

NAJPOGOSTEJŠI MINERALI IZ JAM KLASIČNEGA KRASA

Nadja ZUPAN HAJNA

mag., Inštitut za raziskovanje krasa ZRC SAZU, 66230 Postojna, Titov trg 2, SLO
MD, Istituto per lo studio del Carso presso il CRS ASSA, 66230 Postojna, Titov trg 2, SLO

IZVLEČEK

Najpogostejši minerali iz jam našega klasičnega krasa so karbonatni minerali, od katerih sta najbolj razširjena kalcit ter aragonit. Minerali drugih mineralnih skupin so bolj redko prisotni, med njimi sta najbolj pogosta sadra in led. Vse te minerale najdemo v najrazličnejših oblikah, ki so pogojene z njihovimi kristalografskimi lastnostmi in z načinom njihovega izločanja iz raztopin. Tako na primer kalcit najdemo kot posamezne kristale ali pa kot sigo najrazličnejših oblik.

UVOD

V kraških jamah nastajajo različni kemijski sedimenti. Med kemijskimi minerali, ki nastajajo v jamah, ločimo naslednje skupine mineralov: karbonate, evaporite, železove in manganove hidrokside, okside, sulfate ter fosfate.

Kemijski sedimenti, ki so se oblikovali v naših kraških jamah, so sekundarnega nastanka, saj gre za minerale, ki so se v jamah izločili iz raztopin. Voda raztaplja kamnine, skozi katere prenika. Pri tem se obogati z različnimi ioni, ki izvirajo iz raztopljenih kamnin. Raztopina odraža kemijsko in s tem mineralno sestavo raztopljene kamnine ter je obenem tudi v kemijskem in fizikalnem ravnotežju s kamnino. Kadar se ravnotežje v raztopini poruši, pride do izločanja mineralov. Ti so v ravnotežju z novimi pogoji in imajo tako kemijsko sestavo, kakršno dopušča sestava raztopine.

V kraških jamah najdemo minerale, ki jih delimo v štiri skupine. V prvi so kraški minerali, nastali pri nizkih temperaturah in kraških procesih, to so minerali kalcitne in aragonitne združbe ter hidroksidi in oksidi. Naslednjo skupino predstavljajo minerali, oblikovani pod vplivom bližine rudnih nahajališč. Taki so hidrotermalni minerali in hipergeni minerali. Tretja skupina so minerali, nastali zaradi vpliva organskih ostankov, kot so fosfati, nitrati in organogeni minerali. V zadnjo skupino pa spadajo vulkanogeni minerali.

Najpogostejši na krasu so karbonatni minerali, njihova najznačilnejša predstavnika sta kalcit in aragonit.

KARBONATNI MINERALI

Karbonati so najpomembnejša skupina mineralov, ki nastopa v kraških jamah. Najznačilnejša predstavnika skupine sta kalcit in aragonit, ki tvorita preko 95% vseh mineralov, ki so se izločili v jamah.

Nastanek karbonatnih mineralov ter njihov obstoj in oblika so vezani na srednje do nizke temperature. Razlikujemo dve osnovni skupini karbonatov, karbonate brez vode in drugih anionov ter karbonate z vodo in s tujimi anioni. Glede na obliko kristalov ločimo romboedrske in rombične karbonate.

Romboedrske karbonate skupaj s karbonatnim anionom tvorijo naslednji kationi: Ca^{2+} , Mg^{2+} , Mn^{2+} , Zn^{2+} , Fe^{2+} ; rombične pa Ca^{2+} , Sr^{2+} , Ba^{2+} in Pb^{2+} . Romboedrski karbonati so kalcit, magnezit, rodohrozit, siderit in smithsonit. Morfološko so si zelo podobni, strukturno so popolnoma enaki, vendar zaradi različnih ionskih radijev njihovih kationov ne obstaja možnost popolnega izomornega mešanja med njimi. Dolomit nastaja, ker manjka popolno izomorfno mešanje med kalcitom in magnezitom. V njem je lahko del ali ves magnezij zamenjan z železom ali manganom. Pri tem nastanejo minerali ankerit, manganodolomit in ferodolomit. Rombični karbonati so aragonit, stroncianit, witerit in cerusit. Izomorfno mešanje teh karbonatov je zelo omejeno.

Fizikalne in kristalografske lastnosti vseh naštetih mineralov so si zelo podobne. Razlike so v barvi, specifični

teži, indeksu loma svetlobe ter v bogastvu oblik, ki je pri kalcitu največje.

Najpogostejši karbonatni minerali v kraških jamah, nastali pri nizkih temperaturah in kraških procesih, so prikazani v tabeli 1.

Ime	Formula	Singonija	Pogostnost v jamah
kalcit	CaCO ₃	trigonalna	najpogostejši
aragonit	CaCO ₃	rombična	pogost
dolomit	CaMg(CO ₃) ₂	trigonalna	redok
hidromagnezit	Mg ₃ (CO ₃) ₄ (OH) 2,4H ₂ O	monoklinska	redok
magnezit	MgCO ₃	trigonalna	redok

Tabela 1: Najpogostejši karbonatni minerali v kraških jamah

Pomembnejši karbonatni minerali v kraških jamah, ki so nastali v povezavi z rudnimi nahajališči, so azurit, cerusit, malahit, rodohrozit, smithsonit, stroncianit in witherit.

Kalcit

Kalcit CaCO₃ kristali trigonalno, njegovi posamezni kristali so skalenoedrske ali romboedrske oblike. Ploskve in robovi so velikokrat blago zaobljeni, zaradi tega ploščati romboedri kažejo lečasto obliko. Za kalcitne kristale je značilno tudi njihovo dvojčično zraščanje.

Najpogostejša oblika kalcita v jamah je siga. Najdemo ga tudi v kristalni obliki, vendar so veliki kristali bolj redki.

Kalcitni kristali

Kalcitni kristali pravilnih oblik v jamah niso prav pogosti. Posamezni kristali so skalenoedrične oblike, katerih najdaljša kristalografska os je pravokotna na jamsko steno. Kristali so veliki od nekaj milimetrov do enega metra ter rastejo v skupinah. Različne velikosti skalenoedričnih kristalov v jamah zrastejo na tri načine.

Največji, do 1 m, ter najlepše oblikovani kristali zrastejo v freatični, stalno zaliti coni krasa. Vendar tako velikih v naših jamah ne poznamo.

V vodnih ponvicah zrastejo lahko kristali skalenoedrske ali rombične oblike. Navadno so ti kristali majhni, bolj slabo razviti in obarvani. Ponvice, napolnjene z različnimi kristali kalcita, so v naših jamah zelo pogoste.

Iz prenasičenih raztopin, mezečih iz jamskih sten, se lahko izločijo tudi veliki skalenoedrični kalcitni kristali. Posamezni kristali so lepih in pravilnih oblik, veliki do nekaj decimetrov in navadno rastejo v skupinah. Kristali so tem bolj pravilnih oblik, čim bolj enakomerno priteka raztopina in čim več prostora in časa imajo kristali za svojo rast. Slovenske jame niso ravno bogate s temi kristali, vendar jami, v kateri so, dajo poseben pečat. Zelo lepi so bili v Kristalni jami nad Kupljenikom, vendar so, žal, najlepši odlomljeni in odneseni.

Siga

Siga je najpogostejša oblika nastopanja kalcita v kraških jamah. Njena oblika je odvisna od načina dotekanja raztopine. Različne oblike sige nastanejo iz kapljajoče, tekoče, mezeče, ujete in kondenzne vode.

Stalaktiti in stalagmiti rastejo iz kapljajoče vode v vzdolžni smeri curka. Siga v plasteh se izloča iz vode, ki teče po stenah ali tleh. Iz mezeče ali pljusajoče vode se izločajo koralne oblike sige. Helektiti rastejo iz kapilarnе vode, ki meži skozi tanke kanale. Tanke plavajoče skorje sige rastejo na ujeti vodi v bazenih in lužah. Sigaste obrobe se izločajo iz kondenzne vode, ostale oblike sige pa so rezultat drugačnih hidroloških mehanizmov.

Izločanje sige

V kraških jamah se siga izloča iz raztopin, prenasičenih s kalcijevim karbonatom. Deževnica se v atmosferi in pri penikanju skozi tla obogati s CO₂. Ti dve komponenti skupaj tvorita šibko ogljikovo kislino (H₂O + CO₂ = H₂CO₃). Ta kislina topi karbonatne kamnine, skozi katere penika. Pri tem nastajajo kalcijevi in hidrogenkarbonatni ioni (CaCO₃ + H₂CO₃ = Ca²⁺ + 2(HCO₃)⁻). V trenutku, ko raztopina, bogata s temi ioni, doseže jamski prostor, se ravnotežje v raztopini poruši, zaradi spremembe parcialnega tlaka CO₂ in temperature. Začne se izločati kalcijev karbonat (Ca²⁺ + 2(HCO₃)⁻ = CO₂ + CaCO₃ + H₂O) v obliki sige ali posameznih kristalov. Kakšna bo siga po mineralni sestavi, je odvisno od prisotnosti ostalih ionov v raztopini.

Sigo lahko gradijo zelo drobni kristali kalcita, srednji ali veliki kristali. Iz zelo čistih raztopin in počasi mezeče vode ter pri prekristalitvi sige največkrat zrastejo v sigi veliki kristali. Vse snovi težijo k čim popolnejši in obstojnejši obliki, veliki kristali so pa precej bolj stabilni kot majhni. Zelo drobni kristali različne mineralne sestave tvorijo tudi tako imenovano jamsko mleko.

Siga se izloča različno hitro. Lahko zraste za nekaj milimetrov v tisoč letih ali celo v desetih letih. Tak primer je rast sige čez ograjo na poti v Hankejevem kanalu Škocjanskih jam ali rast makaronov pod betonskim mostom v Črni jami.

Barva sige

Barva sige je zelo različna. Nanjo vplivajo različni kationi v raztopini ter mehansko naneseeni mulj, glina ali organski material. Prisotni kationi železa v raztopini obarvajo sigo rumeno, rjavo ali rdeče, mangana sivo ter črno, bakra zeleno in žvepla rumeno. Najbolj bela je ponavadi čista, drobnokristalna siga, medtem ko je debelokristalna večkrat obarvana rahlo rumeno ali rjavo.

Starost sige

Z relativnimi in absolutnimi metodami lahko določimo starost sige. Relativna starost se določi glede na ostale plasti sige in nam pove samo, katere plasti so starejše in

katere mlajše. Absolutno starost sige določimo z ^{14}C in U/Th radioaktivnima metodama. Z ogljikovo metodo lahko določimo starost do 35.000 let. Drugi način za absolutno določanje starosti sige je uran-torijeva radioaktivna metoda. Meja za določanje starosti s to metodo je 350.000 do 400.000 let. Metodi, pri katerih lahko določimo tudi višjo starost, sta termoluminiscenčna in ESR metoda. Rezultati vseh teh metod imajo seveda določen odstotek napake.

Najstarejša znana siga v Sloveniji je iz Pisanega rova v Postojnski jami. Jedro stalaktita je bilo datirano z ESR metodo, ugotovljena starost je 530.000 let. Naslednja dva obroča sige, med njima je poplavna ilovica, sta datirana z U/Th metodo na 269.400 in 76.000 let. Zunanji trije obroči sige v stalaktitu niso bili datirani zaradi premajhne vsebnosti urana, vendar se predvideva, da sta vmesni plasti poplavne ilovice iz srednjega in mlajšega wurma. Zunanji obroč sige se je tako verjetno odložil po zadnji poledenitvi. Za boljšo predstavo naj omenim nekaj starosti sig iz različnih jam določenih z uran-torijevo metodo. Iz Podorne dvorane Pisanega rova je starost korena stalagmita, ki raste na podrtem bloku s stropa dvorane, 19.900 let (+25.200, -24.700). V Fiženci je starost baze sigove zavese 153.900 let (+237.700, -94.600). Rjava skorjasta siga iz Fabrisovega rova v Vilenici je stara 80.200 let (+56.900, -44.400). Baza trikotnega kapnika iz Lipiške jame je stara 160.400 let (+116.900, -61.300), rumenorjava siga iz Mejam pa 42.100 let (+29.900, -28.000).

Oblike sige

Stalaktiti so ena najbolj znanih oblik sige. Pritrjeni so na strop ter so najrazličnejših velikosti in debelin, od drobnih do debelih in masivnih ter nekaj metrov dolgih. Stalaktit ima v sredini votel kanal, okrog katerega si sledijo tanke plasti sige. Tisti, ki nimajo kanala, so se oblikovali z nalaganjem posameznih plasti sige. Stalaktit najprej začne rasti v obliki drobne in dolge cevke, "makarona", ki se daljša z odlaganjem kalcijevega karbonata pri dotoku raztopine. Stalaktit se debeli, kadar pride do motnje pri pretoku skozi cevko in pri večjem dotoku raztopine, ker začne raztopina prehajati skozi steno cevke in se iz nje izločijo kristali kalcita, katerih najdaljša kristalografska os je pravokotna na smer rasti cevke. Raztopina skozi steno stalaktita ne prehaja enakomerno, zato ne najdemo v naravi niti dveh enakih oblik stalaktita in tudi radialni obroči sige okrog središčne cevke niso enakomerno debeli. Najstarejši del stalaktita je koren stalaktita, najmlajši pa zunanji obroč. Stalaktiti so navadno iz kalcita, včasih vsebujejo zaradi različnih pogojev pri njihovi rasti tudi druge minerale. Pri spremenjeni sestavi raztopine se lahko namesto kalcitnih izločijo aragonitni kristali. Poplave lahko prekinajo rast sige in tako se na stalaktitu namesto prirastka kalcita odloži plast poplavne ilovice. Tako lahko na stalaktitu sledimo ob-



Slika 1: Kadar voda kaplja z velike višine, se vodna kapljica razprši in dobimo stalaktite, ki imajo vrh krožnikaste oblike, Postojnska jama (foto J. Hajna).

dobja, ko se je odlagala siga, in obdobja poplav. Ti pogoji se lahko med rastjo enega stalaktita večkrat spremenijo.

Na primeru stalaktita iz Pisanega rova v Postojnski jami lahko vidimo, kdaj je začel rasti in kdaj so bile poplave v tem delu jame, saj se je med posameznimi sigovimi plastmi ohranila poplavna ilovica. Ta vsebuje nekarbonatne minerale, ki jih je podzemeljska reka nanosila v jamo iz Pivške kotline, kjer so flišne kamnine.

Stalagmiti zrastejo na tleh iz kapljajoče vode. Nad njimi največkrat raste stalaktit. Stalagmiti so navadno večji kot stalaktiti in imajo bolj zaobljen vrh in nimajo votlega kanala v sredini, ampak ležijo plasti sige ena čez drugo. Kadar voda kaplja z velike višine, se kapljica razprši in dobimo stalaktite, ki imajo vrh krožnikaste oblike. Če je višina curka manjša, se plasti sige odlagajo ena vrh druge. Korena, kjer je stalagmit začel rasti, ne vidimo, saj ga prekrivajo mlajše plasti sige. Med plastmi v stalagmitu lahko najdemo tudi druge minerale, zaradi spremembe kemijske sestave raztopine ter zaradi poplav, ki so odložile na rastoči kapnik poplavno ilovico. Stalagmiti so lahko najrazličnejših oblik. Nekateri so podobni cipresam, božičnim drevesom, orjakom, palčkom, kijem, pagodam in drugemu.

Stebrji se oblikujejo, če se stalaktiti in stalagmiti zrastejo s konicami. Steber se debeli pri nadaljnjem izloča-

nju sige. Ker to izločanje ni enakomerno, pri tem nastajajo najrazličnejše oblike.

Zavese nastajajo na nagnjenih stropih ali stenah, po katerih voda teče v določeni liniji. Glede na smer vode je lahko zavesa ravna ali pa močno nagubana. Kristali kalcita rastejo z daljšimi osmi pravokotno na smer polzenja vode. Plasti sige v zavesah so lahko različne barve, odvisno od kemijske sestave raztopine.

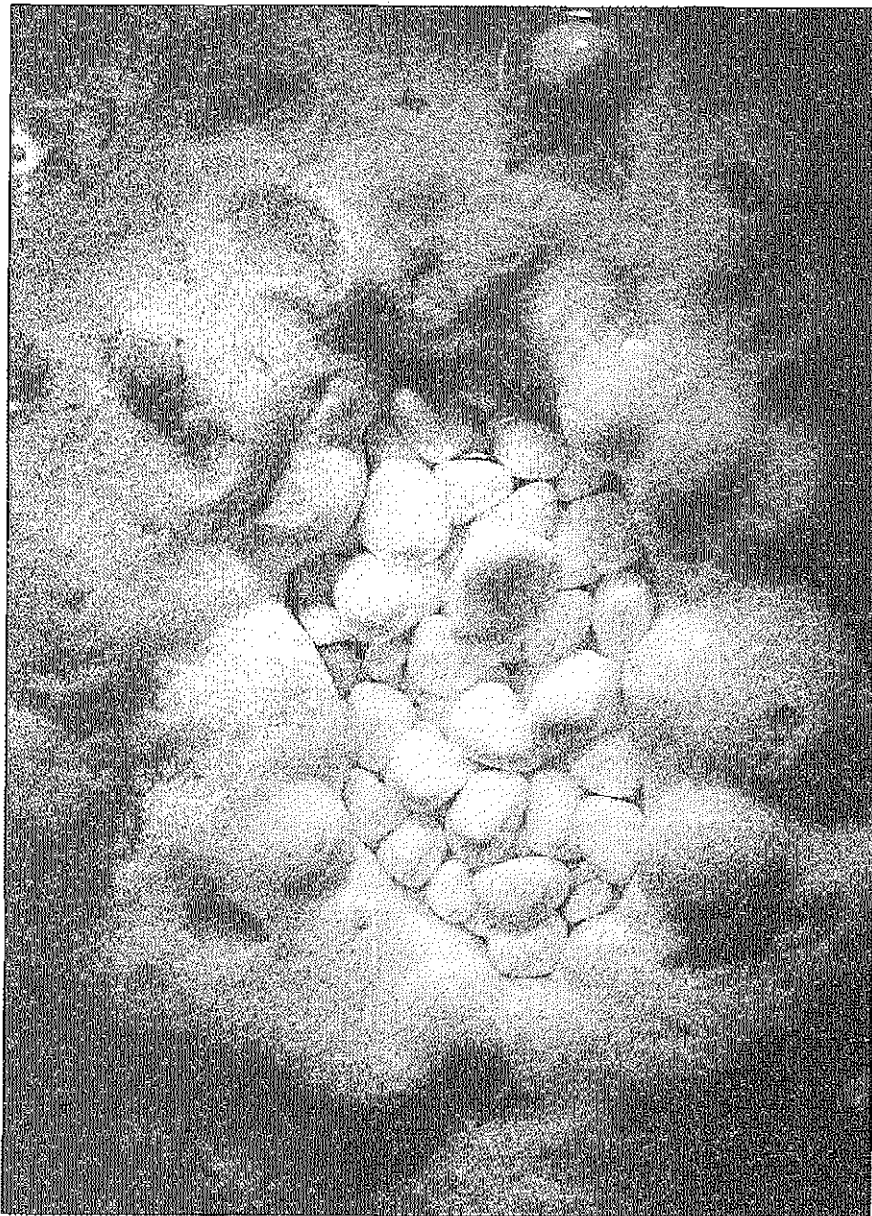
Slapovi nastanejo, ko se iz polzeče vode izločajo tanke plasti sige ena čez drugo. Posamezne plasti so tudi tu lahko različnih barv, odvisno od raztopine. Med njimi se lahko odložijo tudi ilovnate plasti. Orientacija najdaljših osi kristalov je praviloma pravokotna na površino.

Baldahine imenujemo obliko sigovih slapov, ki ne dosežejo tal.

Koralasta siga se izloča v različnih oblikah iz mezeče in razpršene vode. Je vrsta sige, ki za svojo rast potrebuje precejšnjo vlažnost zraka v jami.

Helektiti rastejo v različnih smereh na že prej zraslih stalaktitih, stalagmitih in cevkah. Rastejo iz počasi mezeče kapilarne vode. Kristali rastejo po načelih kristalizacije in ne gravitacije, zato so helektiti obrnjeni na vse mogoče strani ter tvorijo najrazličnejše oblike.

Jamsko mleko je mikrokristalna snov, ki jo lahko gradijo kristali kalcita, aragonita ali kakšnega drugega



Slika 2: Jamski biser iz Malih jam, Postojnska jama (foto J. Hajna).

karbonata. Najdemo ga kot lepljivo belo maso na stenah ter sigi. Med mineralnimi zrni vsebuje tudi do 70 % vode.

Jamski biseri so bolj ali manj okrogle gladke oblike. Nastanejo tako, da se je kalcit nabral okrog že prej obstoječega jedra. Lahko je to kamenček, odlomek fosila ali kapnika. V bazenčkih pod kapljajočim curkom se nabira voda, v katerih se jedra obračajo in pri tem se okrog njih koncentrično izločajo plasti kalcita. Biseri so lahko različno veliki, od nekaj milimetrov do nekaj centimetrov. Pri nas so znani jamski biseri iz Postojnske jame.

Aragonit

Aragonit je drugi najbolj pogost jamski mineral. Ima isto kemijsko sestavo kot kalcit, vendar nastopa v drugačnih oblikah in se izloča iz drugačnih raztopin. Njegovo pojavljanje še vedno ni popolnoma razjasnjeno. Zaradi nizkih temperatur v jamah sploh ne bi smel nastajati, raste pa v jamah z nizkimi in visokimi temperaturami. Počasno pronicanje vode in obilica nekarbonatnih ionov v raztopini sta najverjetneje dva pomembna pogoja za njegovo izločanje. Rast aragonitnih iglic je prav tako odvisna od zračnih tokov in izhlapevanja v jami ter je veliko večja, kjer je izhlapevanje bolj izrazito.

Najpogosteje nastopa aragonit v jamah v obliki ježkov ali rož. Igljasti kristali rastejo iz središča radialno navzven ali pa so zaviti in se vzporedno prilegajo podlagi. V slovenskih jamah najdemo pogosto krhke, snežno bele aragonitne kristalne prevleke in aragonitne sige v obliki stalaktitov in stalagmitov. Posebno lepe skupke tudi do 10 cm dolgih iglic v obliki ježkov najdemo v Ravenski jami pri Cerknem. Nekatere igličaste kristalne kopuče imajo neobičajno odebeljene konice.

NEKARBONATNI MINERALI

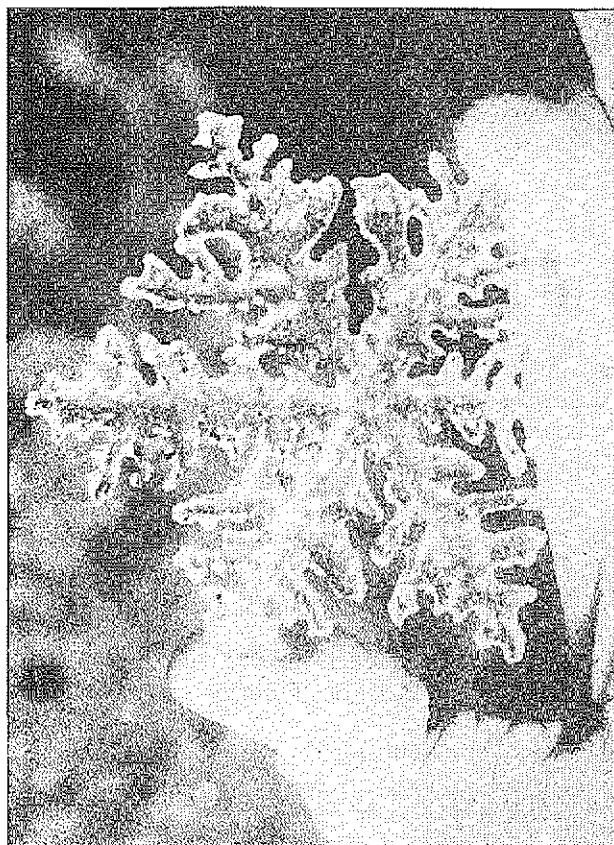
Nekarbonatnih mineralov, ki se izločajo v jamah po svetu, je veliko vrst, pri nas so pa bolj redki. Najpomembnejše skupine takih mineralov so evaporiti, železovi ter manganovi hidroksidi, oksidi, sulfati in fosfati.

Ime	Formula	Singonija	Pogostnost v jamah
led	H ₂ O	heksagonalna	pogost
sadra	CaSO ₄ ·2H ₂ O	monoklinska	pogosta
epsomit	MgSO ₄ ·7H ₂ O	rombična	zelo redek
anhidrit	CaSO ₄	rombična	redk

Tabela 2: Pomembnejši nekarbonatni minerali iz kraških jam

Led

Ledene tvorbe v jamah nastajajo z zmrzovanjem kapljajoče in pronicajoče vode ter z zmrzovanjem vodnih hlapov. Led ima najpogosteje obliko stalaktitov, stalagmitov, stebrov in zaves. Ledeni stalaktiti so v bistvu ledene sveče, ki visijo z jamskega stropa. Vendar so



Slika 3: Heksagonalni kristal ledu iz Velike ledenice v Paradani, Trnovski gozd (foto A. Mihevc).

pogostejši ledeni stalagmiti, saj topel zrak, ki se dviga proti stropu jame, največkrat onemogoča tvorbo stalaktitov. Ledeni kapniki so značilni predvsem za vhodne dele nekaterih jam visokogorskega krasa ter pozimi za vhodne dele nižje ležečih jam.

Lepi heksagonalni kristali se tvorijo neposredno iz zračne vlage, kadar imajo za to dovolj prostora. Takšni kristali so bili najdeni v Veliki ledenici v Paradani na Trnovskem gozdu.

Sadra

Značilni sulfatni minerali, ki jih najdemo v kraških jamah, so sadra, epsomit in anhidrit. Sulfatni minerali so različno topni, med njimi sta najbolj topna sadra in epsomit.

Tvorba sulfatnih mineralov v jamah še zdaleč ni dobro raziskana. Izhlapevanje raztopine povzroča izločanje mineralne snovi iz raztopin, ki so obogatene s primernimi kationi in anioni. Sadra je za kalcitom in aragonitom tretji najpogostejši mineral v kraških jamah. Je brezbarvna ali bela, včasih rahlo rumeno, rjavo, sivo, modro ali rdeče obarvana. Nastopa v ploščatih, upognjenih, igličastih ali prizmatskih kristalnih oblikah.

Najbolj značilen način nastopanja sadre ter tudi epsomita v jamah so sulfatne skorje in oprhi, kristali so bolj

redki. Na našem krasu najdemo sadro ter včasih anhidrit največkrat v obliki oprhov, in to v jamah, kjer je nanosena ilovica iz fliša ali pa so jame razvite na stiku med plastjo karbonatne kamnine ter flišnimi laporji. Tak primer je v

jami Kubik v Slovenski Istri (Mihevc, A., 1992), kjer se v spranih ostankih laporja najdejo do 3 cm veliki kristali sadre.

RIASSUNTO

I minerali più frequenti nelle grotte del nostro Carso Proprio sono quelli costituiti da carbonati di calcio e tra questi i più diffusi sono la calcite e l'aragonite. Altri minerali sono più rari, prevalgono comunque il gesso ed il ghiaccio. Tutti questi minerali sono presenti nelle forme più diverse, a seconda delle loro caratteristiche cristallografiche e del processo di separazione dalle soluzioni. La calcite, per esempio, si presenta sotto forma di cristalli o di stalattiti dalle forme più diverse.

LITERATURA

Uporabljeni viri

Deer, W. A., & R. A. Howie, & J. Zussman, 1967: An Introduction To The Rock-Forming minerals. 1-518, Longmans, London.

Ford, D. C., & P. Williams, 1989: Karst Geomorphology and Hydrology. 1-601, Unwin Hyman, London.

Gams, I., 1974: Kras. 1-359, Slovenska matica, Ljubljana.

Hill, C., & P. Forti, 1986: Cave Minerals of the World. 1-238, National speleologica society, Huntsville.

Knez, M. & Zupan, N., 1992: Minerali v slovenskih kraških jamah. 1-43, IZRK ZRC SAZU, Postojna.

Citirana literatura

Kuščer, D., & R. Savnik, & J. Gantar, 1959: Ravenska jama. Acta carsologica, 2, 5-25, Ljubljana.

Mihevc, A., 1992: Gypsum in Tajna Jama and in the Cave Cubic. Acta carsologica, 21, 175-182, Ljubljana.

Placer, L. et al., 1989: Nekaj novih podatkov o Ravenski jami na Cerkljanskem. Acta carsologica, 18, 129-138, Ljubljana.

Zupan, N., 1991: Flowstone datations in Slovenia. Acta carsologica, 20, 187-204, Ljubljana.