

**DINAMIKA ODPADANJA SIGE V GOLOBJI LUKNJI,
PREDJAMA**

(S 4 SLIKAMI IN 6 TABELAMI)

**FREQUENCY OF DRIPSTONEFALL IN GOLOBJA LUKNJA
(SLOVENIA)**

(WITH 4 FIGURES AND 6 TABLES)

ANDREJ A. KRANJC

SPREJETO NA SEJI
RAZREDA ZA NARAVOSLOVNE VEDE
SLOVENSKE AKADEMIJE ZNANOSTI IN UMETNOSTI
DNE 25. NOVEMBRA 1982

VSEBINA

Izveček — Abstract	102 (4)
UVOD	103 (5)
DELOVNA METODA	103 (5)
JAMA POD JAMSKIM GRADOM (Predjama)	105 (7)
KLIMA NA PIVKI IN VREME V LETU 1980	106 (8)
METEOROLOŠKA OPAZOVANJA V JAMI	107 (9)
ODPADANJE SIGE	111 (13)
Količina	111 (13)
Vzroki	112 (14)
METEOROLOŠKA OPAZOVANJA V VETROVNI LUKNJI	113 (15)
ZAKLJUČEK	114 (16)
LITERATURA	115 (17)
FREQUENCY OF DRIPSTONEFALL IN GOLOBJA LUKNJA, Slovenia (Summary)	115 (17)

Izvilleček

UDK 551.442.4(497.12—14)

Kranjc, Andrej A.: Dinamika odpadanja sige v Golobji luknji.

Acta carsologica, 11 (1982), 99—116, Ljubljana, 1983, lit. 13.

Prispevek podaja rezultate meritev, ki jih je avtor opravljajal leto dni v vhodnem delu Predjamskega sestava. Poleg merjenja količin sige, odpadle z jamskih sten, so podani tudi izsledki opazovanj meteoroloških elementov. Za primerjavo klime v jamskem vhodu s klimo v notranjosti jame, so dodani tudi meteorološki podatki o opazovanjih v Vetrovni luknji, 700 m v notranjosti. V opazovanem času je s stene v Golobji luknji odpadlo povprečno 80,6 g sige z 1 m² oziroma 0,2 g/m²/dan. Večina sige je odpadla v obliki kosov, lažjih od 4 g. Največ sige je odpadlo v pozni zimi, najmanj pa poleti in zgodaj jeseni. Glavni vzrok odpadanja sige je zmrzovanje in tajanje oziroma prehajanje temperature preko 0 °C.

Abstract

UDC 551.442.4(497.12—14)

Kranjc, Andrej A.: Frequency of Dripstonefall in Golobja luknja (Slovenia)

Acta carsologica, 11 (1982), 99—116, Ljubljana, 1983, Lit. 13.

The article gives the results of dripstonefall observations during one year period. Observations were made in the entrance part of Predjama Cave System. Beside the measuring of dripstonefall from the cave walls the author observed some meteorological elements, air temperature and humidity. For better comparison of cave entrance climate to the real cave climate, the data of meteorological observations about 700 m deep in the cave are added. In the treated period the mean dripstonefall from the cave wall was 80,6 g from 1 m² or 0,2 g/m²/day. Majority of the fall consists of dripstone pieces under 4 g. Dripstonefall was the most intensive during late winter and the smallest during the summer and early autumn. The main reason for dripstonefall is freeze-thaw effect, that is passing the temperature across 0 °C.

Naslov — Address

Andrej A. Kranjc, mag. geogr., raziskovalni sodelavec
Inštitut za raziskovanje krasa. ZRC SAZU
Titov trg 2
66230 Postojna
Jugoslavija

UVOD

Del endogenih (avtohtonih) jamskih sedimentov predstavljajo tudi klastični karbonatni sedimenti — delci s stropa in sten odpadle kamnine, karbonatni bloki in grušč. Če so stene zasigane, odpada predvsem siga in sestavlja na določenih mestih »grušč in bloke«, ali kakor navadno pravimo, odpadlo sigo in sigov drobir.

Avtohtoni jamski grušči so navadno posledica zveznega kopičenja odpadlih kosov, čemur je vzrok mehansko razpadanje kamnine. Oblika teh odpadlih kosov je močno odvisna od teksture in strukture kamnine, hitrost odpadanja pa predvsem od vodilnega procesa in njegove intenzivnosti.

Globlje v notranjosti jam je grušča in odpadlega sigovega drobirja navadno malo, pri čemer so podori izvzeti. Pač pa je grušč pogosto vodilni facies v jamskih vhodih. Zato je upravičena trditev, da pride do mehanskega razpadanja kamnine v jamskih vhodih predvsem iz dveh vzrokov. Prvi je učinek zmrzovanja (zmrzovanje-tajanje), drugi pa učinek termičnih sprememb v kamnine (krčenje in širjenje).

Siga, ki prekriva stene in strop v vhodnem delu jame, navadno močnejše razpada od same kamnine. Siga je manj masivna, med sigo in skalo je prekinitev, često po sigi in v njej polzi voda. Če polzi voda po špranjah med sigo in matično kamnino, ob zmrzovanju še hitreje odpada.

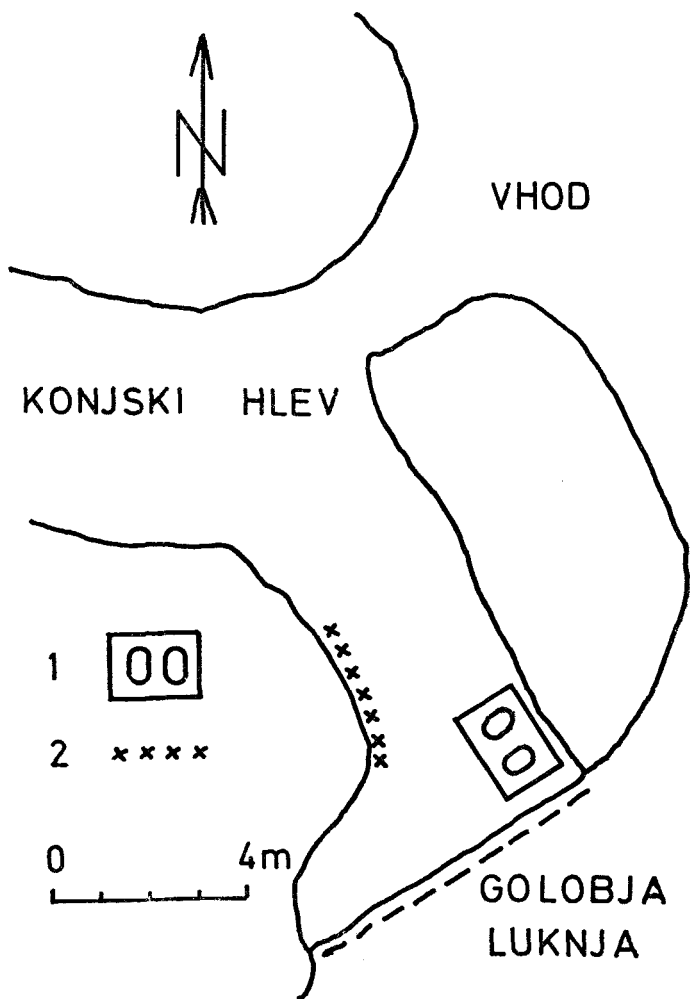
Z grušči in odpadlo sigo v jamskih vhodih se pri nas največ ukvarjajo raziskovalci prazgodovine (Osole 1958; 1959), ki razlagajo te sedimente kot posledico zmrzovanja v hladnejših obdobjih. Ne preučujejo pa recentnih gruščev v jamskih vhodih, njihove geneze, dinamike nastajanja, morfologije in granulometrije.

Znano je, da se v naših krajih danes siga ne odlaga v samih jamskih vhodih, pač pa se pod številnimi vhodnimi oboki in na dnu vhodnih brezen kopiči grušč, ki ga označujemo kot podorni ali posipni stožec. Podrobnejše poznavanje recentnega grušča in sigovega drobirja bi nam omogočalo pravilnejše ocenjevanje takih fosilnih sedimentov, obenem pa bi prispevalo k boljšemu poznavanju jamskih sedimentov, speleomorfologije in procesov razpadanja sploh.

DELOVNA METODA

Za opazovanje odpadanja sige sem si izbral vhodni del Jame pri Predjami oziroma Golobjo luknjo, kot se imenuje ta del, v veliki meri iz tehničnih razlogov: bližina Postojne, lahek dostop, vrata s ključavnico. Odločilno je bilo dejstvo, da v jami nastopajo velike meteorološke spremembe, kar dokazujejo objavljeni podatki (Anelli 1944; Habe 1970), in da v vhodnem delu siga močno odpada, kakor je bilo mogoče soditi po predhodnih ogledih.

V Golobji luknji (sl. 1) sem za opazovanje izbral 2,5 m dolg in 4 m visok del zasigane stene brez večjih kapnikov. Pod steno sem razprostrl plastično ponjavo, v bližino, 1,5 m nad tlemi, pa postavil termo- in higrograf (Bauart Fischer, Drebach). Bolj ali manj redno sem enkrat tedensko pobiral kose odpadle sige s ponjave, jih posušil in stehtal, večje kose pa tudi izmeril. Opazovanja sem opravljal od 9. 1. 1980 do 31. 3. 1981. Da bi lahko primerjal klimo v Golobji luknji s »pravo« jamsko klimo, sem postavil termo- in higrograf tudi pred Vetrovno luknjo, okoli 700 m daleč od vhoda. Zaradi izrazitega pre-



Sl. 1. Lega Golobje luknje
 Fig. 1. Situation of Golobja luknja
 1. meteorološka instrumenta — meteorological instruments
 2. opazovana stena — observed wall

piha sem v Vetrovni luknji lahko opazoval tudi smer in hitrost vetra (ročni anemometer). Nekajkrat sem pozimi izmeril tudi temperature na več mestih vzdolž Stare jame in preko Črne dvorane, za boljše poznavanje vplivov zunanjega hladnega zraka v jamsko notranjost.

Podatke opazovanj sem vnesel v računalnik RCU v Ljubljani. Program za računalniško obdelavo je napravil in izpeljal mag. Primož Jakopin, za kar se mu najlepše zahvaljujem.

JAMA POD JAMSKIM GRADOM (Predjama)

Golobja luknja, mesto, kjer sem opazoval odpadanje sige, je takoj za vhomom v srednjo, največjo, etažo Jame pod Jamskim gradom. Prvi del srednje etaže se imenuje Konjski hlev, sledi mu Velika dvorana, za njo pa velik in dolg rov Stare jame, ki ga Vetrovna luknja povezuje s Črno dvorano (700 m od vhoda). Za Črno dvorano se glavni rov razcepi v Vzhodni in Zahodni rov. Golobja luknja je stranski vhod — okno — v Konjski hlev in se odpira 490 m n. m., 30 m visoko v navpični steni nad ponorom Lokve, v dnu slepe doline. Nad Golobjo luknjo je še okoli 100 m stene (Habe 1970).

Golobja luknja je dobrih 10 m dolg in 3—4 m širok rov, ki se takoj za vhomom odcepi iz Konjskega hleva in se konča s 6 m široko odprtino v oboku nad ponorom Lokve. Višina stropa je 4—7 m. Stene so prekrte s sigo in manjšimi kapniki, vmes so tudi deli gole skale. Strop je pretežno v skali, le malo zasigan. Tla niso v prvotnem stanju, med drugim so jih nazadnje prekopali arheologi med 2. vojno (Korošec 1956, 4—5). Sestavljena so iz steptane prsti, pomešane s kamenjem, deloma pa so celo tlakovana z večjimi kamni.

Prva meteorološka opažanja iz Jame je zabeležil že Schmidl (1854), podrobneje pa sta se s temi opazovanji ukvarjala Anelli (1944) in Habe (1962; 1970). V 120 m visoki steni vodi v Jamo četvero vhodov s številnimi notranjimi povezavami med rovi in je izrazita dinamična jama. V zvezi s kroženjem zraka v Jami lahko v grobem rečemo, da piha poleti po glavnih rovih iz notranjosti proti vhomu, pozimi pa obratno, ko mrzel zrak vdira skozi spodnje vhode in teče po glavnih rovih proti notranjosti jame. V večjih rovih prepaha navadno ni čutiti, kjer pa se presek rova zmanjša, lahko naraste v močan prepah — jamski veter.

V podrobnostih so klimatske značilnosti bolj zapletene. V Vetrovni luknji, ozkem prehodu med Staro jamo in Črno dvorano, kjer je veter najmočnejši, se včasih pojavlja tudi »dihanje« — ponavljajoče se spreminjanje smeri vetra. Tak pojav je bil npr. 20. 3. 1981 ob hitrosti vetra okoli 0,5 m/s, opaženo pa je bilo tudi že prej (Novak & Kuštor & Kranjc & Sivec 1981).

Zračni tokovi v sami Golobji luknji so navadno del zračne cirkulacije celotne jame, včasih pa v njej nastane samostojna zračna cirkulacija, samostojen zaprt krog: zračni tok piha skopi vhod v Konjski hlev, od tam v Golobjo luknjo in skozi »okno« nad ponorom Lokve zopet ven. Vendar se to dogaja le ob šibkejšem vetru.

Ker v okolici Jame ni meteorološke opazovalnice, primerjam dobljene podatke s podatki iz Postojne, kot najbližje postaje. Glavne razlike so v sami legi: Postojna je na odprtem svetu, tik pod vrzeljo v verigi visokih dinarskih planot, slepa dolina Lokve pa je s severa zaščiten s steno in robom Planinske

gore, obrnjena proti jugu in obenem najnižje mesto cele Postojnske kotline. Na splošno je v Predjami klima taka kot v Postojni, pač pa so velike mikro-klimatske razlike. Čeprav v zvezi s tem ni merskih podatkov, pa to najboljše potrjujejo zvončki, ki na rebrih okoli Jame vzcveto navadno okoli Novega leta.

KLIMA NA PIVKI IN VREME V LETU 1980

Glede temperaturnih razmer sodi pokrajina Pivka v prehodni temperaturni pas, med mediteranskim in notranjim, ki sega od prvih kraških planot do glavne dinarsko-alpske pregrade. Z ozirom na padavinski režim sodi v področje z modificiranim mediteranskim režimom, ki ima maksimum padavin jeseni, minimum pa pozimi (Furlan 1960, 55).

Povprečna letna količina padavin v Postojni je bila v letih 1931—1960 1299 mm, z minimumom marca (67,5 mm) in maksimumom junija (136,5 mm). Povprečna letna temperatura je bila 8,5 °C, najhladnejši in obenem edini mesec s povprečno temperaturo pod 0° je bil januar (−1,5 °C), najtoplejši pa julij (17,9 °C) (tab. 1).

Pomlad in poletje 1980 sta bila v Postojni precej »normalna«, pač pa je bila zima 1980/81 izrazito mrzla. Jeseni 1980 je prvič zmrzovalo (temperatura je padla na −1,2 °C) konec oktobra, v novembru pa je bilo le 11 dni, ko se temperatura ni spustila pod 0°. Najbolj mrzla je bilo 12. novembra, −7,3°. Sedem dni, v začetku in na koncu meseca, se temperatura niti čez dan ni povzpela nad 0°. December je bil še bolj mrzel, minimum −19° (5. 12.). Sicer je bilo le 5 dni, ko se temperatura ni spustila pod 0°, 12 dni pa je bila temperatura ves čas pod lediščem. Povprečna temperatura za december je bila −1,9 °C. Tudi januar in februar 1981 sta bila hladnejša od dolgoletnega povprečka: januar −2,9° in februar −1,2°. Najnižji temperaturi v teh dveh mesecih sta bili −22,7° (17. 1.) in −13,8° (15. 2.). V obeh mesecih je bil le en dan, ko se temperatura ni spustila pod 0°. V januarju je bilo 8, v februarju pa 7 dni, ko se temperatura ni povzpela nad ledišče.

Tabela 1

Povprečne mesečne temperature v Postojni (1931—60) v °C

Mean month temperatures in Postojna (1931—60) in °C

I. = −1,5	V. = 12,3	IX. = 13,9
II. = 0,2	VI. = 15,9	X. = 9,1
III. = 3,3	VII. = 17,9	XI. = 4,5
IV. = 8,1	VIII. = 17,1	XII. = 0,9
Leto = 8,5		

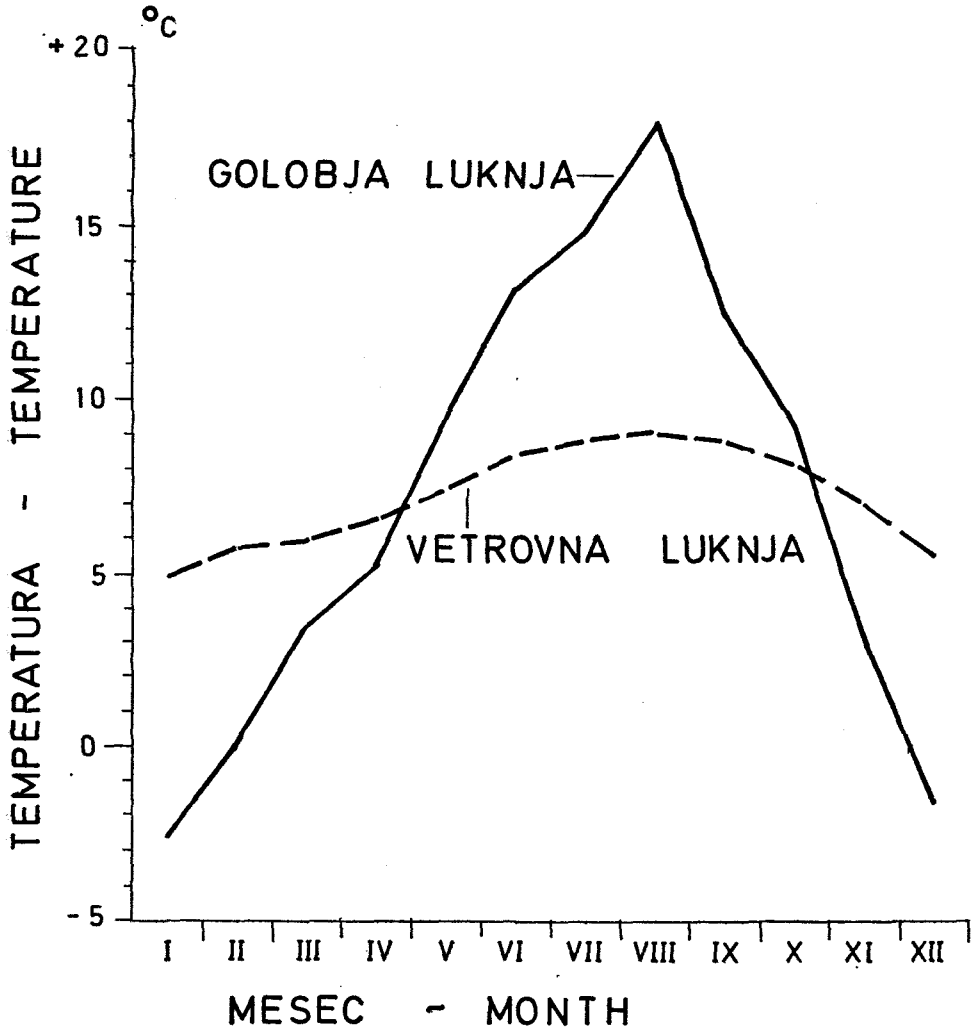
Padavine so bile v prvih dveh mesecih obilne, 191 mm (150 % povprečne količine) novembra in 152 mm (125 %) decembra. Januar in februar sta bila suha, 55 mm (63 %) in 46 mm (44 %). Padavine so padle pretežno v obliki snega in ta je ležal vsega skupaj 81 dni (Kranjc 1981).

S tega vidika moramo gledati tudi meteorološke podatke opazovanj v Golobji luknji: normalnemu letu je sledila mrzla in precej suha zima z dolgotrajno snežno odejo.

METEOROLOŠKA OPAZOVANJA V JAMI

Klima v Golobji luknji je zaradi različno dolgega časa opazovanja težko neposredno primerljiva s klimo v Postojni, vendar pa tudi enoletna opazovanja lahko dajo zanimive rezultate. Povprečne mesečne temperature v Golobji luknji za leto 1980 so močno podobne dolgoletnim povprečkom za Postojno.

Dnevni potek temperature v vhodnem delu Jame sledi dnevnim spremembam zunanje temperature. Jama z masivnimi skalnimi stenami in z odprtostjo proti kraškemu podzemlju blaži temperaturna nihanja. Jamski vhod ščiti vhod-



Sl. 2. Povprečne mesečne temperature 1980 v Golobji in v Vetrovni luknji
 Fig. 2. Mean month temperatures 1980 for Golobja luknja and Vetrovna luknja

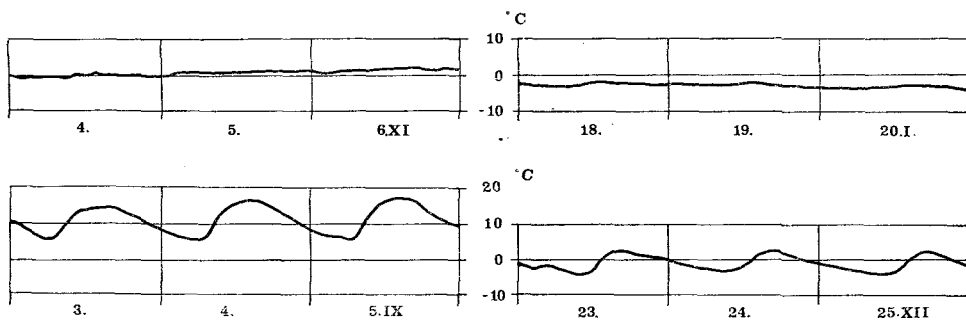
ne rove pred najhujšim mrazom (ko je bilo v Postojni — 22,7 °C je bilo v Golobji luknji — 19 °C), predvsem pa blaži visoke poletne temperature. Temu močno pripomore kroženje zraka v taki jami dinamičnega tipa. Po drugi strani pa jamske stene preprečujejo segrevanje ob lepem zimskem vremenu: ko je v vasi Predjama lepo, mirno, sončno vreme z nekaj stopinjami nad ničlo, je istočasno v Golobji luknji, le nekaj metrov za jamskim vhodom, temperatura nekaj stopinj pod ničlo!

1980 je bila povprečna temperatura v Golobji luknji 7,04 °C (sl. 2, tab. 2). Povprečne dnevne temperature celotnega opazovalnega obdobja so bile med — 11,5 °C (17. 1. 1981) in 18,5 °C (5. 3. 1980). Absolutna najnižja in najvišja temperatura sta bili zabeleženi v istih dneh, kot največji oziroma najmanjši dnevni povpreček, in sicer — 19° ter 23°; temperaturna amplituda je bila torej 42 °C.

Za razpadanje kamnine sta najpomembnejša dva temperaturna pogoja: čim večja temperaturna nihanja in zmrzovanje-tajanje oziroma prehodi temperature preko 0 °C.

Nihanje temperature v Golobji jami ima dve skrajnosti. Ob oblačnem in vetrovnem vremenu, ko dnevna nihanja temperature tudi na prostem niso izrazita, je lahko v Golobji luknji ves čas, dan in noč, po več dni zapored, tako rekoč stalna temperatura z malenkostnimi odstopanji. To se lahko dogaja v katerem koli letnem času (sl. 3a in b). Tako je npr. nihala temperatura med 17.—21. 1. 1980 le za 1°, med 3.—7. 11. 1980 pa se je spremenila vsega skupaj za 2,5 °C, vendar največ za 1° dnevno. Največja nihanja dnevne temperature nastopajo ob lepem in mirnem vremenu, ko je močno nočno ohlajanje in dnevno segrevanje in doseže dnevna amplituda do 10°. Največje dnevne spremembe temperature nastopajo po hitrih vdorih toplih ali hladnih zračnih mas v Postojnsko kotlino, ko se močna in hitra otoplitev ali ohladitev površja prenaša v vhodne dele Jame. Tako je 15. 4. 1980 temperatura v enem dnevu zrasla za 14°, 16. 1. 1981 pa padla za 18 °C.

Prehodi temperature preko 0 °C nastopajo le v hladni polovici leta, predvsem pa v prehodnem času. Ob najhujšem mrazu se temperatura tudi preko dneva ne povzpne nad 0° in torej ni procesa zmrzovanje-tajanje. V opazovalnem obdobju je temperatura prešla 0° največ trikrat dnevno. Vsega skupaj sem zabeležil 171 prehodov temperature preko 0°. Največ dni (47) je bilo takih,



Sl. 3. Potek dnevne temperature v Golobji luknji

Fig. 3. Daily temperature oscillations in Golobja luknja

Tabela 2

Temperatura in vlaga v Golobji in Vetrovni luknji
Temperatures and humidity in Golobja luknja and Vetrovna luknja

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Golobja luknja	T	-2,6	0,1	3,4	5,2	9,5	13,1	14,8	17,9	12,4	9,2	3,1	-1,5
	T _{min}	-11,5	-5,2	-1,9	2,3	6,9	10,1	11,1	17,2	10,0	4,9	-0,2	-9,9
	T _{max}	4,6	7,1	8,3	8,5	11,3	16,4	17,7	18,5	14,9	15,0	7,8	3,4
	V	75,4	78,8	84,7	76,5	77,7	82,3	84,0	—	85,5	89,6	89,3	88,5
	V _{min}	49,0	58,0	63,0	61,0	58,0	65,0	77,0	—	74,0	74,0	66,0	76,0
	V _{max}	97,0	98,0	99,0	90,0	91,0	92,0	89,0	—	90,0	98,0	99,0	100,0
Vetrovna luknja	T	4,9	5,7	6,0	6,5	7,4	8,4	8,9	9,1	8,8	8,1	7,0	5,5
	T _{min}	3,6	3,5	5,3	6,1	6,8	7,7	8,3	9,0	7,7	7,2	6,3	4,8
	T _{max}	5,5	6,5	6,5	7,1	8,1	9,0	9,5	9,2	10,0	9,0	7,5	7,0
	V	94,2	95,6	96,0	97,5	97,7	97,6	97,0	96,2	96,5	95,0	94,5	92,1
	V _{min}	89,0	94,0	94,0	95,0	97,0	96,0	95,0	95,0	94,0	94,0	93,0	89,0
	V _{max}	97,0	98,0	98,0	99,0	99,0	98,0	98,0	97,0	98,0	96,0	95,0	94,0

- T — povprečna mesečna temperatura v °C
 T_{min} — minimalna povprečna dnevna temperatura v °C
 T_{max} — maksimalna povprečna dnevna temperatura v °C
 V — povprečna mesečna relativna vlažnost v %
 V_{min} — minimalna povprečna dnevna relativna vlažnost v %
 V_{max} — maksimalna povprečna dnevna relativna vlažnost v %

ko je temperatura dvakrat dnevno (zjutraj in zvečer) prešla 0°. En dnevni prehod preko 0° je bil zabeležen v 35 primerih, po trije dnevno pa v 14. Vsega skupaj je bilo v tem času 96 takih dni, ko je temperatura v Golobji luknji prešla 0°C. V letu 1980 je temperatura v Golobji luknji prvič padla pod 0° 2. novembra, zadnjič pa 15. aprila. Največ prehodov preko 0° je bilo decembra in februarja (tab. 3).

Tabela 3

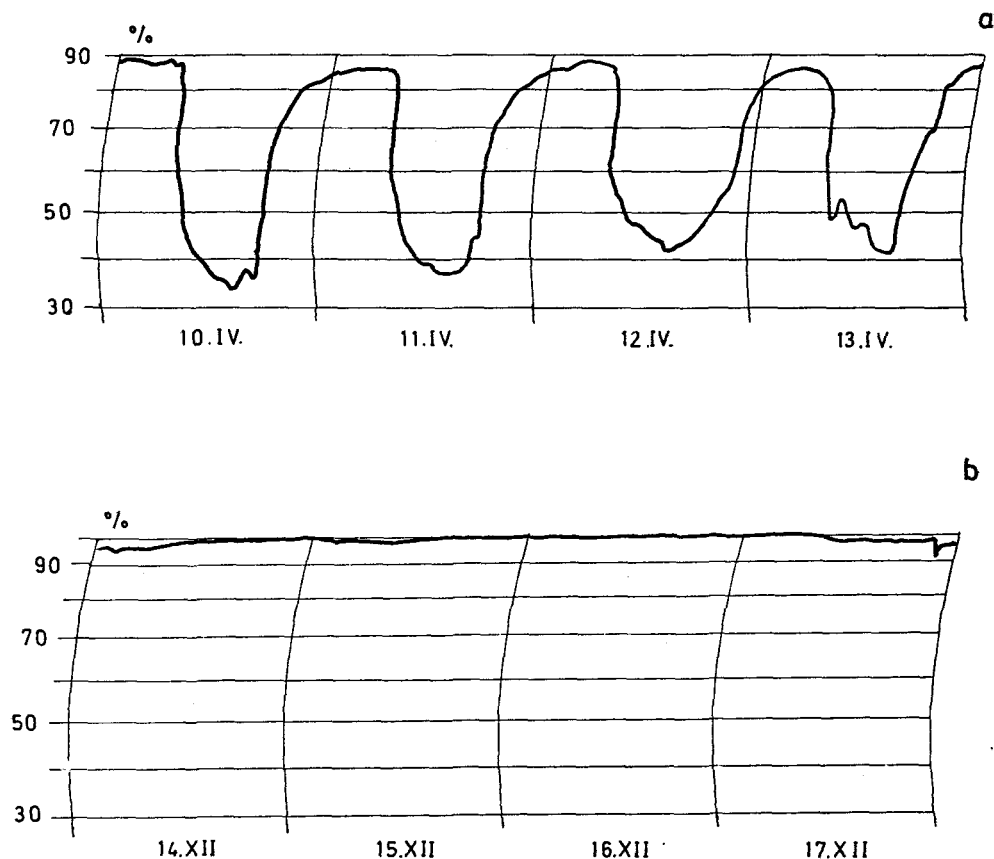
Število prehodov temperature preko 0°C v Golobji jami
Frequency of emperature crossing 0°C in Golobja luknja

Mesec Month	Število prehodov Number of crossing	% prehodov % of crossing
I.	12	11,5
II.	28	27,0
III.	13	12,5
IV.	12	11,5
XI.	13	12,5
XII.	26	25,0
	104	100,0

Tudi relativna vlažnost zraka v Golobji luknji kaže močno odvisnost od zunanjih sprememb zračne vlage oziroma od splošne vremenske situacije. Tudi krivulja sprememb relativne zračne vlage v Golobji luknji kaže tipična dnevna nihanja (10.—13. 4. 1980, sl. 4 a), včasih pa je potek nihanja zračne vlage nepravilen oziroma sploh ni opaziti dnevnih nihanj (14.—18. 12. 1980, sl. 4 b).

Povprečna relativna vlažnost zraka v opazovalnem obdobju v Golobji luknji je bila 82 %, najbolj suh zrak pa je bil januarja (75 %), najbolj vlažen pa oktobra (90 %). Absolutne vrednosti so se gibale med 100 % (kondenzacija), kar je bilo razmeroma pogosto, in 14 % (25. 2. 1980), kar je tudi za zrak v Postojni izjemno suho (ustna informacija opazovalca v Postojni).

Če primerjamo dnevni potek temperature z dnevnim potekom relativne zračne vlage vidimo, da sta si ravno nasprotna: s porastom temperature pada relativna vlaga in obratno.



Sl. 4. Dnevno nihanje vlažnosti zraka (v %) v Golobji luknji
Fig. 4. Daily air humidity (in %) oscillations in Golobja luknja

ODPADANJE SIGE

Količina

Kot sem povedal že v uvodu, sem odpadlo sigo pobiral enkrat tedensko, kasneje pa so bile te tedenske količine preračunane v dnevne zaradi lažje primerjave z drugimi podatki in lažje obdelave.

Vsega skupaj je v opazovanem času odpadlo 806 g sige, to je povprečno 1,96 g dnevno oziroma 80,6 g z 1 m² stene v enem letu ali 0,2 g/m²/dan. Povprečno je največ sige odpadlo meseca februarja (6,3 g dnevno) in decembra (3,7 g). Dnevni maksimum je bil zadnje dni februarja 1981, ko je odpadlo po 29,2 g dnevno. Najmanj sige je odpadlo v poletnih in zgodnjejesenskih mesecih — od junija do oktobra sploh nič (tab. 4).

Tabela 4

Količina odpadle sige v Golobji luknji (v g)
Dripstonefall quantities in Golobja luknja (in g)

Mesec Month	Q ₁	Q ₂	Q ₃
I.	3,1	0,5	8,2
II.	6,3	0,2	29,2
III.	2,7	0,1	10,7
IV.	0,3	0,1	0,7
V.	0,3	0,1	0,8
VI.	0,0	0,0	0,1
VII.	0,0	0,0	0,0
VIII.	0,0	0,0	0,0
IX.	0,1	0,0	0,2
X.	0,0	0,0	0,0
XI.	0,3	0,0	1,5
XII.	3,7	1,5	8,1
Skupaj	1,96	0,0	29,2

Q₁ — povprečna količina dnevno odpadle sige

Q₂ — minimalna dnevna količina odpadle sige

Q₃ — maksimalna dnevna količina odpadle sige

Glede na obliko in velikost odpadlih delcev sem ločil troje tipov: prah, drobir in kose. Količine prahu nisem mogel meriti sproti, niti ne posebej in jo lahko le ocenim po podatkih, dobljenih s pomočjo občasnega spiranja plastične ponjave z vodo in filtriranja te vode. Prahu in najdrobnejših delcev, do 2 mm premera, je bilo okoli 25 % vsega odpadlega gradiva. 41 % sige je odpadlo v obliki manjših koščkov, od 2—35 mm premera oziroma do 4 kg težkih. Ostalih 34 % (274 g) sige je odpadlo v obliki večjih kosov, nad 35 mm največjega premera oziroma težjih od 4 g. Takih kosov je bilo 9. Največji kos, odpadel je v zadnjem tednu februarja 1981, je tehtal 153,5 g (19 % celotne količine odpadle sige) in meril 200 × 85 × 10 mm.

Vzroki

Podobno, kot za razpadanje kamnine na zemeljskem površju, lahko tudi za odpadanje sige v jamskem vhodu domnevamo naslednje vzroke: 1. spremembe temperature (spreminjanje volumna kamnine oziroma sige zaradi spreminjanja temperature), 2. sprememba vlažnosti (določeni minerali vpijajo več vode in s tem spreminjajo volumen) in 3. zmrzovanje-tajanje vode v razpokah in s tem zvezani pritiski.

Temperaturne spremembe same ne povzročajo bistvenega odpadanja sige, kar najbolje kaže dejstvo, da poleti, ko so sicer tudi močna nihanja temperature, a ne zmrzuje, siga skoraj ne odpada. Tudi med relativno vlažnostjo zraka in količinami odpadle sige ni opazna neposredna povezava. Korelacijski koeficient je sicer pozitiven, vendar zelo majhen (0,085). Vendar pa obstaja neposredna povezava med tema dvema elementoma, kar dokazuje tudi stopnja signifikantnosti 0.042 (torej v mejah 0.01—0.04 kar kaže statistično signifikantnost) (tab. 5).

Ostane nam predvsem učinek zmrzovanja-tajanja, v kar je vključeno tudi prehajanje temperature preko 0 °C. Glede na to, da od junija do novembra siga praktično ni odpadla, največ pa je je odpadlo februarja (6,32 g/dan) in decembra (3,72 g/dan), januarja (3,07 g) in marca (2,7 g), je upravičeno povezovanje odpadanja sige s procesom zmrzovanja-tajanja. Februarja in decembra povprečne temperature v Golobji luknji niso bile najnižje, pač pa je v teh dveh mesecih temperatura največkrat prešla 0° (28-krat februarja in 26-krat decembra).

Tabela 5

Korelacija in signifikantnost merjenih elementov v Jami
Correlation and significance between measured elements in Jama

	TGL	VGL	TVL	VVL	HV	ŠPR
VGL	−0,116 0,009					
TVL	0,884 0,000	−0,194 0,000				
VVL	0,617 0,000	−0,136 0,007	0,386 0,000			
HV	−0,002 0,488	0,036 0,233	−0,124 0,013	−0,064 0,125		
ŠPR	−0,387 0,000	−0,024 0,310	−0,370 0,000	−0,268 0,000	−0,008 0,438	
SIGA	−0,369 0,000	0,085 0,042	−0,416 0,000	−0,532 0,000	0,021 0,336	0,218 0,000

TGL = temperatura v Golobji luknji

VGL = vlaga v Golobji luknji

TVL = temperatura v Vetrovni luknji

VVL = vlaga v Vetrovni luknji

HV = hitrost vetra

ŠPR = število prehodov temperature preko 0 °C

SIGA = odpadla siga v g

V jamskih vhodih takega tipa, kot je Golobja luknja, siga močneje odpada tudi zaradi ledenih tvorb po stropu in stenah. Te so posledica zmrzovanja, temperatur pod 0 °C in ne prehodov temperature preko 0°. V Golobji luknji je pozimi precej ledu, deloma v obliki ledenih sveč — kapnikov, deloma pa v obliki ledenih skorij, ki nastajajo tam, kjer voda polzi po stenah. Ta led povzroča odpadanje sige s svojo težo — ko postane gmota ledu, ki se drži predvsem sige, pretežka, se odtrga. Navadno se pri tem ne odtrga sam led oziroma ne popusti vez med ledom in sigo, ampak popusti vez med sigo in steno in skupaj z ledom pade na tla tudi siga. To povezuje tudi padavine z odpadanjem sige — ledene tvorbe nastajajo predvsem takrat, ko po deževju nastopi hujši mráz. Zaradi tega je deloma maksimalna količina odpadle sige dobljena konec zime malo prevelika, kajti dokler se odpadla gmota ledu na tleh ni pričela topiti, ni bilo mogoče pobrati vseh kosov odpadle sige.

Prah in »poprh« s površja sige v veliki meri spirá na tla voda. Kapljice in curki, ki polzijo po stenah, spirájo najdrobnejše razpadle delce in jih na tleh odlagajo.

METEOROLOŠKA OPAZOVANJA V VETROVNI LUKNJI

Da bi bilo mogoče primerjati meteorološke podatke iz Golobje luknje tudi s podatki iz notranjosti jame, sem opazoval določene meteorološke elemente tudi v Vetrovni luknji (tab. 2 in 6). Poleg temperature in vlage sem v Vetrovni luknji opazoval tudi smer in hitrost vetra, saj je v dinamičnih jamah prav značni tok nosilec zunanjih vremenskih vplivov v podzemlje.

Razlika med povprečnimi temperaturami v letu 1980 ni bila velika, 7 °C v Golobji in 7,2 °C v Vetrovni luknji. Pač pa so bile v Vetrovni luknji manjše amplitude (3,5—10°), čeprav še vedno velike glede na to, da je ta del jame

Tabela 6

Veter v Vetrovni luknji

Wind in Vetrovna luknja

	Povprečna hitrost v m/s	Smer v %*
I.	6,8	100
II.	4,5	100
III.	2,9	100
IV.	3,1	75
V.	2,7	50
VI.	5,3	25
VII.	4,8	0
IX.	4,0	0
X.	0,6	0
XI.	3,8	75
XII.	6,0	100
Skupaj	4,0	63

* Podatek kaže % meritev, ko je bil veter usmerjen skozi Vetrovno luknjo v notranjost Jame.

oddaljen 700 m od vhoda. Zanimivo je opazovanje prodiranja hladnega zunanjega zimskega zraka v jamsko notranjost: konec januarja 1981 je bil vhodni del že tako daleč ohlajen, da so ledene tvorbe nastajale še kakih 100 m daleč v notranjost Stare jame, to je okoli 450 m daleč od vhoda. Kapniki v Veliki dvorani so bili močno zaledeneli (Kranjc 1981).

Zračni tok, ki kroži po Jami, se v ožinah spremeni v pravi jamski veter. V opazovanem času sem opravil 50 meritev smeri in hitrosti vetra v Vetrovni luknji. Povprečna hitrost vetra je bila 4 m/s, povprečno najmočnejši veter je pihal januarja in decembra, najšibkejši pa oktobra in maja. Največja izmerjena hitrost je bila 9 m/s (9. 1. 1981). Januarja, februarja, marca in decembra je veter stalno pihal skozi Vetrovno luknjo proti notranjosti jame. Od julija do oktobra je pihal v obratni smeri, proti izhodu, od aprila do junija pa je veter menjaval smer.

Relativna vlažnost zraka v Vetrovni luknji je ustrezala smeri zračnega toka. Povprečna relativna vlažnost je bila 96 %, z ekstremnimi dnevnimi povprečji med 89—99 %. Meseci, ko je bil zračni tok usmerjen v jamo, so imeli povprečno relativno vlago pod letnim povprečkom, ostali pa nad njim. Najvišjo povprečno relativno vlažnost sta imela meseca maj in junij. V konkretnih primerih je vlaga često dosegala 100 % in je prihajalo do kondenzacije.

ZAKLJUČEK

V Golobji luknji, to je v vhodnem delu jamskega sestava pri Predjami, sem opazoval odpadanje sige s stene malo več kot leto dni. V tem času je z 10 m² velikega dela stene odpadlo 80,6 g sige/m² oziroma 0,2 g/m²/dan. Največ sige je odpadlo v pozni zimi, najmanj pa poleti in zgodaj jeseni. 41 % sige je odpadlo v obliki drobnih koščkov (pod 4 g), 34 % v obliki večjih kosov (največji 154 g), ostalih 25 % pa v obliki prahu in drobnih zrn (pod 2 mm).

Največje kose sige trgajo od stene ledene tvorbe, ko postanejo pretežke, da bi jih držala razmeroma tanka sigova skorja. Sila, ki drži skupaj sigo in led, je močnejša od sile, ki združuje sigo in skalno osnovo. Zato je običajno na bazi ledene sveče, ki odpade s stene ali stropa zaradi prevelike lastne teže, tudi primrznjen kos sige.

Ostali večji kosi odpadajo zaradi zamrzovanja-tajanja, predvsem takrat, ko je sigo precej namočena in temperatura pogosteje prehaja preko 0 °C. V opazovanem obdobju je največ sige odpadlo v mesecu februarju.

Sigov prah in poprhi spira s sten curljajoča voda in je količina odnešenega prahu odvisna tudi od padavin.

V mrzli zimi, kot je bila npr. zima 1980—1981 v teh krajih, prodira mrzel zrak (pod 0 °C) globoko v Jamo, led se dela še okoli 450 m daleč od vhoda. Tako globoko sega torej neposredni vpliv zunanjih vremenskih sprememb in do te razdalje od vhoda lahko računamo tudi z razpadanjem sige zaradi zmrzovanja, čeprav intenzivnost odpadanja sige od vhoda proti notranjosti slabi.

LITERATURA

- Anelli, F., 1944: Osservazioni di meteorologia ipogea nelle Grotte di Castel Lueghi presso Postumia. *Le Grotte d'Italia*, Ser. 2, Vol. 5, 1941—1944, 5—34, Trieste.
- Furlan, D., 1960: Klimatske razmejitev Slovenije. *Geografski vestnik*, 22, 45—57, Ljubljana.
- Gospodarič, R. & F. Šušteršič, 1977: Vzroki podiranja kapnikov v kraških jamah (medfazno poročilo 1977). *Speleologija krasa*, Poročila, elaborat, 1—24, Postojna.
- Habe, F., 1962: Hydrometeorologische Beobachtungen in Höhlensystem von Predjama. 6. Congrès Internat. de météorologie alpine, Bled, 476—469, Beograd.
- Habe, F., 1970: Predjamski podzemeljski svet. *Acta carsologica*, 5, 7—94, Ljubljana.
- Korošec, J., 1956: Arheološke ostaline v Predjami. *Razprave SAZU*, 9/1, 3—64, Ljubljana.
- Kranjc, A., 1974: Jama Skednevnica — primer mehanskega razpadanja sige. *Proteus* 36/7, 316—319, Ljubljana.
- Kranjc, A., 1980/1981: Poplavni svet na Pivki. Elaborat, Geografski inštitut A. Melika, SAZU, 1—101, Ljubljana.
- Kranjc, A., 1981: Letošnja huda zima in klima v Jami (Predjama). *Proteus* 43/9-10, 357—359, Ljubljana.
- Novak, T. & V. Kuštor & A. Kranjc & N. Sivec, 1981: Prispevek k poznavanju razporeditve favne v velikih rovih. *Acta carsologica*, 9, 149—179, Ljubljana.
- Osole, F., 1958: Pomen jamskih sedimentov za speleologijo. *Proteus*, 20/7, 181—185, Ljubljana.
- Osole, F., 1959: Analiza pleistocenskih jamskih sedimentov. *Geologija*, 5, 123—128, Ljubljana.
- Schmidl, A., 1854: Die Grotten und Höhlen von Adelsberg, Lueg, Planina und Laas, 1—316, Wien.

FREQUENCY OF DRIPSTONEFALL IN GOLOBJA LUKNJA (SLOVENIA)

Summary

To find out the intensity of dripstonefall near the cave entrances, which is part of endogene or autochthonous sediments in caves, due to actual climate, I decided to make some observations. I have chosen Golobja luknja (Pigeon's Hole) as one of the entrance part of Predjama Cave System near Postojna is called, mainly from the technical reasons (accessibility, lock with the door). This cave system was known as a dynamic one with big temperature differences from previous works already.

For observations of dripstonefall I have chosen about 10 m² of cave wall, covered with dripstone but without bigger concretions. Floor under the wall was covered by plastic sheet and thermograph and hygrograph have been placed nearby. Fallen pieces of dripstone were gathered once a week and later calculated to a day's interval for easier comparisons and calculations. The observations were carried out between 1980-01-09 and 1981-03-31. One set of instruments was placed 700 m inward to the narrow place called Vetrovna luknja (Wind Hole). Because of the wind I observed there also the direction and the velocity of wind once a week.

All gathered data have been put into the computer of University Computing Centre in Ljubljana, where mag. Primož Jakopin was of the greatest help.

Golobja luknja is one of the entrances to the main passage of about 6 km long Predjama Cave System. It is situated at 490 m a.s.l. in the vertical wall of Upper Cretaceous limestones, about 30 m above the ponor of Lokva brook. The wall ends the blind valley of Lokva.

The system as a whole has 4 entrances in 120 m high wall and a lot of internal connections. It is so called dynamic cave: in summer the prevailing direction of air current is along the main passage towards the entrance — outwards, and in winter inwards. The climate of Pivka region is in the transitional temperature belt between the mediterranean and inner belt and according to precipitations it belongs to modified mediterranean regime. Mean quantity of precipitations in Postojna (1931—60) is 1299 mm and mean temperature 8.5 °C (January —1.5°, July 17.9°).

The winter 1980/81 was very cold. Temperature falls under 0 °C in October, on 12th November it was -7,3° already. In December it was only 5 days without freezing temperatures, with minimum of -10°. Mean temperatures of winter months have been under normal: December -1.9°, January -2.9°, February -1.2°. The coldest day was 17th January with -22.7°. The snow cover persisted for 81 day.

The mean temperature of air in Golobja luknja was 7 °C, in December -2.6°, and in August 17.9°. The lowest recorded temperature was -19° and the highest 23°. The greatest daily amplitude was 18°. Temperature crossed 0 °C 3 times a day the most. Altogether 171 crossing of 0° have been recorded. Temperature crossed 0° the most frequently during December and February. Mean air humidity was 82 %, the driest was January (75 %), and the most humid October (90 %). Absolute values ranged between 14—100 %.

During the observation period has fallen down altogether 806 g of dripstone, which is 1.96 g/day or 80.6 g/m² or 0.2 g/m²/day. Dripstonefall was the most intensive in February (6.3 g/day) and in December (3.7 g/day). In June, July, August, and October there was no dripstonefall.

Dripstonefall particles can be divided into 3 categories: under 2 mm = 25 %, between 2—35 mm (up to 4 g) = 41 %, and above 35 mm (or 4 g) = 34 % of all the dripstonefall. The biggest particle measured 200 × 85 × 10 mm (153.5 g or 19 % of all dripstonefall).

According to the literature treating rock weathering and to gathered data I can conclude that the main reasons for dripstonefall in Golobja luknja are three. First is freeze-thaw effect. Second one are ice concretions during the winter as follows: percolating and dripping water is often freezing when reaching the ceiling and on it and on the floor relatively huge ice concretions are formed. When the piece of ice crust or iceicle becomes too heavy it falls down — and often a piece of dripstone is falling too, attached to the base of ice formation. And the third one: dripstone dust and the smallest particles are washed down from the walls directly by the dripping water.

In cold winters, as it was the winter 1980/181 the cold air (under 0 °) can penetrate up to 500 m into the interior of the cave, due to the inward oriented air current. The wind reached during the observation period the maximum velocity of 9 m/sec. Ice formations were as far as 450 m from the cave entrance. Direct atmospheric influence is therefore reaching so far in the cave and in this entire zone we can reckon upon freeze-thaw weathering.