

**LEDENE IN SNEŽNE JAME****Andrej Mihevc**

UDK 551.442:551.33(497.12)

LEDENE IN SNEŽNE JAME

Andrej Mihevc, mag., Inštitut za raziskovanje  
krasa ZRC SAZU, Titov trg 2, 66230 Postoj-  
na, Slovenija

UDC 551.442:551.33(497.12)

ICE AND SNOW CAVES

Andrej Mihevc, M. Sc., Inštitut za raziskova-  
nje krasa ZRC SAZU, Titov trg 2, 66230  
Postojna, Slovenia

Med 6180 jamami, kolikor jih je registriranih v jamskem katastru v Sloveniji, se v 375 zadržuje led. Led, pogosto skupaj s snegom, je lahko trajen in zdrži v jami prek celega leta, ali pa se le ohranja pozno v pomlad ali celo v poletje. Take jame se zato imenujejo ledene ali snežne jame. V Sloveniji so najnižje ležeče ledene jame v nadmorskih višinah okrog 700 m na Hrušici, večina pa jih je nad višino 1000 m.

The article presents basic mechanisms for ice forming and snow preserving in karst caves, and describes some important Slovene ice caves. Among 6180 known caves in Slovenia in 375 caves ice and snow were observed. These, so called ice caves, can contain seasonal or perennial ice or both. In this latitude ice caves are in mountains only, the lowest entrances to caves are in altitude about 700 m. More common are on karst plateaus above altitude 1000 m. Ice accumulation in them varies in respect to winter temperatures and precipitation. Most of ice or snow accumulates in static caves as a result of temperature inversion, while important ice caves are dynamic in respect of meteorological behavior. Such caves are Great Ice Cave in Paradana and Raduha Snow Cave.

Zemeljsko površje se ogreva in ohlaja skladno z temperaturnimi spremembami letnih časov. Toplota se počasi prevaja navzdol, spremembe temperature v tleh pa sežejo le do neke globine, ki običajno ni večja kot 20 do 30 m. V tej globini je temperatura približno izravnana s povprečno letno temperaturo kraja. Navzdol, z naraščujočo globino, temperatura narašča po geotermični stopnji, ki znaša okrog 1°C na 30 m globine.

V krasu, predvsem v jamah, pa lahko zaznamo letna temperaturna kolebanja veliko globlje v podzemlju. Ponekod zaradi nizkih temperatur v podzemlju v zimski polovici leta nastaja led celo v takih količinah, da se lahko ohrani prek toplega dela leta. Trajni led se ohranja v jamah kljub temu, da je okoliška povprečna letna temperatura nad ničlo. Vzrok temu je splet lokalnih razmer, ki omogočijo nastanek ledu v jami, potem pa tudi njegovo ohranjanje prek toplejšega dela leta.

**NASTAJANJE IN OHRANJANJE LEDU V JAMAH**

Zemeljsko, tudi kraško površje, se

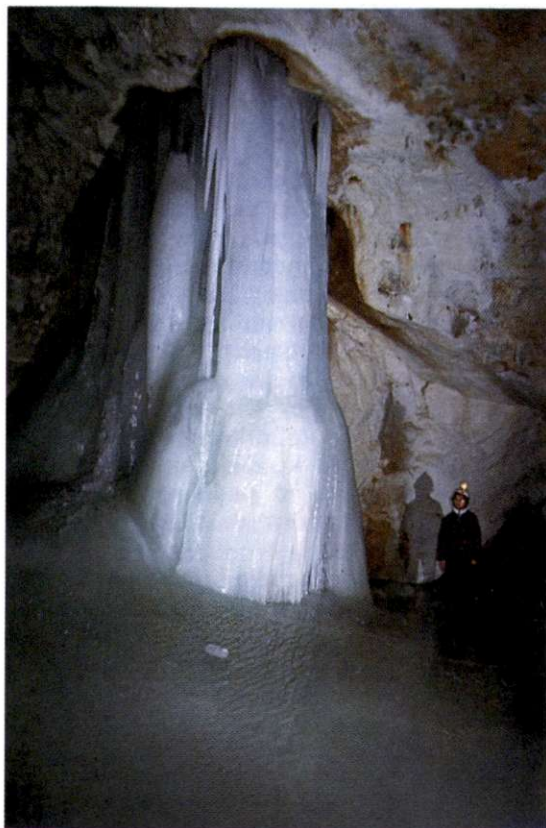
segreva ali ohlaja (segrevanje ali ohlajanje je drugo ime za lokalne temperaturne spremembe) zaradi letnega spreminjanja dotoka sončne energije. Toplota se v globino prenaša s konvekcijo skozi kamnino, prenos toplote pa je počasen in ne seže globoko. Na krasu pa se toplota prenaša v globino še s prenikajočo vodo in s kroženjem zraka. Ta tok snovi in energije je lahko zelo intenziven in hiter.

Posledica tega je, da lahko tudi v najglobljih kraških jamah čutimo vplive klimatskih značilnosti površja pri vходу. Ker so najgloblje jame običajno v visokogorju, so zato precej hladne. V 1370 m globokem breznu Čehi 2 na Kaninu so na dnu temperature nizke, znašajo le 2 do 3°C nad ničlo, čeprav bi po geotermični stopnji v teh globinah lahko pričakovali že temperaturo nekaj deset stopinj.

Prenikajoča voda lahko ohladi kamnino le do ledišča, potem voda zamrzne in prenašanje toplote se ustavi. Pod ledišče pa ohladi jame le mrzel zrak. Najbolj pogosto se to dogaja v tistih jamah, v katere zaradi žepaste oblike in velikega vhoda v hladni polovici leta priteka hladnejši in zato težji zrak. Ta iz jame izriva zrak, ki se je ob ste-



Slika 1: V Vranji jami ob robu Planinskega polja nastanejo ledeni kapniki vsako zimo. Kapniki so značilno pasasti, kar kaže na spremembo temperature v času rasti. Prozorni, tanjši deli nastanejo pri nižjih temperaturah, motni, odebeljeni pa pri nekoliko višji temperaturi. (Foto. A. Mihevc.)



Slika 2: Ledeni steber in ledeno jezero v Snežni jami na Raduhi. Voda priteka v ohlajeno jamo skozi kamin v stropu. Večji del vode se razlije po dnu in oblikuje ledeno jezero. Ta del jame je postal dostopen po letu 1981, ko se je na vhodu v jamo stalil ledeni zapirrač. (Foto: M. Nagode.)

nah že nekoliko segrel in je zato nekoliko lažji.

Zračno kroženje se ustavi tisti trenutek, ko se temperatura zunanjega zraka dvigne in v jami obleži inverzno jezero hladnega zraka, ki se v jami vzdržuje tudi v topli polovici leta in preprečuje konvekcijsko dovajanje toplote. Zaradi tega mirujočega zraka imenujejo tak tip jam tudi **statična jama**.

Na ta način se stene jame ohladijo pod temperaturo ledišča. Skozi majhne korozijsko razširjene špranje pa priteka v tako razhlajeno jamo voda. Temperatura v teh kraških vodnikih je vseskozi nad lediščem, saj vanje hladni zrak ne vdira.

Pritekajoča voda v jami zamrzne v jamski led, če pa ima jama dovolj velik vhod, se v njej nabere še sneg.

Količina ledu v takih jamah običajno ni velika. Pogosto se zato v njih led poleti tudi stali. Toplota, potrebna za taljenje ledu, pride iz obdajajoče kamnine, poletne deževnice.

Jame tega tipa so najpogostejše ledene jame pri nas. Najdemo jih v nadmorskih višinah od 700 m naprej, kjer je povprečna letna temperatura še okrog 8°C. Zanje so značilni strmi ali navpični vhodni deli, velike vhodne odprtine ter osojna, gozdna lega.

Podobnega nastanka so tudi dolgo-

trajna snežišča v večjih udornicah ali nasploh v večjih zaprtih globelih dinarskega in alpskega krasa. Ponekod v njih sneg leži daleč v poletje, temperature v takih dolih ne dosegajo povprečnih temperatur zunaj njih, zato se v njih uveljavlja tudi vegetacijski obrat.

Večje količine ledu pa nastanejo v jamah **dinamičnega tipa**. Take jame imajo več vhodov, pogosto je en vhod velik, ostali pa so manjše, povečini neprehodne špranje. Pozimi priteka v jamo hladen zrak skozi spodnji vhod. Zrak se v jami segreje in se skozi višji vhod dviguje na površje. Ob večjih temperaturnih razlikah lahko v jamah zato opazamo vetrove, ki dosegajo hitrost več m/s, temperatura pa pade pod ničlo tudi še nekaj sto metrov daleč od vhoda v jamo.

Zrak v podzemlju odvzema toploto skali, obenem pa se še navlaži. Kjer se tak zrak skozi višji vhod vrača na površje, tali sneg okrog špranj ali jamskih vhodov, vlaga v njem pa se skondenzira. Po tem pojavu so nastala imena jam, kot na primer Dihalnik v Grdem dolu, Pihala, pa tudi Dimnice.

Velike količine mrzlega zraka v dinamičnih jamah lahko ohladijo veliko večji del podzemlja, kot je to primer pri statičnih jamah. Zlasti ugodna lega za nastanek močnih zračnih tokov je pri jamah, katerih vhodi se nahajajo v dnu kraških depresij, v katere se steka veliko hladnega zraka.

Za rast ledu v jami je potrebno še sprotno dovajanje vode. Vode pa je globlje v krasu, kjer se prenikajoča voda že združuje v večje curke, več. Voda priteka iz razpoka, v katerih ni zračnega kroženja, ki bi jih ohladilo pod ledišče. Poleg tega se pri prehajanju vode v led sprošča še latentna toplota, ki preprečuje, da bi led zaprl mesta dotoka vode v jamo. Delno pa verjetno zamrznejo tudi dovodne razpoke in okrog takih jam lahko nastane cona permafrosta (stalne zamrznjenosti).

To lahko opazujemo pri nekaterih jamah, ko na primer nad ledenim čepom nastane jezero vode, kar pomeni, da so zamrznile vse razpoke oziroma kraški kanali. Permafrosta pa ni pod ledenim ali snežnim pokrovom, tam torej, kjer

mrzli zrak skali ne odvzema toplote, zato se ledene gmote tale v svojem podnožju, voda pa nemoteno odteka v kras.

V dinamičnih jamah se zračni tokovi ohranijo tudi v topli polovici leta. Običajno se obrnejo, zrak izteka skozi spodnje vhode, skozi gornje pa v podzemlje sesa površinski, topli zrak. Led se prične taliti, pri čemer pa odvzema zraku veliko toplote, saj potrebuje latentno toploto za prehod v tekoče stanje. Od bilance zimskega ohlajanja in letnega segrevanja je potem seveda odvisno, ali bo led zdržal prek celega leta.

Poleg letnih oscilacij ledu v jamah opazamo tudi oscilacije ledu z daljšo, nekajletno periodo. Te so lahko posledica manjših sprememb klime, na primer spremembe količine padavin v hladni polovici leta, ali pa so posledica jami lastnih samoregulacijskih mehanizmov.

Lep tak primer nudi Velika ledena jama v Paradani. Jama leži severno od Goljakov na Trnovskem gozdu v nadmorski višini 1100 m. Led v jami se pojavlja v vhodnih delih do globine 150 m. Nastaja iz prenikajoče vode v treh med seboj ločenih dvoranih, kjer pozimi lahko opazujemo močne zračne tokove mrzlega zraka. Le tik za samim vhodom je tudi nekaj ledu, ki nastane iz snega.

Količina ledu se spreminja. Malo ga je bilo v začetku petdesetih, ob koncu sedemdesetih in koncu osemdesetih let. Vmes pa se je količina ledu tako povečala, da je celo zaprla dostop v notranje dele jame. Povečanje obsega ledenika je tako spremenilo jamo iz dinamičnega tipa v klimatsko statično jamo. V njenih vhodnih delih nad ledenim čepom se je led še nabiral, dotok hladnega zraka v notranje dele jame pa je prenehal. Iz njih je prihajal toplejši zrak in s spodnje strani talil ledeni čep. Ko se je ta pretalil, je ponovno omogočil zračno kroženje in rast ledenika.

#### OBLIKE LEDU V JAMAH

Podzemni led se pojavlja v različnih oblikah. Najpogostejši so **ledeni kapniki**, ki nastanejo z zmrzovanjem prenikajoče vode. Pojavljajo se vsako zimo na številnih jamskih vhodih, pa tudi globlje v jamah. Podobni so pravim kapnikom,

njihov led pa je prozoren ali moten. Povečini spomladi odpadejo s sten ter po količini ne predstavljajo omembe vredne ledene mase.

Drugi tip ledu predstavlja led, ki je nastal z **rekristalizacijo starega snega**. Ta led ima pogosto vključene plasti nečistoč, na primer humusa in listja. Najdemo ga le pod vhodi v brezna.

Tretji tip ledu nastane z **zmrzovanjem stoječe vode**. V veliki ledeni jami v Paradani ali v Snežni jami na Raduhi nastanejo taka jezera po hitrih odjugah. Potem pa počasi zamrznejo z vrha navzdol. Ledena jezera tega tipa nastanejo tudi na prekrstaljenem starem snegu.

Pogost pojav ledu, čeprav skromen po količini, je **ivje**. Odloži se na podhlajeno skalo ali led, pri čemer lahko nastanejo v zatišnih legah zelo veliki heksagonalni kristali. Bolj pogosto pa je ivje v obliki poprha iz malih ledenih iglic.

Pogost je tudi **led v klastičnih sedimentih**. Led se pojavlja v obliki nepravilnih teles, ali pa v obliki nitastih kristalov prodira na površje. V jamah, kjer se led poleti tudi stali, povzroča to krioturbatne pojave in polzenje sedimentov. V jamah se lahko pojavijo prava poligonalna tla, najlepša lahko vidimo v Snežni jami na Raduhi in v Skedneni jami pri Lazah.

#### POMEMBNEJŠE LEDENE JAME V SLOVENIJI

Ledenih in snežnih jam je največ na visokih kraških planotah (Snežniku, Nanosu, Trnovskem gozdu) in na Kočev-

skem. V številnih od teh jam so pridobivali led za oskrbo z vodo ali za hlajenje živil. V nekaterih še najdemo ostanke starih lestev in nadelanih poti. Veliko ledenih jam je tudi v Alpah, pač zaradi nižjih temperatur.

Najbolj znana ledena jama pri nas je Velika ledena jama v Paradani na Trnovskem gozdu. Jama je 385 m globoka, v vhodnem delu je več dvoran, navzdol pa se nadaljuje v niz brezen. V vhodnem delu so že v prejšnjem stoletju sekali led in ga vozili v Vipavsko dolino ter v Trst. Ta dejavnost je zastala šele v petdesetih letih s pojavom hladilnikov. Jama je znana tudi po toplotnem in vegetacijskem obratu v vhodnem delu. Žal pa je dostopen le vhodni del jame z začetkom podzemnega ledenika, ostali deli so dostopni le z jamarsko opremo.

V zadnjih letih je postala zelo obiskana tudi Snežna jama na Raduhi, saj je poleti urejena tudi za turistični obisk. Jama je prek 1000 m dolg rov velikih dimenzij, ki leži v nadmorski višini okrog 1550 m. Jama je ledenica dinamičnega klimatskega tipa, hladni zrak vdira v jama skozi glavni vhod ter izhaja skozi nekaj kaminov v stropu. Obiskovalci jame si lahko v jami ogledajo veliko ledeno jezero pod vhodom ter velike gmote ledu, ki nastanejo globlje v jami. Poleg ledu so v jami tudi lepi primeri krioturbatnih pojavov ter edinstveni kapniki iz jamskega mleka, posebne vrste sige.

Manjša ledena jama, primerna za obisk, je tudi Ledena jama na Stojni. Vhod v jama je v nadmorski višini 800 m, jama pa je statičnega tipa.