

Morfološke značilnosti in vzroki za obarvanost kristalov kalcita iz Liboj

Morphological characteristic and causes of color for the crystals of calcite from Liboje

Maja PLASKAN¹, Sabina KRAMAR² & Miha JERŠEK¹

¹Prirodoslovni muzej Slovenije, Prešernova 20, SI-1000 Ljubljana; e-mail: mjersek@pms-lj.si

²Zavod za gradbeništvo Slovenije, Dimičeva ul. 12, SI-1000 Ljubljana

Prejeto / Received 13. 10. 2014; Sprejeto / Accepted 24. 11. 2014

Ključne besede: kalcit, morfologija kristalov, goethit, markazit, Liboje, Slovenija

Key words: calcite, morphology of crystals, goethite, marcasite, Liboje, Slovenia

Izvleček

Raziskali smo kristale kalcita iz kamnoloma Liboje in jih primerjali s kristali kalcita iz drugih kamnolomov v širši okolici Celja. Pri kristalih kalcita iz kamnoloma Liboje prevladujejo kristalne forme položnega romboedra (012), ki se jim v kasnejši fazi kristalizacije pridružijo kristalne forme strmih romboedrov. Kristalizacija je potekala iz segrelih vodnih raztopin znotraj razpok v karbonatnih kamninah. Ugotovili smo, da je rast kristalov kalcita iz Liboj povezana z vsaj dvema dogodkoma v geološki zgodovini, ko so se segrele vodne raztopine in posredno povzročile kristalizacijo mineralov v razpokah znotraj karbonatnih kamnin. Barva kristalov kalcita pa je povezana tako z vključki trde faze, kot so manganovi oksidi in goethit, kot s tekočinskimi vključki - vodo. Mineralno sestavo vključkov smo določili z ramansko mikrospektroskopijo.

Abstract

The crystals of calcite from the quarry Liboje were investigated and compared with calcite crystals from other quarries in the surrounding area of Celje. In calcite crystals from the Liboje quarry, the crystal form of flat rhombohedron faces were predominant (012). At a later stage of crystallization, the crystal form of steep rhombohedrons prevailed. They crystallised from hot aqueous solution in the fissures within carbonate rocks. It was ascertained that the crystal growth of calcite from Liboje was related to at least two events in geological history. The colour of calcite crystals is associated with both the solid phase inclusions, such as manganese oxide and goethite, and by liquid inclusions - water. Mineral composition of inclusions was determined by Raman microspectroscopy.

Uvod

V širši okolici Celja je več kamnolomov v karbonatnih kamninah triasne starosti v katerih lahko znotraj votlinic in razpok najdemo kristale kalcita, ki imajo razvite različne kristalne forme, včasih pa lahko na istem vzorcu ugotovimo več generacij kristalov kalcita. Ti kamnolomi so Velika Pirešica, Pečovnik, Sv. Andraž, Podgora in Liboje. Kalciti iz Liboj so navidezno morfološko najbolj preprosti, vendar različnih barv, dosedanje najdbe pa nakazujejo tudi rasti fantomskih kristalov kalcita (JERŠEK & PAJTLER, 2006).

Kalcit je eden pogostejših mineralov v Zemljini skorji in nedvomno eden najbolj razširjenih mineralov na površju Slovenije, saj gradi kamnino apnenec, ki je najbolj razširjena kamnina pri nas. Tako je kalcit tudi najpogostejši mineral, ki ga najdemo v kamnolomih na Slovenskem, saj je velika večina odprtih kopov prav v karbonatnih kamninah. Kristale kalcita najdemo v votlinicah in zaprtih razpokah znotraj apnenca ali pa v odprtih razpokah, ki sekajo okolne kamnine. Dosedanje

morfološke raziskave kristalov kalcita v povezavi z različnimi kinematskimi fazami nam razkrivajo, da lahko posamezne razpoke in s tem rast kristalov kalcita v njih, povezujemo z različnimi prelomi (ŽALOHAR & JERŠEK, 2006) in s tem sklepamo tudi na rast kristalov kalcita v več generacijah.

Morfološke značilnosti kalcita nam lahko veliko povedo o razmerah, pri katerih so nastali. Dokazano je, da je prav oblika njegovih kristalov tesno povezana s temperaturo in tlakom geološkega okolja ob njihovem nastanku (JERŠEK, 2003). Prav tako na njihovo morfologijo vplivajo razmerje $\text{Ca}^{2+}/\text{CO}_3^{2-}$ in pH, vsebnost posameznih prvin kot so Sr^{2+} , Mg^{2+} in Mn^{2+} ali prisotnost SO_4^{2-} , pa tudi organske spojine v vodni raztopini iz katere kristali kalcit (KOSTOV & KOSTOV, 1999). Številne raziskave o morfologiji kalcita dokazujejo, da relacije med morfologijo in razmerami v času kristalizacije nekega minerala sploh niso tako zelo preproste, kot bi si to morda želeli. Očitno je pomembna tudi kombinacija posameznih parametrov in ne samo odvisnosti od temperature in tlaka, ampak tudi od pH/Eh in/

ali prisotnosti različnih ionov v vodni raztopini (JERŠEK & MIRTIC, 2005).

Generalno velja, da nastajajo pri najvišjih temperaturah tankoploščati, skoraj lističasti kristali kalcita. Nato sledi kristalizacija skalenoodrskih kristalov, romboedrskih kristalov z različnimi tipi kristalnih likov, prizmatskih kristalov ter na koncu kristalizacija strmoromboedrskih in strmoskalenoodrskih kristalov (KOSTOV & KOSTOV, 1999). Lističaste do tankoploščaste kristale kalcita so v dosedanjih raziskavah kristalov kalcita iz slovenskih nahajališč našli samo na Pohorju. Skalenoodrske oblike kalcitov so pogoste v razpokah znotraj apnencev. Običajno so preraščene s kristali kalcita mlajših generacij, za katere so značilni predvsem strmoromboedrski kristali kalcita, ki se zaključujejo s položnimi romboedri (JERŠEK & HERLEC, 2009).

V nekaterih kamnolomih apnenca zgornjetriasne starosti v okolici Celja lahko najdemo morfološko pestro oblikovane kristale kalcita. Kamnolomi z bolj ali manj popolnimi kristali kalcita so: Velika Pirešica (JERŠEK et al., 2006), Sv. Andraž pri Polzeli, Podgora pri Šmartnem ob Paki, Liboje (JERŠEK & PAJTLER, 2006), Pečovnik (JERŠEK & PODGORŠEK, 2006) in Sotensko (REČNIK, 2006). Kristali kalcita iz omenjenih kamnolomov, ki jih lahko občudujemo s prostim očesom, so vezani predvsem na razpoke in votlinice znotraj apnencev. Te so lahko tudi zaglinjene. Večinoma so kristali kalcita priraščeni na podlago ali pa se nahajajo kot odlomki v glini znotraj razpok. Včasih so najdeni kristali, ki so z vseh strani omejeni s kristalnimi ploskvami. Kot skoraj edina spremljajoča minerala kalcitu v omenjenih nahajališčih, ali vsaj takšna, da ju lahko prepoznamo s prostim očesom, sta pirit ali markazit. Zaradi oksidacijskih pogojev sta v kamnolomih običajno limonitizirana. Tako je v primeru mineralne združbe v kamnolomu Pečovnik (JERŠEK & PODGORŠEK, 2006), iz Sotenskega (REČNIK, 2006) in Velike Pirešice (JERŠEK et al., 2006).

Velika večina kristalov kalcita v obravnavanih kamnolomih je brezbarvna. Prevleke železovih hidroksidov jih lahko navidezno obarvajo rumeno (JERŠEK et al., 2006). Če je limonita več, lahko povsem prekriva kristale in podlago tako, da so skupki kristalov kalcita povsem rumeni do oranžni, rdečkasti, ponekod v Libojah skoraj povsem rjavi. Kalcit iz Liboj je lahko zaradi drobnih kepastih vključkov koloidnih delcev, ki so svetlo do temno rjave in celo črne barve, v obliki fantomskih kristalov (JERŠEK & PAJTLER, 2006).

Kristali kalcita iz Liboj imajo razvite samo položne romboedre (012), ki so jih po njihovi značilni formi poimenovali *libojski tip* kalcita. Zaradi vključkov je prepoznana tudi fantomska rast kristalov kalcita (JERŠEK & PAJTLER, 2006).

Kamnolom Liboje leži v gričevnatem predelu ob južnem robu spodnje Savinjske doline, na



Sl. 1. Kristali kalcita iz Liboj so brezbarvni do beli in prosojni do prozorni, 45 × 40 mm.

Fig. 1. Calcite crystals from Liboje are colorless to white and translucent to transparent, 45 × 40 mm.



Sl. 2. Oranžni do oranžno rjavi kristali kalcita iz Liboj so obarvani zaradi tanke prevleke iz goethita, 35 × 20 mm.

Fig. 2. Orange to orange-brown crystals of calcite from Liboje are colored due to a thin coating of goethite, 35 × 20 mm



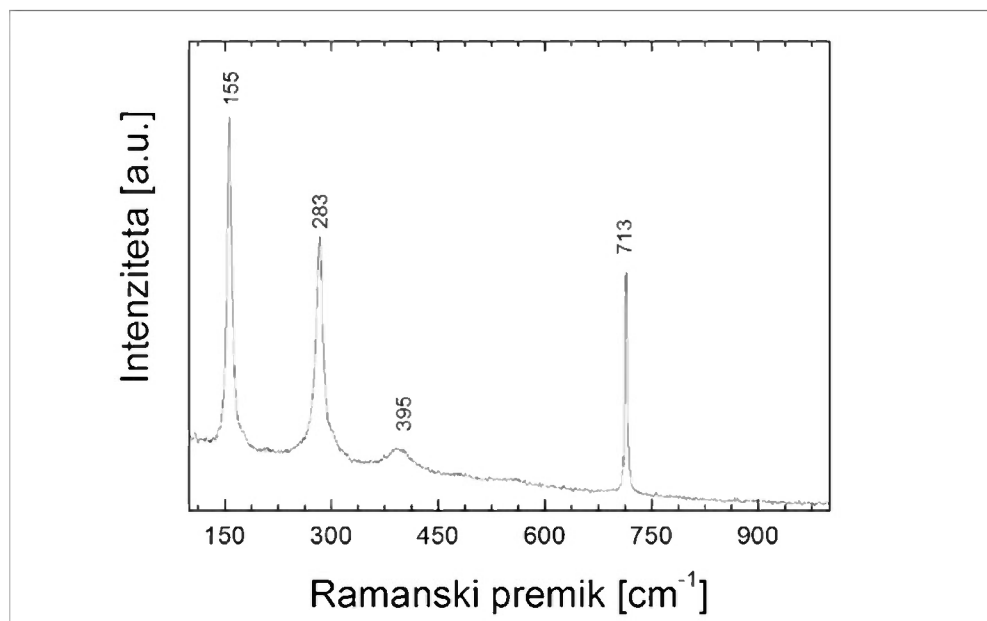
Sl. 3. Temno sivi do skoraj črni kristali kalcita iz Liboj so obarvani zaradi vključkov manganovih oksidov, 45 × 30 mm.

Fig. 3. Dark gray to almost black crystals of calcite from Liboje are colored due to inclusions of manganese oxides, 45 × 30 mm.



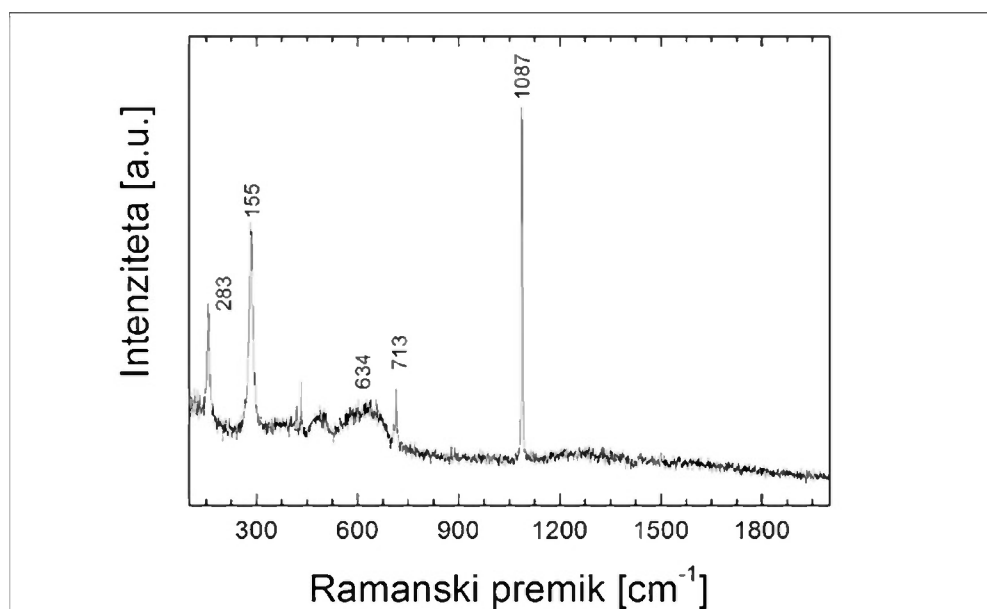
Sl. 4. Beli kristali kalcita iz Liboj imajo v zunanjih delih kristalov številne tekočinske vključke, ki vplivajo na videz kristalov, 40 × 25 mm.

Fig. 4. White crystals of calcite from Liboje have in the outer parts of the crystals a lot of fluid inclusions, which affecting on the appearance of the crystals, 40 × 25 mm.



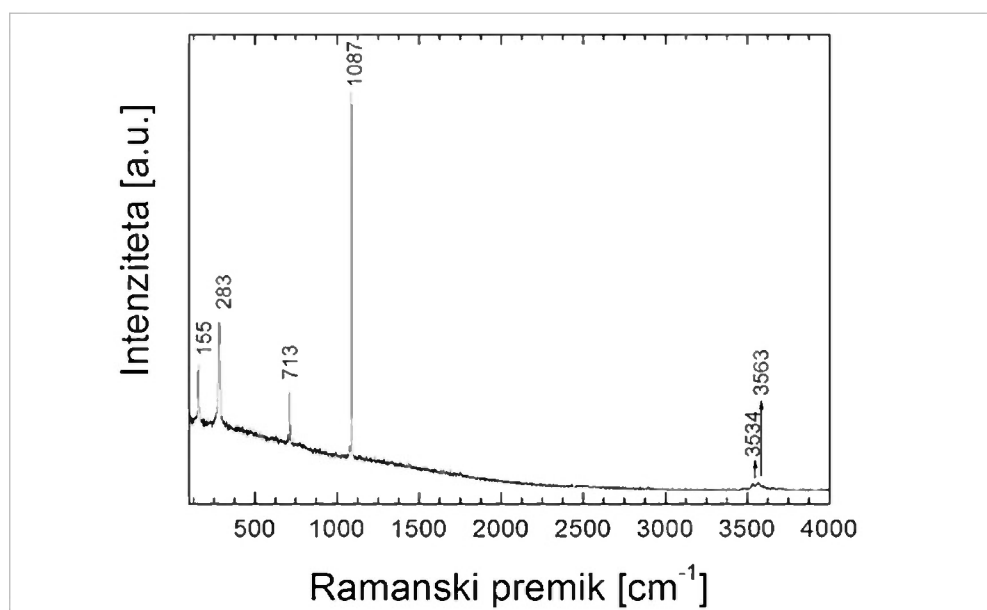
Sl. 5. Ramanski spekter nam v oranžnem vzorcu kalcita poleg kalcita razkriva prisotnost goethita (ramanski trak pri 395 cm^{-1}).

Fig. 5. Raman spectrum shows in orange coloured sample of calcite the presence of calcite and goethite (Raman band at 395 cm^{-1}).



Sl. 6. Ramanski spekter temno sivo obarvanega kalcita nam poleg kalcita razkriva prisotnost manganovega oksida (ramanski trak pri 634 cm^{-1}).

Fig. 6. Raman spectrum shows in dark gray coloured sample of calcite the presence of calcite and manganese oxide (Raman band at 634 cm^{-1}).



Sl. 8. Ramanski spekter nam v belih vzorcih kalcita poleg kalcita razkriva prisotnost tekočinskih vključkov – vode (ramanska trakova pri 3534 in 3563 cm^{-1}).

Fig. 8. Raman spectrum show us in white samples of calcite the presence of calcite and water (Raman bands at 3534 and 3563 cm^{-1}).

pobočju hriba Kotečnik (772 m) ob potoku Bistrica, v zgornjetriasnem apnencu v bližini tektonskega stika s predorninami (keratofir, diabaz s tufi) ladinijske stopnje. Ob Libojskem prelomu so ladinijske predornine ločene od zgornjetriasnega apnenca. Manjši prečni prelomi so mlajši in kamnina je ob njih bolj zdrobljena. Plasti apnenca so zakrasele (ČIGLAR, 1980; ISKRA, 1981).

Materiali in metode

Pregledali smo 40 vzorcev kristalov kalcita iz kamnoloma Liboj iz zbirke Prirodoslovnega muzeja Slovenije in iz zasebnih zbirk. Od tega smo podrobneje analizirali 18 vzorcev, ki so se razlikovali po barvi, vključkih in morfoloških značilnostih.

Pri pregledu vzorcev je bila uporabljena stereolupa znamke WILD, model M8 z uporabo hladne svetlobe in s povečavami od 6,5 do 40×

Analize vzorcev so bile izvedene z ramanskim mikrospektrometrom LabRAM HR900 (Horiba Jobin-Yvon) povezan z mikroskopom Olympus BXFM. Za analizo je bil uporabljen laser valovne dolžine 633 nm. Spektri so bili posneti z uporabo CCD detektorja s spektralno resolucijo cca. 1 cm^{-1} . Kalibracija spektrometra je bila izvedena s silicijevim kristalom. Spektri so bili posneti v območju 100 cm^{-1} do 4000 cm^{-1} .

Risbe kristalov kalcita smo narisali z računalniškim programom Kristall2000 na osnovi osnega razmerja $a : c = 1 : 0,855$.

Rezultati

Kristali kalcita iz Liboj so večinoma brezbarvni (sl. 1) ali pa rahlo rumenkasto oranžni (sl. 2), rjavi do skoraj črni (sl. 3) in beli (sl. 4). Vzroki za obarvanost so predvsem trdni vključki, ki smo jih analizirali z metodo ramanske mikrospektroskopije in ugotovili, da so rumeni in oranžni odtenki povezani s prevleko iz železovih hidroksidov, tj. goethita (sl. 5). Temno rjavi do skoraj črni kalciti imajo veliko vključkov manganovih oksidov (sl. 6), ki so ponekod tudi kot prevleka ali pa jih je celo toliko, da tvorijo brezoblične mase med kristali kalcita (sl. 7). Beli kristali kalcita imajo brezbarvna jedra. Z ramansko mikrospektroskopijo smo ugotovili, da zgornji deli kristalov kalcita vsebujejo vodo (sl. 8). To nas navaja na dejstvo, da imajo beli kristali kalcita v zgornjih delih tekočinske vključke. Morda so bili v kalcit zajeti kot posledica zmrzali in ponovne rekristalizacije.

Pri pregledu vzorcev kristalov s pomočjo stereolupe smo odkrili, da so poleg kristalov kalcita z razvitimi položnimi romboedri (012) (sl. 9) tudi takšni, ki imajo bolj ali manj izražene strme romboedre (sl. 10 in 11). Idealizirane oblike kristalov kalcita so prikazane na sliki 12.

Obarvanost kristalov kalcita iz Liboj nam razkriva več faz kristalizacije. Zaradi obarvanosti starejše generacije kalcita, je njihova morfolologija dobro vidna. Ugotovili smo, da imajo tudi kristali kalcita starejše generacije razvite položne romboedre (012). Mlajša generacija kristalov kalcita je običajno brezbarvna. Lepo je opazna, kadar so se na ploskve romboedra starejše generacije odložili trdni vključki manganovih oksidov in/ali markazita (sl. 13). Na nekaterih kristalih kalcita smo namreč našli še drobne snežno bele skupke kristalov kalcita, ki so nastali med zadnjimi (sl. 4).

Diskusija

Kristali kalcita iz Liboj so morfološko dokaj preprosti, saj v večini primerov na kristalih kalcita prevladujejo forme položnega romboedra (012) (JERŠEK & PAJTLER, 2006). Prav na osnovi morfoloških značilnosti pa smo ugotovili, da so kristali kalcita iz Liboj rastli v dveh fazah. Za starejšo fazo kristalizacije so značilni kristali z izključno kristalnimi formami položnega romboedra, ki so ga do sedaj popularno imenovali »libojski tip« kalcita (JERŠEK & PAJTLER, 2006). V mlajši fazi kristalizacije pa se kristalnim formam pridružujejo še kristalne forme strmih romboedrov, ki so na kristalih kalcita bolj ali manj izražene. To se sklada z generalnim kristalogenetskim trendom (KOSTOV & KOSTOV, 1999), podobno zaporedje kristalizacije kalcita pa so odkrili tudi pri kalcitih iz drugih kamnolomov. Tako strmoromboedrski kristali kalcita preraščajo skalenoedrske kristale kalcita v Veliki Pirešici (JERŠEK et al., 2006) in v kamnolomu Sv. Andraž pri Polzeli, enako pa je tudi v drugih nahajališčih kalcita v Sloveniji, kot na primer v kamnolomu Povodje (ŽALO HAR & JERŠEK, 2006). Kristali kalcita s prevladujočo kristalno formo položnega romboedra so znani iz kamnolomov v širši okolici Celja; Libojah (JERŠEK & PAJTLER, 2006), Pečovniku (JERŠEK & PODGORŠEK, 2006) in Veliki Pirešici (JERŠEK et al., 2006). Razlika med njimi je le v tem, da smo v primeru kristalov kalcita iz Liboj odkrili, da se je rast kristalov kalcita s prevladujočo kristalno formo položnega romboedra ustavila in se nato nadaljevala v mlajši fazi kristalizacije. Vmes so se izločili sulfidni minerali in minerali manganovih oksidov. Vse omenjeno nas navaja na hipotezo, da so morfološko enaki kristali kalcita v votlinicah in razpokah v karbonatnih kamninah rastli v isti fazi kristalizacije. Danes jih najdemo v različnih kamnolomih in zgolj od odprtosti razpok in njihove relativne globine je odvisno kateri tip kristala kalcita bomo našli. Na osnovi morfoloških značilnosti kristalov kalcita lahko zaključimo, da se je rast kristalov kalcita v določeni fazi ustavila in se nadaljevala, ko so se vodne raztopine dovolj segregale, da so nastali kristali kalcita mlajše generacije. Ker je njihova oblika kristalov drugačna od kristalnih form, ki so značilne za kraške jame (ZUPAN HAJNA, 2006; POGAČNIK et al, 2006), in so povezane z relativno višjimi temperaturami in/ali tlaki (KOSTOV &



Sl. 7. Manganovi oksidi so ponekod ohranjeni kot brezoblične mase med kristali kalcita, 40 × 30 mm.

Fig 7. Manganese oxides are sometimes preserved as amorphous mass between the crystals of calcite, 40 × 30 mm .



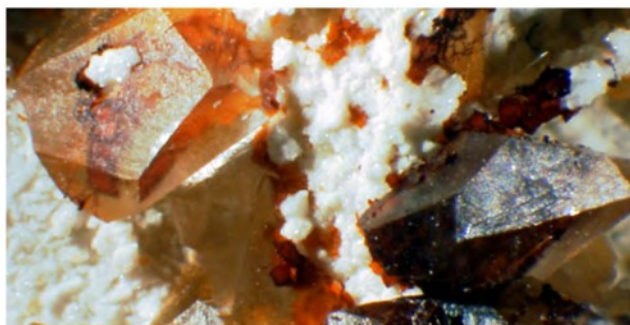
Sl. 9. Kristali kalcita iz Liboj z razvitimi kristalnimi formami položnega romboedra (012), 20 × 15 mm.

Fig. 9. Calcite crystals from Liboje with developed crystal form of a flat rhombohedron (012), 20 × 15 mm.



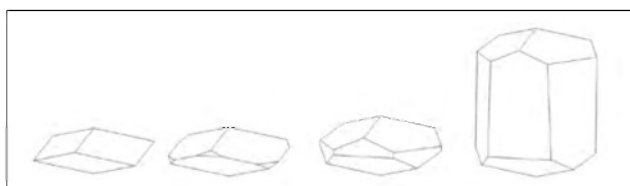
Sl. 10. Kristalom kalcita iz Liboj z razvitimi kristalnimi formami položnega romboedra (012) se pridružujejo drobne kristalne forme strmih romboedrov, 20 × 15 mm.

Fig. 10. Crystal of calcite from Liboje with developed crystal form of flat rhombohedron (012) together with tiny crystal forms of steep rhombohedrons, 20 × 15 mm



Sl. 11. Kristali kalcita iz Liboj s prevladujočo kristalno formo položnega romboedra (012) in z jasno vidnimi in prepoznavnimi kristalnimi formami strmih romboedrov, 15 × 10 mm.

Fig.11. Calcite crystals from Liboje with the predominant crystal form of a flat rhombohedron (012) and clearly visible and identifiable crystal form of a steep rhombohedrons, 15 × 10 mm



Sl. 12. Idealizirani kristali kalcita iz Liboj. Od leve proti desni si sledijo: kalcit s kristalno formo položnega romboedra (012) in nato primeri z vedno bolj izraženimi kristalnimi formami strmega romboedra.

Fig. 12: Idealized crystals of calcite from Liboje. From left to right are: calcite with a crystal form of a flat rhombohedron (012), and then examples with increasingly expressed crystal form of steep rhombohedron.



Sl. 13. Vključki manganovih oksidov in markazita so nastali po končani starejši fazi kristalizacije kalcita in so ujeti v mlajšo fazo kristalov kalcita iz Liboj, 35 × 22 mm.

Fig. 13. Inclusions of manganese oxides and marcasite crystallized after the older stage of crystallization of calcite and are trapped in a younger crystals of calcite crystals from Liboje, 35 × 22 mm.



Sl. 14. Med zadnjimi minerali v kamnolomu Liboje so nastali snežno beli kristali kalcita najmlajše generacije.

Fig. 14. Among the youngest minerals in the quarry Liboje are snow - white crystals of calcite.

Kostov, 1999), lahko kristalizacijo kristalov kalcita povežemo z vsaj nekoliko segretimi vodnimi raztopinami.

Dosedanje raziskave kristalov kalcita iz Liboj so razkrile različno obarvanost tega minerala (JERŠEK & PAJTLER, 2006). Z ramansko mikrospektroskopijo smo ugotovili, da na rumeno in rumeno rjavo barvo kristalov kalcita vplivajo prevleke goethita, na sivo do črno barvo pa vključki manganovih oksidov. Le ti so lahko tudi kot vključki na starejših kristalih kalcita in zaradi tega sta starejša in mlajša generacija kalcita dobro vidni, včasih že s prostim očesom. Na barvo kristalov kalcita vplivajo tudi drobni kristali markazita. Posebno zanimivi so beli kristali kalcita, ki so v jedrih brezbarvni, vrhnji deli kristalov pa vsebujejo tekočinske vključke, kar smo dokazali z ramansko mikrospektroskopijo.

Zaključki

Tipi kristalov kalcita nam vsak zase ne pomenijo veliko, če ne ugotovimo njihovih medsebojnih odnosov. Z raziskavami kalcita iz Liboj smo ugotovili, da se je rast kristalov vsaj enkrat prekinila in nato nadaljevala, ob tem pa se morfološki tip kristala kalcita ni spremenil. To pomeni, da se je rast kristalov kalcita samo ustavila in nadaljevala ob naslednjem dogodku, ki je sprožil izločanje kalcijevega karbonata v obliki kristalov kalcita na jedrih starejših kristalov kalcita pod bolj ali manj enakimi pogoji kristalizacije. V nekaterih primerih je bilo možno nedvoumno določiti vrstni red kristalizacije že na osnovi makroskopskega opazovanja pod povečavo. To pomeni, da lahko kristalizacijo kalcita povezujemo z vsaj dvema dogodkoma iz geološke preteklosti. V vmesni fazi so se izločili drugi nekarbonatni minerali (goethit, manganovi oksidi, markazit), ki so lepo ohranjeni na ploskvah kristalov kalcita starejše generacije. Ugotovili smo tudi, da pri kristalih kalcita iz Liboj prevladujejo oblike položnega romboedra (012), pridružujejo se jim pa kristalne ploskve strmega romboedra. Takšne kristale kalcita so našli tudi v drugih kamnolomih, kar pomeni, da so kristalizirali v podobnih razmerah oziroma ne bi bilo prav nič nenavadnega, če bi s širitvijo kamnoloma in z novimi najdbami odkrili tudi kristale kalcita, ki so do sedaj opisani iz drugih kamnolomov v širši okolici Celja. Zanimivo pa je, da se morfološke značilnosti posamezne generacije kristalov kalcita iz Liboj niso bistveno spremenile, saj v večini primerov prevladujejo enake kristalne forme položnega romboedra. Nadaljnje raziskave morfoloških značilnosti bodo značilno prispevale

k razumevanju dogodkov v geološki zgodovini območja v širši okolici Celja.

Zahvala

Raziskava je bila finančno podprta v okviru ARRS programa P2 – 0273.

Literatura

- CIGLAR, K. 1980: Geološko poročilo z oceno rezerv kategorije C₂ in programom raziskav v kamnolomu Liboje, Geološki zavod Ljubljana.
- ISKRA, M. 1981: Preliminarni geološki podatki po terenskem ogledu kamnoloma Liboje, Geološki zavod Ljubljana.
- JERŠEK, M. 2003: Značilnosti in razmere pri nastanku nekaterih rudnih in jalovinskih mineralov v oksidacijski coni mežiških rudišč: doktorska disertacija, Oddelek za geologijo, NTF, Univerza v Ljubljani: 145 str.
- JERŠEK, M. & MIRTČ, B. 2005: Morfološke značilnosti in zaporedje kristalizacije kalcita iz nekaterih najdišč na Slovenskem. Geološki zbornik 18, Oddelek za geologijo. Ljubljana.
- JERŠEK, M., ŽORŽ, M., PODGORŠEK, V., RAKOV, V. & PAJTLER, F. 2006: Kalcit in markazit iz kamnoloma Velika Pirešica. V: JERŠEK, M. (ur.): Mineralna bogastva Slovenije. Scopolia suppl., 3: 167–174.
- JERŠEK, M. & PODGORŠEK, V. 2006: Kalcit in markazit v kamnolomu Pečovnik. V: JERŠEK, M. (ur.): Mineralna bogastva Slovenije. Scopolia suppl., 3: 177–179.
- JERŠEK, M. & PAJTLER, F. 2006: Kalcit iz kamnoloma Liboje. V: JERŠEK, M. (ur.): Mineralna bogastva Slovenije. Scopolia suppl., 3: 180–181.
- JERŠEK, M. & HERLEC, U. 2009: Minerali: kraljestvo mineralov. V: JERŠEK, M. (ur.): Evolucija Zemlje in geološke značilnosti Slovenije. Prirodoslovni muzej Slovenije, 64–99.
- KOSTOV, I. & KOSTOV, R.I. 1999: Crystal habits of minerals. Bulgarian Academic Monographs 1. Sofia: 415 p.
- POGAČNIK, Ž., JERŠEK, M., PODGORŠEK, V. & KARDELJ, M. 2006: Kalcit iz kamnoloma Črnotiče. V: JERŠEK, M. (ur.): Mineralna bogastva Slovenije. Scopolia suppl., 3: 204–206.
- REČNIK, A. 2006: Kalcit in markazit iz Šentjurja pri Celju. V: JERŠEK, M. (ur.): Mineralna bogastva Slovenije. Scopolia suppl., 3: 187–190.
- ZUPAN HAJNA, N. 2006: Siga v kraških jamah. V: JERŠEK, M. (ur.): Mineralna bogastva Slovenije. Scopolia suppl., 3: 192–203.
- ŽALOHAR, J. & JERŠEK, M. 2006: Kalcit iz kamnoloma Povodje. V: JERŠEK, M. (ur.): Mineralna bogastva Slovenije. Scopolia suppl., 3: 162–166.