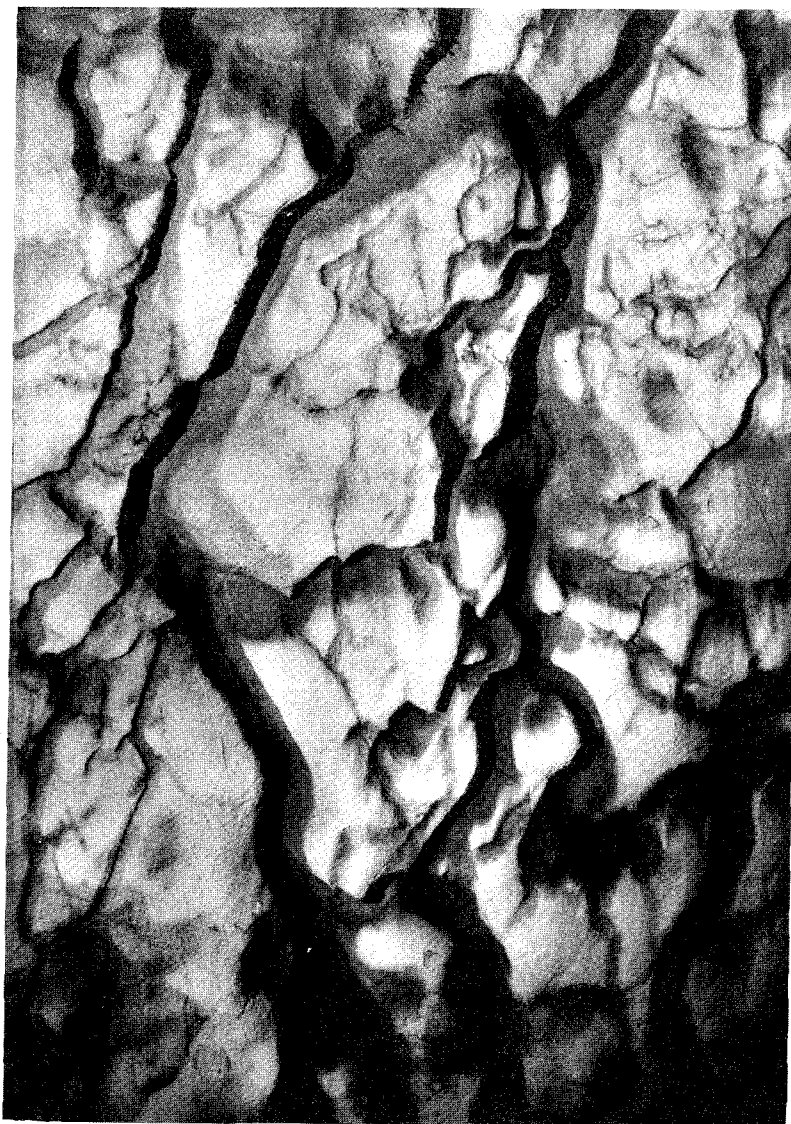
Veliki **žlebovi** (tabela 1) zavzemajo ves zgornji del rova, manjši žlebovi pa so le na najvišjem delu stropa. Prvi so v rovih (SLABE, 1989, MN, 23, 36) z navpičnimi stenami, kakršna je tudi Turkova jama (kat št. 41). Takšne rove omenjata tudi FORD in WILLIAMS (1989, 272). Veliki žlebovi dosežejo več metrov premera. Manjši žlebovi imajo omega prečne prereze in so vijugasti. Z velikostjo žlebov se povečuje njihova premočrtnost. Če so žlebovi nastali ob razpokah, so

razmeroma ozki in visoki, ter imajo polkrožne vrhove. Ob razpokah so ohranjeni tudi žlebovi, ki imajo prečne prereze v obliki obrnjene črke V in ostro vijugajo. To je posledica mreže razpok. Premer manjših žlebov meri od 1–100 cm. Majhni žlebovi pogosto vodijo tudi iz stropnih kotlic, ki so nastale ob razpokah (SLABE, 1989, MN, 29).

Stropne žlebove, ki so prepleteni v mrežo, imenujemo **anastomoze** (SLABE, 1987, 169) in ker so nastale nad naplavino jih poimenujemo še z izrazom nadnaplavinske (tabela 1). Poznamo namreč tudi medskladovne in medrazpoklinške anastomoze. Površina anastomoz, ki prekrivajo ves strop rova (Havaji v Brlogu na Rimskem (sl.1), Kozinski rov v Lipiški jami), del stropa ali pa le podvise na stenah (Dimnice (SLABE, 1987, 171), Trhlovca, Turkova jama), meri od nekaj desetink do več kvadratnih metrov. Mreže so samostojne ali pa jih je več povezanih z žlebovi (SLABE, 1987, 172). Ločimo dva načina povezav žlebov in anastomoz. Prvi so žlebovi in anastomoze, ki so na stropu. Anastomoze na stenskih podvisih povezujejo stenski žlebovi. Mreže anastomoz nastanejo na površinah, ki so nagnjene do 30° , večji je nagib površine, bolj je izrazita usmerjenost žlebov v smeri njenega vpada. Usmerjenost je razvidna od 10° naklona naprej (Kozinski rov v Lipiški jami (sl.2)). Žlebovi v anastomozah so podobni posameznim žlebovom. Za mreže, ki jih sestavljajo žlebovi različnih velikosti, je značilna nadstropnost (Brlog na Rimskem (sl.3), Dimnice (SLABE, 1987)). Najmanjši žlebovi s premerom le nekaj cm so praviloma najbolj vijugasti in so obviseli nad večjimi, globlje zajedenimi žlebovi. Srednje veliki žlebovi s premerom od 10 do 15 cm in omega oblike so za velikost premera globlji. Največji žlebovi,

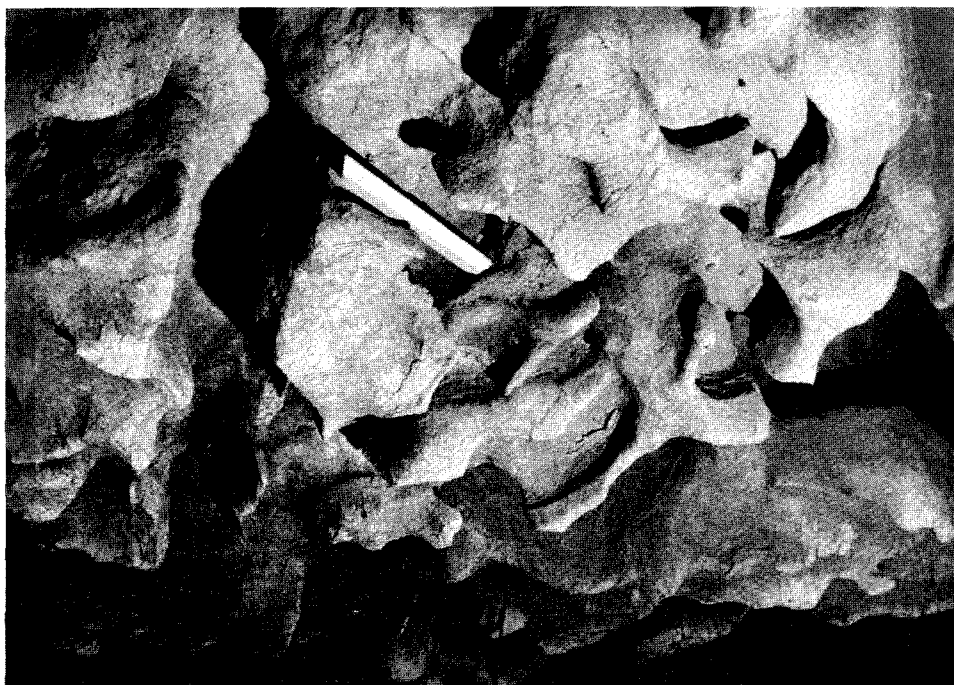


Sl. 1 Anastomozna mreža v Havajih v Brlogu na Rimskem
Fig. 1. Anastomosing net in Hawaii, the cave Brlog na Rimskem



Sl. 2 Anastomoze na stropu Kozinskega rova v Lipiški jami
Fig. 2. Anastomoses on the ceiling of Kozinski rov, Lipiška jama

ki so veliki tudi preko metra (Havaji v Brlogu na Rimskem), pa so polkrožnega prečnega prereza. Večji žlebovi so bolj premočrtni. V anastomozah z gosto mrežo žlebov, ki niso nastali ob razpokah, so med žlebovi krožne ali zaobljene večkrake štrline. Spodnja ploskev kamnine, v katero so žlebovi zajedeni, je dokaj ravna. Na dolomitu žlebovi pogosto nimajo pravih omega prečnih prerezov in



Sl. 3 Del anastomoz v Havajih v Brlogu na Rimskem (merilo= 15 cm)

Fig. 3. A part of anastomoses in Hawaii, the cave Brlog na Rimskem (scale = 15 cm)

so tudi na istem nivoju različnih velikosti in oblik. Štrline med njimi so bolj koničaste in drobno razčlenjene. Značilna krojivost dolomita v tanke plošče se odraža tudi v obliki anastomozne mreže s pravokotno povezanimi žlebovi. V anastomozah, ki so nastale na konglomeratu v Smoganici (kat. št. 823), so med manjšimi žlebovi štrline, ki so sestavni deli kamnine (sl.4). Na obliki večjih žlebov se kamnina ne odraža, saj segajo prek različnih sestavnih delov.

Na površinah, ki so nagnjene več kot 30° , so stenski žlebovi. Žlebovi, ki potekajo po stenah navzdol, so večji ter premočrtni. Če pa potekajo vzporedno s položnim rovom ali poševno po steni, so vijugavi. Na njihovih zavojih so nastale manjše štrline.

Na gosto razpokani kamnini so na stenah in na stropu pogosto manjše cevi s premerom do 10 cm in so v celoti nastale v kamnini (Dimnice, Ledenica na Dolu (SLABE, 1989, MN, 153)). Takšne cevi so nastale tudi pri poskusu v mavcu.

Stropni žlebovi so tudi v jamah, ki so začele nastajati ob stiku zgornje karbonatne kamnine s spodnjim flišnim laporjem. Prvotni kanali, ki so imeli značaj medskladovnih anastomoz (EWERS, 1982), so prerasli v rove zaradi erozije laporja. Takšna je Piskovica (JEKIĆ, ZLOKOLICA, 1988, 71; MIHEVC, 1991, 21). Žlebovi so razvrščeni ob pravokotni mreži razpok. Vzdolžni žlebovi, iz katerih so se razvili rovi, so večji. Podobni žlebovi so ohranjeni tudi v Poljanski buži in Kubiku.



Sl. 4 Anastomoze na konglomeratu v Smoganici (merilo= 15 cm)
 Fig. 4. Anastomoses on the conglomerate in Smoganica (scale = 15 cm)

Poskusni nadnaplavinski žlebovi v mavcu

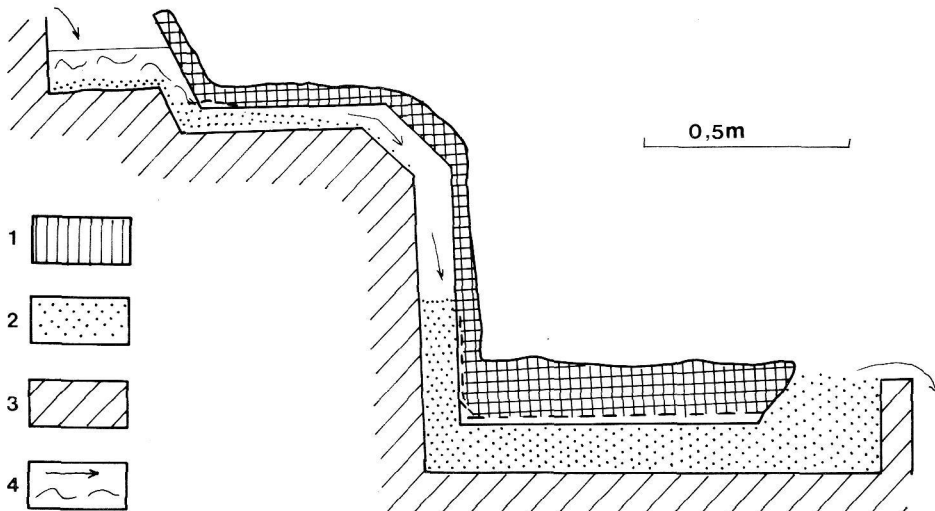
Dosežki ustvarjanja nadnaplavinskih stropnih žlebov na mavcu so zaradi majhnega števila poskusov še omejeni. Največja pomanjkljivost poskusov je onemogočeno sprotno spremljanje njihovega oblikovanja. Poskus pa je moč opazovati in uravnavati na pritočku vode v sistem in na iztoku iz njega. Vsekakor pa kaže s poskusi nadaljevati, saj so doprinesli pri proučevanju pretakanja vode nad drobnozrnato naplavinno mnogo razlag in odprli poti novim.

Pri delu smo uporabljali vodo iz vodovoda, industrijski mavec ($\text{CaSO}_4 \times 1/2$ vode) in flišno ilovico iz Blatnega rova v Predjami. V vodi se je pri sobni temperaturi raztopilo 1,4 grama mavca. Ilovica je vsebovala tudi 0,5 % organskega ogljika. Ko se je ilovica dlje časa namakala v vodi, se je raztopilo nekoliko več mavca (1,7 g/l).

Pod različno velike plošče mavca (0,3–0,5 m²; največja je bila dolga in široka 70 cm), ki so bile vodoravne, navpične, ali različnih naklonov, smo naplavili 5 do 8 cm debelo plast ilovice. To smo dodajali pritočni vodi s pretokom 1,5 l/s. Pred iztokom iz sistema so bile plošče pod gladino izvira, v zaledju pa nad njo. Ilovica je hitro zapolnila prostor pod ploščami, ki so bile pod gladino izvira. Najprej se je voda prelivala čez zaporo izvira enakomerno, nato pa so nastali posamezni izviri z vrtinci, ki so bili dokaj enakomerno razporejeni vzdolž preli-va. Število izvirov se je sčasoma manjšalo in končno je prevladal en sam, v

nekaterih poskusih pa tudi dva izvira. Ilovico smo pritočni vodi dodajali sproti, nekaj jo je tudi odtekalo. Pretok skozi sistem se je občasno upočasnil ali pa celo zastal. Ker pa je bil v zaledju možen 1,5 metrski stolpec pritiska, se je čez 1 do 5 minut pretok odprl z manjšim ali večjim sunkom vode. Po največjih sunkih se je obnovilo več izvirov. Večina je kmalu prenehala prevajati vodo. Obnovila se je podoba izpred zamašitve sistema. Če smo dodali preveč ilovice, smo pretok obnovili le z osušenjem sistema. Ilovica se je takrat vsedala in razpokala in s poskusom smo lahko nadaljevali. Že pri prvih poskusih se je pokazalo, da so žlebovi nastali ob stikih mavca, ki so bili posledica sestavljanja in zapiranja sistema ter ob razpokah. V poskusu, ko je bila plošča le nekaj cm pod gladino izvira, sta ob stiku mavca nastala žleba. Prvi je imel 1 cm velik premer in omega prečni prerez. Po nekaj urah se je prerez odprl, razširil (2 cm) in povišal (2,5 cm). Drugi žleb je bil širok 5 cm in globok 3 cm. Žlebova sta sprva delovala hkrati, nato pa je ves pretok pod mavčno ploskvijo prevzel večji žleb. Manjši žleb se je zaradi sprotnega dodajanja ilovice zamašil, njegov vrh pa je pred tem že malo presegel gladino izvira. Njegovo rast navzgor je omogočala sipina, ki je nastala pred ustjem. Manjši žlebovi so nastali tudi na ploščah mavca, ki so bile dokaj visoko nad gladino izvira. Oblikovali so se na ostrih pregibih med ploščami, ki so se stikale pod različnimi koti. Pod pregibi se je nakopičila ilovica.

Najbolj izrazit splet žlebov je nastal na plošči, ki je bila dolga in široka 0,7 m in katere dno je bilo 0,2 m pod gladino izvira (sl.5). V sistem, ki je deloval 120 ur, smo sproti dodajali ilovico. Polovica potopljene površine mavca je bila drobno razpokana, v drugo polovico pa smo vrezali pravokotno mrežo zarez, ki so bile 5 mm globoke in 3 mm široke. Najprej so na vsej površini, tudi med za-



Sl. 5 Prečni prerez poskusnega modela
Fig. 5. Cross-section of the experimental model



Sl. 6 Stropna žlebova na mavcu
Fig. 6. Ceiling half tube in plaster

rezami in razpokami, nastale majhne anastomoze s premerom le nekaj mm. Večji žlebovi so nastali na razpokani plošči. Globlji žlebovi (sl.6) (do 2,5 cm) so ožji (do 8 mm), plitkejši žlebovi (do 1,5 cm) pa širši (1,2 cm) in imajo omega prečne prereze. Globlji žlebovi imajo polkrožne vrhove. Po velikosti izstopa žleb, ki dokaj premočrtno povezuje razčlenjeno mrežo razpok. Nekateri žlebovi so slepi. Ugotavljanje prevodnosti žlebov pa je bilo otežkočeno, saj se je voda pretakala tudi skozi mavec. Razpokano ploščo smo namreč povezali z nekaj cm debelo plastjo mavca in na stiku obeh je nastala 5 cm široka cev z ravnim dnom. Ob robu je cev polkrožno razširjena. Ima obliko širokega omega prečnega prereza in je dokaj premočrtna. Manjši žlebovi na površini plošče so se zapolnili z ilovico. Sledi ilovice na stiku mavčnih plošč nam dokazujejo, da je voda z ilovico zapolnila najprej manj prevodne poti, hkrati pa si je utrla bolj prevodne. Ob iztoku iz žlebov, na navpičnem robu plošče, nastanejo plitki in 1 cm široki, ravni žlebovi. Le ob večjem izviru, za osrednjim žlebom ima iztočni žleb večje lijakasto ustje. Tudi ti žlebovi so nastali pod vodno gladino izvira in sicer na stiku s sipinami, ki jih je voda odložila pred zaporo izvira.

Na spodnji ploskvi mavca so med žlebovi nastale krožne štrline, ki imajo premer 10 mm in so do 3 mm visoke. Na ostali površini pa so majhne vdolbinice, ki imajo 1-3 mm premera ali pa iz površine štrlijo majhni drobci peska, ki je v mavcu. Površina žlebov je gladka, na njej so le posamezne, do 1 mm velike, polkrogelne vdolbinice.

Pred zaključkom poskusov smo obarvali ilovico, ki jo je voda nanese v sistem. Na mavcu ter v ilovici so se jasno pokazali kanali, ki so bili prevodni zadnji.

Nastanek in razvoj nadnaplavinskih žlebov ter anastomoz

Po opazovanjih skalnih oblik v votlinah sem predpostavil, da počasnejše poplavne vode postopno odlagajo drobnozrnato naplavino, ki zapolnjuje rov najprej v zatišnih legah, nato pa od ovire navzgor in od tal proti stropu. Če je pretok vode počasen, kar je posledica manjše prepustnosti rovov, tok pa prenaša dovolj drobnozrnatega materiala, zapolni naplavina rove skorajda v celoti. Večja količina vode se pretaka skozi ves zgornji del rova (Dimnice), manjša količina vode pa si poišče najbolj prevodne poti pod stropom rovov. Voda se po naplavini pretaka pod pritiskom in v strop se vrezujejo žlebovi. Velikost, oblika in vijugavost žlebov je posledica oblike in prepustnosti rovov, hitrosti pretoka vode ter značilnosti materiala, ki ga prenaša voda.

Predvidevanja je poskus potrdil. Ugotovil sem tudi, da ob povečanem pritisku v zaledju hitrejši vodni tok lahko začne odnašati naplavino. Zaradi manjše hitrosti pretoka pa se odloži preveč ilovice, kar je primer pri gostem blatnem toku, in žlebovi se zamašijo. Pri poskusih, ki so imeli omejen stolpec pritiska, se je pretok obnovil šele po dolgotrajnejši prekinitvi in osušitvi naplavine, ki se je usedala in razpokala.

Najmanjše delce naplavine lahko prenaša zelo počasen tok in ko se vsedejo, je za njihov ponovni prenos potrebna precej večja hitrost toka od tiste, ki jo je imela voda, ko je te delce prenašala in odlagala (SCHEIDEGGER, 1961, 135). Ilovico, katere delci so veliki 0,01 mm odlaga voda pri hitrosti 1,2 cm/s, erodira pa jo šele pri hitrosti 40 cm/s. Manjši so delci naplavine, večji je razkorak hitrosti, pri kateri se odlagajo, ali pa jih voda zopet vključi v svoj tok. To je osnovni vzrok za zapolnjevanje rovov z drobnozrnato naplavino in seveda za izrazito vrezovanje vode, ki se pretaka nad naplavino, in zajeda v strop. Ko se žlebovi dovolj povečajo, da se poveča tudi hitrost pretoka skozi, se voda vrezuje tudi v ilovico pod njimi (SLABE, MN, 1989, 69). Večji žlebovi so zato polkrožni, spodnji polkrog cevi je namreč že v ilovici. Hitrost pretakajoče vode skozi anastomozne žlebove je, če sklepamo po velikosti delcev v naplavini in če je premer žleba velik 10 cm, 0,1 do 8 cm/s in tok je na podlagi Reynoldsovega števila laminaren. Turbolenten je tok v žlebovih, ki imajo premer večji od 20 cm. To kaže tudi razširjenost večjih žlebov na zunajnih robovih vijug. Vijuganje je lahko tudi posledica vrtničenja vodnega toka z vrtinci, ki so enaki ali večji od preseka žleba ali cevi.

Manjša prevodnost rova pospešuje odlaganje naplavine. Voda se pod pritiskom razdeli v razvejano mrežo vijugastih žlebov in nastajajo anastomoze. V Brlogu na Rimskem so v večjih in višjih rovih na stropu večji žlebovi, v nižjih Havajih pa je velika anastomozna mreža. Za anastomoze, ki jih sestavljajo tudi večji žlebovi, je značilna nadstropnost. Manjše mreže z enako velikimi žlebovi imajo vse žlebove v istem nivoju. V večjih mrežah pa manjši žlebovi obvisijo nad večjimi. Če se veliki žlebovi, ki prepredajo mrežo, povečujejo in prevladajo, lahko prekrijejo ostale žlebove in med njimi ostanejo le še posamezne štrline. V Brlogu na Rimskem veliko anastomozno mrežo preči premočrten žleb s premerom prek 1 metra.

S poskusom smo ugotovili, da si voda na začetku oblikovanja mreže, ob hitrem odlaganju naplavine, poišče najbolj prevodne poti. To nam potrdi tudi vrsta izvirov na začetku poskusa in majhne anastomoze na mavcu. Voda nato izbere najbolj prevodne žlebove, manjše pa zapolni z naplavino. Manjši žlebovi in zareze, ki smo jih naredili na plošči, so bili zapolnjeni z ilovico in brez sledu

barve, ki smo jo spustili v sistem pred koncem poskusa. Ščasoma so torej povsem prevladali le največji žlebovi.

Razvoj žlebov iz majhnih v večje z omega prečnim prerezom, sem predpostavil ob primeru jamskih anastomoz v Dimnicah (SLABE, 1987, 176).

Domneve je poskus na mavcu potrdil. Ob sprotnem dodajanju ilovice je najprej nastal ožji žleb, nato pa se je spričo večje prevodnosti, ki jo je dobil kot prevladujoča vodna pot, oblikoval v žleb z omega prečnim prerezom. Žleb se je nato višal in širil v odprto omega obliko. Na mavcu so ob izrazitejših razpokah nastali ozki in globoki žlebovi, ob manj izrazitih razpokah pa so ti bolj plitki in imajo omega prečne prereze. Ozki in visoki žlebovi so nastali tudi zaradi hitrega dodajanja ilovice v vodo. Ilovica se je odlagala in povzročila hitro vrezovanje vode v mavec. V istem žlebu so lahko odseki z omega prečnim prerezom ali pa je žleb ozek in visok.

Skratka, premočrtnost žlebov je posledica njihove prevodnosti. Pri oblikovanju žlebov sta pomembna tudi razpokanost kamnine in količina naplavine, ki jo pri določeni hitrosti odlaga voda.

Omenil sem že dva sistema povezanosti žlebov in anastomoz. Stropni sistem (Brlog na Rimskem) nastane, ko je votlina potopljena in se voda pretaka nad naplavino v najvišjih delih rovov. Stenski sistem pa nastane zaradi otekanja vode, ki je ujeta nad naplavino, ob stenah rovov navzdol. Žlebovi v stropnem sistemu so praviloma večji, seveda, na velikost vpliva tudi čas njihovega oblikovanja. Količina ujete vode pa je praviloma manjša in tako tudi stenski žlebovi. Žlebovi v stropnem sistemu imajo omega prečne prereze, v stenskem sistemu pa ne, omega oblike so le anastomozni žlebovi.

Ob gostih razpokah in lezicah si voda ščasoma poišče pot skozi kamnino in nastanejo cevi, ki smo jih opazovali v Dimnicah in Ledenici na Dolu. Tudi poskus nam je potrdil njihovo oblikovanje. Ob sprotnem dodajanju ilovice si je voda hitro utirala pot ob razpokah navzgor, vse dokler ni nastal ob stiku mavcev enoten cevni prevodnik.

Manjši stropni žlebovi (Bar v Dimnicah), ki so široki le nekaj cm, vodijo tudi iz vrha kotlic. Nastali so zaradi pretakanja vode iz razpok, ob katerih so se oblikovale kotlice. V razpoki, ki je tanka, a visoka, lahko torej nastane dovolj velik pritisk, da si voda prebije pot v rov, zapolnjen z naplavino.

2.2. Nadnaplavinske vdolbinice in kotlice

Rovi, ki so bili povsem ali pretežno zapolnjeni z drobnozrnato naplavino, imajo pogosto ves obod ali pa stene razjedene z dokaj pravilnimi polkrogelnimi vdolbinicami (tabela 1) in kotlicami. Vdolbinice s premerom do 5 cm so značilne za nerazpokane stene, kotlice s premerom od 5 cm do 20 cm pa so značilne zlasti za razpokano kamnino. Največje so ob najbolj izrazitih razpokah. Vdolbinice so skoraj v vseh primerih enako globoke, kot je premer njihove odprtine, ali pa celo globlje. Vdolbinice nastajajo zaradi korozijskega razjedanja nerazpokanih ali manj razpokanih sten. Korozija z vlago v naplavini, ki deluje enakomerno na vso skalno površino, vdolbinice zaoblji (LANG, 1959). Gosto razporejene vdolbinice so povezane in stene med njimi so razčlenjene v tanke štrline (Volčja jama na Nanosu). Razjedanje je bolj izrazito na stiku s porozno naplavino, ki mogoča obnavljanje korozijsko agresivne vode. Majhne polkrogele vdolbinice s

premerom nekaj mm so nastale tudi na mavcu. Način razjedanja sten je torej posledica sestave, poroznosti in razpokanosti kamnine, vlažnosti naplavine in dolgotrajnosti procesa.

Kotlice, zlasti večje, pa nastanejo tudi zaradi pritekanja vode skozi razpoko v kamnini na stik z naplavino, kjer se razliva in razjeda kamnino. Redko je pritisk vode dovolj velik, da strnjeno odteka iz razpoke in vreže majhen žleb (Bar v Dimnicah).

Vdolbinice na stenah jam, ki so bile kratkotrajno zapolnjene s poplavno naplavino s flišnega zaledja (Južni rov v Dimnicah, Matevžev rov v Postojnski jami), so dokaj pravilno polkrogelne in imajo gladke stene. Vdolbinice in kotlice, na stenah jam (Volčja jama na Nanosu (SLABE, 1990, 173), Velika ledenica v Paradani), v katerih je bila naplavina ohranjena dlje časa, pa so pogosto zapolnjene s kroglicami strnjene naplavine. Hitro znižanje vodne gladine je povzročilo, da so naplavino iz jam le počasi izpirali razpršeni curki penikajoče vode. Jama je namreč iz nižinskega prevodnika prešla v vadozni del enostavno odtočnega vodonosnika. Naplavina je bila pogosto deloma karbonatna. Nastajala je tudi z dolgotrajnim preperevanjem površja nad jamami. Zato je pogosto rekristalizirala v kroglaste konkrecije (N. ZUPAN, 1990, 18). Temna prevleka površine vdolbinic so Mn minerali, ki so preostanek preperevanja karbonatov.

3. PODNAPLAVINSKE SKALNE OBLIKE

3.1. Poskusni podnaplavinski žlebiči

V delih epifreatičnih rogov, ki niso izpostavljeni hitremu vodnemu toku, nastajajo podnaplavinski žlebiči. So praviloma na spodnjih delih jamskih sten. Žlebiči nastanejo na položnih, navpičnih, pa tudi na previsnih stenah. Največji žlebiči dosegajo 15 cm globine, bolj pogosti pa so manjši (sl.7). Imajo prečne prereze v obliki črke V z zaobljenim dnom. Med njimi so dokaj ostri razi. Na položnih površinah med žlebiči, kjer se tudi lahko odloži ilovica, nastajajo manjši žlebiči, ki vodijo po razih v večje. Na previsnih stenah so pod ostrim ustjem na robu lijakasti žlebiči, ki se po steni navzdol širijo. Med njimi so le ozki razi. Pogosto lahko opazujemo oblikovanje žlebičev v povezavi z drugimi skalnimi oblikami. Členijo stenske nože (Črna jama v Postojnskih jamah, spodnji del Logaške jame (kat. št. 2490)) ali pa vodijo iz stropnih kotlic, ki imajo položne stene. Razi med žlebiči, ki so izpostavljeni korozijskemu delovanju vodnega toka, se zaostrijo, erozija pa jih gladi in zaoblji (sl.8). Sklepal sem, da žlebiče oblikuje voda, ki se izceja iz sveže odložene ali razmočene stare naplavine. To vodni tok odlaga na položnih odsekih skalnega oboda.

Nastanek žlebičev sem skušal ponazoriti s poskusom na mavcu. Mavčni blok z ravno zgornjo ploskvijo in različno nagnjenimi stranskimi: z navpično, položno, z naklonom 60°, previsno z istim naklonom, ter podvisno, smo izpostavili poplavljanju z vodami, katerim smo primešali ilovico iz Blatnega rova v Predjambi. Pod njo v jami nastajajo žlebiči. Ko se je ilovica usedla iz vode, smo znižali njeno gladino. Iz vlažne naplavine, ki je prekrila tudi zgornjo, vodoravno ploskev bloka in zgornje dele položne ter navpične stranske ploskve, se je izcejala voda. Nastale so proge izpranega mavca, v ilovici pa plitke zajede. Po po-

novnem poplavljanju, si je voda znova izbrala pot po zajedah v izprane proge. Začeli so nastajati žlebiči. Žlebiči so najbolj gosto razporejeni, a majhni, na zgornjem delu položne ploskve, navzdol pa se širijo. Voda se namreč združuje v manjše tokove. Na navpični ploskvi so žlebiči dokaj enakomerno široki po vsej dolžini (sl.9). Ustja med zgornjo vodoravno površino in stenami imajo ostre pregibe ter določajo smeri polzenja vode. Če se po previsnih stenah pretaka večja



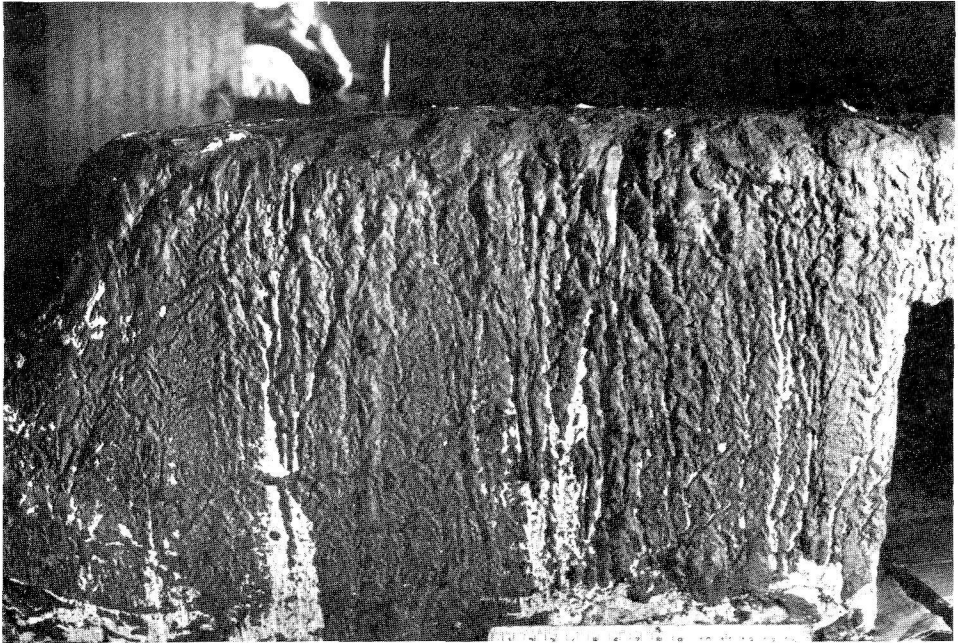
Sl. 7 Podnaplavinski žlebiči v Markovem spodmolu (merilo= 15 cm)
Fig. 7. Sub-sediment half tubes in Markov spodmol (scale = 15 cm)



Sl. 8 Z erozijo zaobljeni podnaplavinski žlebiči v Ponikvah v Jezerini (merilo=15 cm)

Fig. 8. Sub-sediment half tubes rounded by the erosion in Ponikve, Jezerina (scale = 15 cm)

količina vode, nastajajo lijakasti žlebiči. Na zgornjem delu so žlebiči globlji, navzdol pa se enaka količina vode razlije na večjo površino in so zato žlebiči bolj plitki. Manjša količina vode se na stropu razleze in povzroči nastanek konic, večja pa vreže širše, kratke in polkrožno zaključene žlebiče. Izkazali sta se dve



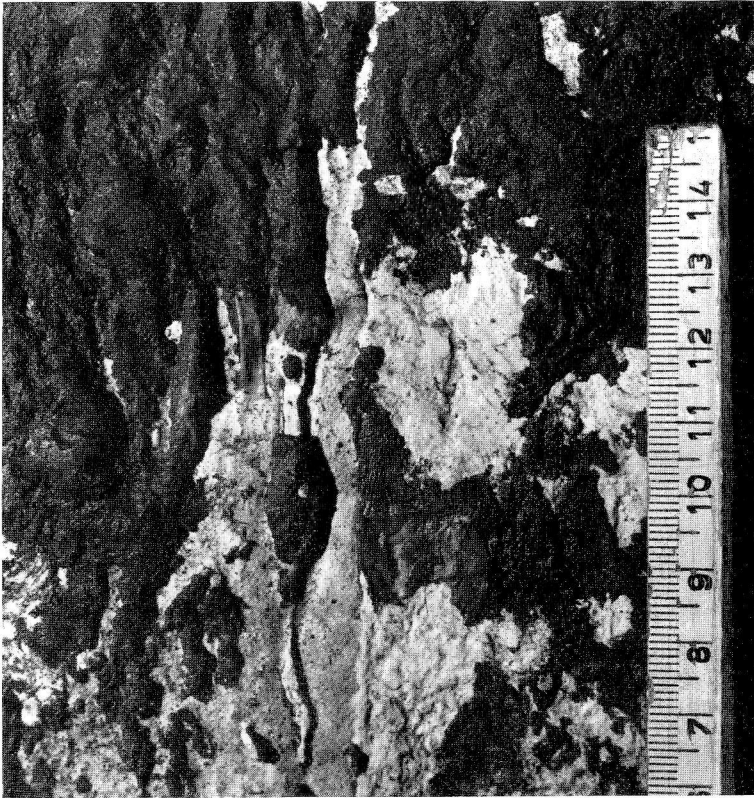
Sl. 9 Žlebiči na navpični steni mavčnega bloka (merilo= 15 cm)
 Fig. 9. Half tubes on the vertical wall of the plaster block (scale = 15 cm)

omejitvi poskusa. Površina hitro topnega mavca je postala hrapava, in ker je ni oblival vodni tok, se je na njo prijelo več ilovice, kot se je na apnenec. Hkrati pa je bila količina odložene ilovice razmeroma majhna in iz nje so se izcejjale le manjše količine vode. Žlebiči so zato redki. Voda se je v manjših časovnih presledkih iz naplavine izcejjala po kapljicah in na posameznih odsekih so žlebiči zato vijugasti (sl.10).

Razporejenost žlebičev in njihova velikost sta posledica količine vode, ki se izceja iz naplavine, oblika pa je posledica nagiba površine, po kateri polzi voda. Večja količina vode, ki se enakomerno izceja iz naplavine, vreže gosto nanižane, ravne, in glede na širino plitke žlebiče, manjša pa žlebiče, ki so razporejeni redkeje, so globlji, lahko tudi vijugasti. Zmanjšanje količine polzeče vode se odraža v majhnem žlebiču znotraj večjega. Količina vode pa je pogojena s količino naplavine. Za nastanek žlebičev na jamskih stenah so torej potrebne velike količine naplavine ali pa pogostost poplavljanja.

3.2. Podnaplavinske vdolbinice

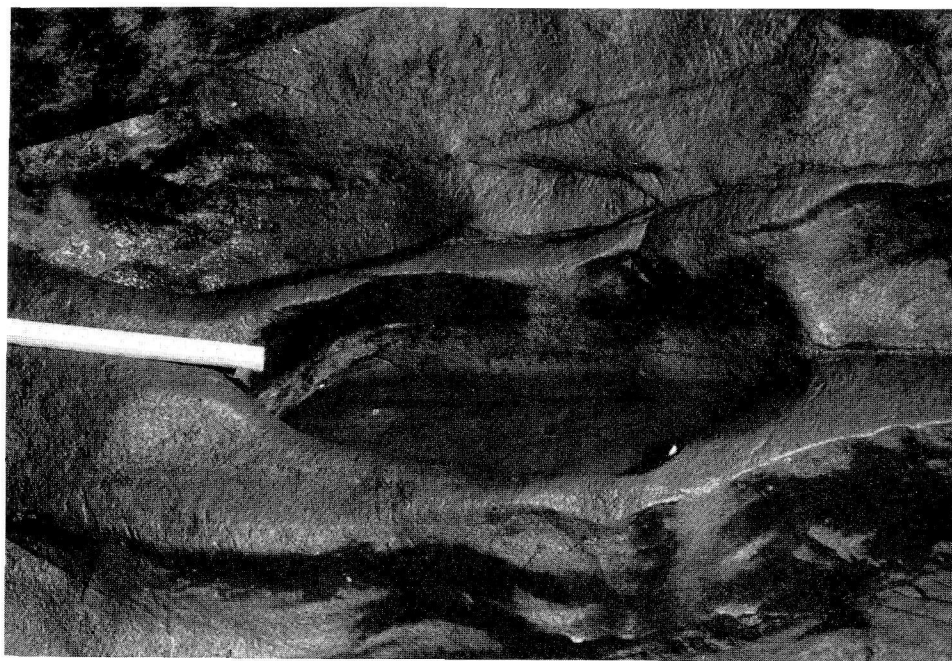
So večinoma manjše polkroglaste vdolbinice (tabela 1), katerih premeri poprečno dosejajo 5 cm. Odstopanja od polkrogelne oblike so posledica sestave in razpokanosti kamnine, na kateri se vdolbinice oblikujejo. Večje vdolbine so redke. V Kompoljski jami so vdolbine (sl.11) na stenskih zajedah dolge do 20 cm. Za vse globlje vdolbinice je značilno, da imajo navpične stene v njihovem



Sl.10 Del žlebiča na navpični steni mavčnega bloka

Fig.10. A part of a half tube on the vertical wall of the plaster block

zgornjem delu in manjše razširitve nad dnom, ki je dokaj ravno. Vdolbinice so nastale višje nad dnom struge, bodisi na položnih stenah ali na skalnih blokih in čerih. Vdolbinice začno nastajati zaradi korozije pod naplavino, ki se odlaga na vboklih delih kamnine. Najprej se valjasto poglabljajo, ko pa so globlje, se na njihovem dnu odloži več naplavine, ki se ne obnavlja in preprečuje vodi stik s kamnino. Nad naplavino se po umiku visokih voda zadrži voda. Korozija zato prevladuje na bokih vdolbinic. Gosto razporejene vdolbinice se začno združevati in med njimi ostanejo le še posamezne štrline. Vdolbinice nastajajo le v rovih, skozi katere se občasno pretakajo hitrejši vodni tokovi. Ti odnašajo naplavino s sten, oziroma se ta obdrži le točkovno, na vboklih mestih. V manjših vboklinah se obnavlja. Počasnejši tokovi namreč pogosto odlože naplavino v debelejših plasteh, ki preprečujejo vodi stik s steno (Griška jama (kat. št. 2341)). Zaradi izrazitejših vodnih tokov, ki občasno oblivajo obod rogov, pa je oblikovanje podnaplavinskih vdolbinic pogosto povezano z oblikovanjem drugih oblik. Nastajajo na dnu faset, hitri tokovi pa jim lahko dodajo iztočne repe (sl.12). Pogosto jih sooblikuje tudi crozija. Ta lahko gladi dna vdolbinic in jih občasno dolbe.



Sl.11 Podnaplavinska kotlica v Kompoljski jami (merilo= 15 cm)
 Fig.11. Sub-sediment solution cup in Kompoljska jama (scale = 15 cm)

3.3. Podnaplavinske stropne kotlice

Po položaju stropnih kotlic (tabela 1) na skladu kamnine, ki štrli iz zgornjega dela stene v Južnem rovu Zelških jam (kat. št. 576) in njihovi obliki – so namreč zvonaste in se navzgor ožijo v majhno cev (sl.13) – sklepam, da so kotlice preoblikovale prenikajoče vode, ki se izcejajo iz drobnozrnate naplavine. To občasni visoki vodni tok odlaga na polici sklada. Voda prenika skozi razpoko in ob njenem ustju se oblikuje kotlica. Takšno izcejanje pa je mogoče le, če voda naplavino obnavlja, torej vodni tok najprej odnese staro, in ko se upočasni, naplavi novo. Če bi se naplavina le odlagala, bi polico prekrila z debelejšo plastjo, ki bi preprečila vodi stik z razpoko. Pri poskusih na mavcu so nastale stropne vdolbinice tudi, ko se je voda izcejala iz spužve, ki je prekrivala mavčno ploščo (SLABE, 1990, 181). Predpostavljam, da je opisan proces kotlice le preoblikoval. Namreč tudi okoliški strop je razčlenjen v kotlice, le da so te plitke, polkrogelne. Strop je najprej oblikoval vodni tok. Ščasoma je rov dosegal le redko, bil je počasnejši in odlagal je naplavino. Voda, ki se je izcejala iz naplavine po umiku visokih voda, je kotlice, ki so nastale ob razpokah, preoblikovala, predvsem poglobila.



Sl.12 Podnaplavinske vdolbinice, ki jih sooblikuje vodni tok v Podzemeljski Pivki (merilo= 15 cm)
Fig.12. Sub-sediment solution cups formed by water flow in the underground Pivka river (scale = 15 cm)

3.4. Podnaplavinske stropne konice

V rovih, skozi katere se pretaka in jih poplavlja počasen vodni tok, ki odlaga tanko plast drobnozrnate naplavine, so strop in previsne stene razčlenjene v podnaplavinske konice (tabela 1). V Črni jami, v Postojnskih jamah, je tako oblikovan obod sifona v Krožnem rovu. Stropne konice so tudi v občasno poplavljenih rovih Vodne jame v Lozi (kat. št. 911) in Zelških jam. Film naplavine obda hrapavo kamnino. Konice (sl.14), ki so dolge do 1 cm, nastanejo zaradi težnostnega kopičenja naplavine na štrlečih delcih kamnine. Ti so tako zaščiteni pred korozijo. Konice se po skalnem obodu navzdol postopoma spreminjajo v podnaplavinske vdolbinice. Konice nastajajo, ko je rov zalit, vdolbinice pa predvsem po osušitvi rova, ko korozija deluje le ob stiku z vlažno naplavino. Velikost in gostota konic sta posledica sestave kamnine in časa njihovega oblikovanja.

Stropne podnaplavinske konice nastajajo tudi zaradi polzenja vode iz stropnih razpok. Voda prenaša drobnozrnato naplavino, ki se v tankem filmu razleže po stropu. Na konicah se nabere tanka plast ilovice, kar zavira njihovo raztapljanje. Takšne so tudi konice na dolomitnem stropu Dvorane jeze v Turkovi jami.



Sl.13 Podnaplavinske stropne kotlice v Blatnem rovu Zelških jam
Fig.13. Sub-sediment ceiling pendants in Blatni rov, Zelške jame

3.5. Stenske zajede in niše

Stenske zajede (tabela 1) nastanejo ob nivoju vodnega toka, ki se počasi pretaka nad drobnozrnato naplavino. Voda značilno razjeda stene tudi ob naplavinah, ki je odložena v debelih plasteh na položnih površinah skalnega oboda. Naplavina štiti skalo pred korozijo. Tako se lahko širijo spodnji deli rovov z okroglim prečim preregom. Voda širi njihove bočne dele. Ob nizkem vodnem stanju se voda izceja iz naplavine in vrezuje žlebiče. Manjše stenske zajede so pogoste tudi ob lezikanh v rovih, ki so se oblikovali vzdolžno s skladovitostjo kamnine. Voda, ki razjeda kamnino najhitreje ob lezikanh, na zgornjih delih skladov odlaga naplavino. Le ta povzroča, da je kamnina pod njo zaščitena pred korozijo. Polkrožne zajede so zato spodaj prisekane. V Kompoljski jami (kat. št. 25; sl.11), skozi katero se občasno pretaka hitrejši vodni tok, so takšne zajede globoke do 0,2 m. Na njih so podnaplavinske kotlice. V Vodni jami v Lozi so zajede, ki so nastale ob lezikanh in vzdolžnih razpokah, skozi jamo pa se pretaka počasnejši vodni tok in voda odloži več naplavine, globoke do 1 m. Na njihovih robovih so vrezani podnaplavinski žlebiči, ki dosegajo 0,15 m globine. Zaradi meandriranja počasnega odprtega vodnega toka ob drobnozrnati naplavinah pa nastanejo stenske niše (J. H. Bretz, 1956, 18), kakršne so tudi v Blatnem rovu Križne jame. Vodni tok odlaga naplavino zlasti na notranji strani meandrov, na zunanji, če teče ob steni, se zato vrezuje vanjo.



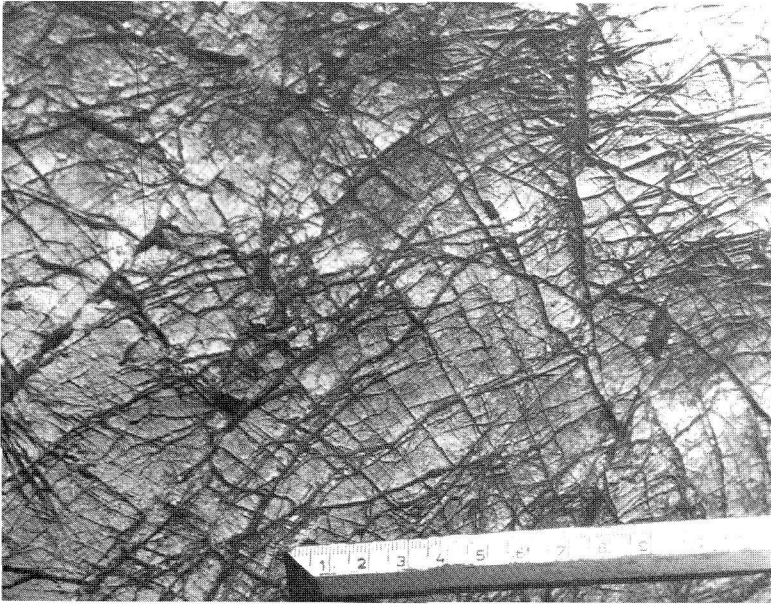
Sl.14 Podnavlavinške stropne konice v Krožnem rovu v Črni jami (Postojnske jame)

Fig.14. Sub-sediment ceiling pendants in Krožni rov in Črna jama (Postojnske jame)

4. POVRŠINA OBNAVLAVINSKIH SKALNIH OBLIK

Za gladkost oziroma hrapavost skalne površine je odločilno razmerje med učinkovitostjo korozije in sestavo ter drobno razpokanostjo kamnine. Korozija, ki deluje enakomerno na vso površino skale, večje nehomogenosti ne izravna. Drobne kalcitne žilice zato sestavljajo "boxwork" (sl.15). 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.

Pod velikimi povečavami elektronskega vrstičnega mikroskopa so tudi na oko gladke površine obnavlavinških skalnih oblik drobno hrapave (sl.16). Iz površine štrlijo posamezni večji kristali ali skupki manjših. Drobna hrapavost je posledica zrnate kamnine, ki je podvržena enakomerni ploskovni koroziji. Ta hitreje topi manjše delce kamnine. Tudi manjši tokovi v žlebovih so prešibki, da bi s površine trgali štrleče kristale. Značilno drobno hrapava površina



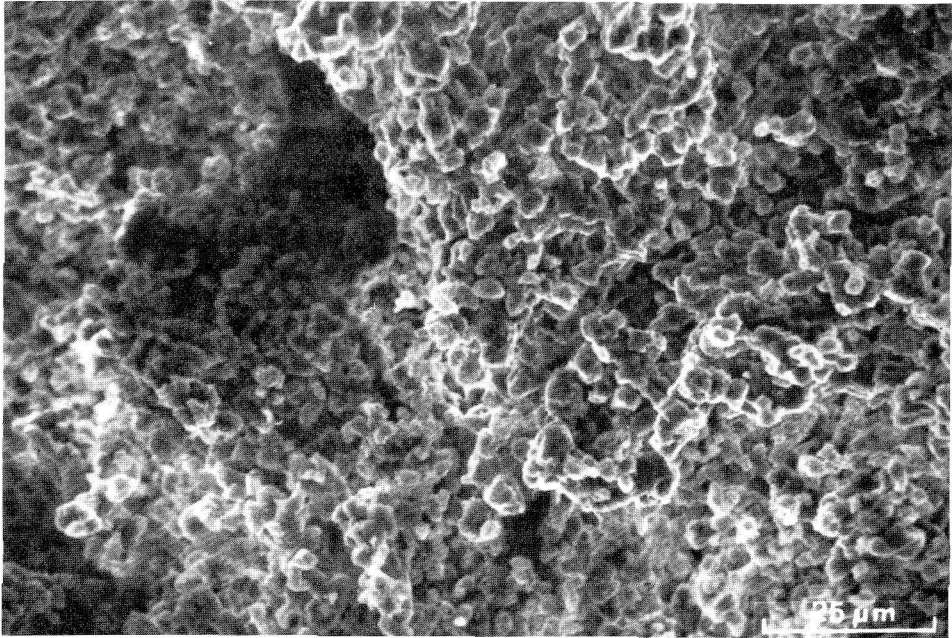
Sl.15 Skalna površina anastomoz
Fig.15. Rocky surface of anastomoses

obnaplavinskih skalnih oblik je dokaz za njihov korozijski nastanek. Raztapljanje kamnine je pospešeno s svežimi poplavnimi vodami, ki večinoma pritekajo z nekarbonatnih kamnin. Voda dobi agresivnost tudi iz naplavine, saj so v njej pogosto organske snovi (T. Slabe, 1989, 212) in iz ogljika se tvori CO_2 .

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 produktov raztapljanja. Dolomit na stiku z glino postane mehak, po Ph. Renaultu (1968, 561, 562) namreč kisljena nenasičena drobnozrnata naplavina absorbira Ca^{2+} .

5. SKLEP

Poskusi z nadnaplavinskimi žlebovi na mavcu so potrdili predpostavke (SLABE, 1987, 178) o njihovem oblikovanju s pretakanjem vode v zaliti coni nad drobnozrnato naplavino. Prispevali so tudi izhodišča za razlago njihovih različnih oblik. Počasnejša poplavna voda v slabše prepustnem rovu postopoma odlaga drobnozrnato naplavino. Pod stropom si izbere najbolj prevodne poti. Nastanejo manjši, počasnejši tokovi. Iz njih se useda ilovica in voda se vrezuje v strop. Razkorak med hitrostjo vodnega toka, iz katerega se odlaga drobnozrnata naplavina oziroma jo erodira, je namreč velik. Velikost in oblika žlebov sta posledica njihove prevodnosti in hitrosti odlaganja naplavine ter sestave in razpokanosti kamnine, v katero se zajedajo.



Sl.16 Podnaplavinska skalna površina
Fig.16. Sub-sediment rocky surface

S poskusom na mavcu sem deloma razčlenil tudi nastanek in razvoj podnaplavinskih žlebičev. Vrezuje jih voda, ki se izceja iz drobnozrnate naplavine. Oblikujejo se torej, ko se zniža gladina vode v votlini. Gostota razporeditve žlebičev in njihova velikost sta posledici količine vode, ki se izceja. Njihova oblika pa je določena predvsem z naklonom površine, po kateri polzi voda. Na navpični površini so žlebiči enaki po vsej dolžini, na previsnih stenah pa se navzdol širijo. Za nastanek podnaplavinskih žlebičev so potrebne velike količine naplavine ali pa pogostost poplavljanja.

Z nadaljnjimi poskusi bi lahko natančneje določili izpostavljena razmerja dejavnikov, ki vplivajo na oblikovanje opisanih skalnih oblik.

LITERATURA

- Bretz, J. H., 1956: Caves of Missouri.- Rolla, Missouri.
Ford, D., P. Williams, 1989: Karst Geomorphology and Hidrology.- London. U. Hyman, 601 p.
Jekić, M., M. Zlokolica, 1988: Pečina Piskovica.- Speleobih 1-2/88, 69-78, Sarajevo.
Lange, A., 1959: Introductory notes on the changing geometry of caves structures, Caves studies 1-11, 69-90, San Francisco.
Lauritzen, S.E., 1981: Simulation of rock pendants - small scale experiment.- 8th international congress of speleology, 407-409, Georgia.

- Mihevč, A., 1991: Ravni stropi, inicialni in stropni kanali ter stropne anastomoze na primerih jam Piskovice in Brloga na Rinskem.- Naše jame 33, 19-27, Ljubljana.
- Renault, Ph., 1968: Contribution à l'étude des action mécanique et sédimentologiques dans la spéléogèse.- Annales de Spéléologie 23/3, 529-596.
- Scheidegger, A.E., 1961: Theoretical geomorphology.- Berlin, Göttingen, Heidelberg
- Slabe, T., 1987: Jamske anastomoze v Dimnicah.- Acta carsologica 16, 167-179, Ljubljana.
- Slabe, T., 1989, MN: Skalne oblike v kraških jamah in njihov pomen pri proučevanju Dimnic, Križne in Volčje jame ter Ledenice na Dolu.- Magistrsko delo, Ljubljana.
- 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.
- Zupan, N., 1990: Izvor in mineralna sestava jamskih peskov in ilovic.- Magistrska naloga, Ljubljana.

NATURAL AND EXPERIMENTAL CAVE ROCKY RELIEF ON THE CONTACT OF WATER AND SEDIMENTS

Summary

At the contact of the fine grained sediments the water frequently carves the along sediment rocky relief in the rim of the karst caverns. It consists of the supra-sediment and sub-sediment rocky features. Supra-sediment half tubes and small niches are characteristic for the channels which were filled up by the flood sediments. Due to water flow above the loam in the flooded channel the half tubes elevate the ceiling and the water carves against the walls when it percolates downwards. Water coming into the filled up channels through the fissures could form solution cup at the mouth. Tiny niches occur on the rock along the humid sediment itself. The supra-sediment rocky features are characteristic for the contact karst caves which were in Pleistocene frequently filled up by the fine grained sediments.

Sub-sediment rocky features form a part of the passages rocky relief; at times through them slow water streams flow and fine grained sediments are deposited on the rim. These forms are half tubes and niches, wall indentations and roof pendants and cups and wall pockets. Their occurrence is due to water filtering off the sediments (half tube), to corrosion below the humid deposit (niches) when high waters recede or to solution of the bare rock in the flooded channels (rock indentations, roof pendants). Namely the sediment prevents the contact of water and wall on some places. In periodically flooded channels the traces of smaller quantities of fine grained sediments deposition prevail above the features which are the result of water streams. The water level oscillation is the result of short lasting changes in the climatic conditions of our karst.

The mentioned rocky features are controlled by the rock solution. The dissolution is accelerated by the inflow of fresh flood waters flowing from

Table 1

Rocky features on the contact with sediment

ROCKY FEATURES	FACTORS OF FORMATION	CONDITIONS OF/ PROCESS FORMATION/ ON THE ROCK
SUPRA-SEDIMENT ceiling, wall half tubes anastomoses solution niches solution flutes	smaller flows above the sediment humidity in the sediment or water inflow to the sedim.	phreatic zone phreatic zone phreatic zone phreatic zone corrosion
SUB-SEDIMENT half tubes solution niches roof solution flutes roof pendant wall notches sediment	filtering of water from the sediment humidity in the sediment filtering of water from the sediment water on the contact with the sediment water above the	vadose zone vadose zone vadose zone phreatic zone phreatic zone corrosion corrosion

non-carbonate rocks mostly. The water becomes aggressive due to the deposits as organic matters dissolved in them are frequent (Slabe, 1989, 212) and because of carbon presence CO_2 is formed. An evidence for corrosion indentations is given by the surface of the rocky features which is unsmooth.

I tried to explain the origin of most of the cited rocky features by their shape properties, situation on the rocky rim and by the conditions generating them. The results related to the origin of supra-sediment half tubes and sub-sediment half tubes were completed by the experiments in plaster.

The experiments with supra-sediment flutes in plaster have confirmed the hypothesis about their formation due to water flow in phreatic zone above the fine grained sediments. They contributed the starting-point for the explanation of their diverse forms. Slow flood water in less permeable channel gradually deposits the fine grained sediments. It chooses the simplest way near the ceiling. Smaller and slower flows occur. The loam is deposited and the water trenches in the roof. The difference between the velocity of the water flow, either depositing fine grained sediments or eroding them is namely big. The size and the shape of the half tubes are controlled by their transmissivity and by the velocity of sediment deposition, lithology and the joints in the rock where the entrenchments are.

By the experiments in plaster I partly classified the origin and the development of the sub-sediment half tubes. They are incised by water filtered from the fine grained sediment. Namely they are shaped when the water level lowers in a cave. The density of their distribution and their size are controlled by the quantity of filtered water. Their shape depends on the inclination of the surface where the water is seeping. On the vertical surface the half tubes are equal on the whole length, on overhang walls they are widened downwards. For the sub-sediment half tubes development a lot of deposits or frequent floods are required.

By further experiments one could more precisely define the relation of factors influencing on the described rocky features formation.