

Posebneži in njihovi spremljevalci s Hrastnika pri Škofji Loki

Mirjan Žorž

Že v prejšnjem prispevku opisani Hrastnik omejujejo vode Bukovščice, Korenove in Sredniške grape, ki so se zajedle v njegova pobočja in v posameznih predelih razgalile plasti kamnin, ki jih sestavljajo predvsem močno napokani karbonski in permski kremenovi konglomerati ter peščenjaki.



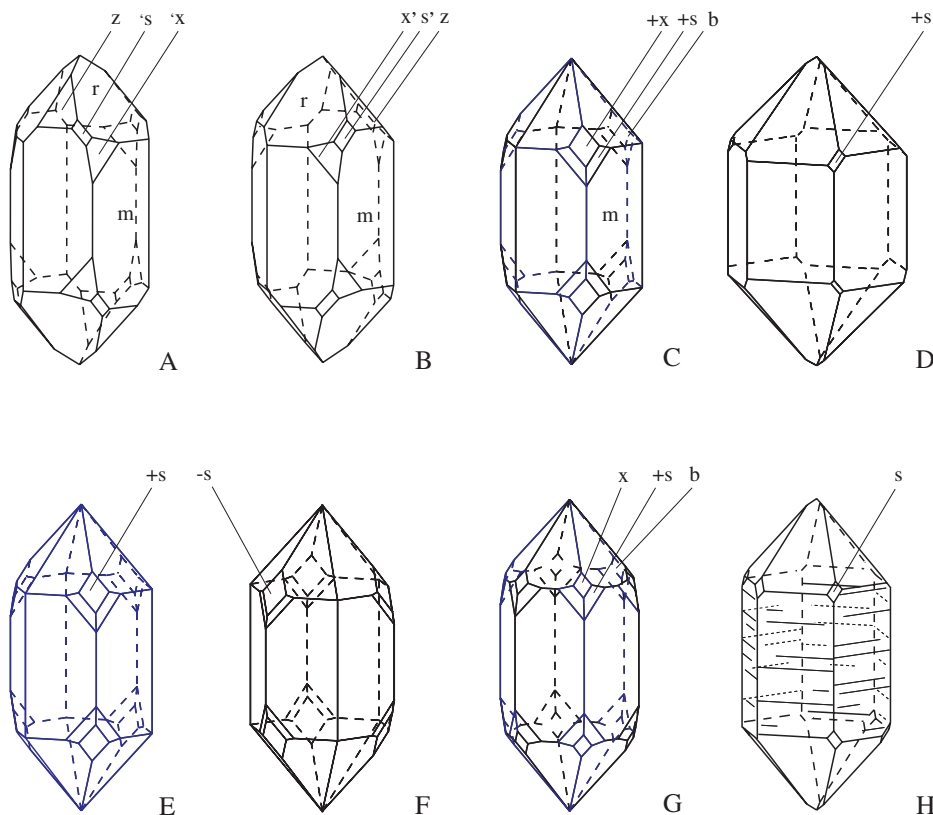
Največji odkriti izdanek kremenovih žil na Hrastniku je med 540 in 560 m nadmorske višine na strmem južnem pobočju grape, ki je v zračni črti oddaljena približno 500 m od najvišje kote 806 na vzhodu. Bele prevleke na peščenjaku in konglomeratu so kristali kremenova prve generacije; stanje maja 1993. Foto: Mirjan Žorž

Razpoke potekajo pretežno v jugovzhodno-severozahodni smeri. Njihova širina ne presega 1 m; večinoma pa so široke le nekaj centimetrov. Odrpte razpoke omogočajo kristalizacijo kremenca in drugih mineralov. Najbolj so seveda zanimive tiste, v katerih so imeli kristali za svoj razvoj na razpolago dovolj prostora. Precej razpok, zlasti tanjših, je v celoti zapoljenih s kremenom.

V letih 1992 in 1993 smo na Hrastniku na različnih mestih našli precejšnje količine kremenca v lepo razvitih kristalih in skupkih zlasti tam, kjer so potoki razkrili kremenove žile, ki pa so na tem področju tako pogoste, da naletimo na kremenove kristale praktično vsepovsod. Včasih ležijo na gozdnih tleh ali pa v kotanjah na ta ali oni način izruvanih dreves, da gradnje gozdnih cest niti ne omenjamo.



Kristali kremenca s sivkastimi fantomi so značilni za hrastniške razpoke. Fantomi so nastajali zaradi usedanja drobnih delcev s sten tektonsko razširjajočih se razpok. Kristal na fotografiji ima v notranjosti celo serijo fantomskih obrisov, ki se vrstijo vse do njegove terminacije. Velikost fantomskega kristala je 30 x 12 mm. Zbirka Mirjana Žorža. Foto: Mirjan Žorž



Levi (A) in desni (B) samski kremenov kristal. Idealni klinasti dvojček po interpenetraciji levega in desnega samskega kristala (C). Idealni dvojček dvojne interpenetracije (G) nastane, če se prerasteta dva klinasta dvojčka, pri čemer se drugi (F) zavrti za 60° z ozirom na prvega (E). Realni klinasti dvojček (D) in dvojna interpenetracija z nekaterimi ploskvami bipiramide v dvojičnih legah (H). Ploskve vseh kremenovih kristalov s Hrastnika so nabrene zaradi alternacij ploskev prizem m in bipiramid b (H). Risbe: Mirjan Žorž

Kremen je v hrastniških razpokah kristalil v dveh generacijah. Najprej so na konglomeratni, še pogosteje pa na peščeni podlagi, zrasli mlečnobeli kristali, ki so na podlago trdno priraščeni in nimajo razvitih prizemskih ploskev.

Lepše so razviti čokati kristali druge generacije, ki je prerasla prvo. Bazalni deli brezbarvnih kristalov so zato motni, terminacije pa večinoma prozorne, vendar nikoli povsem brez megličastih motnosti. Dolgoprizmatski kristali so razmeroma redki. Kristali kremenja merijo do 5 cm, največji pa do 15 cm v dolžino, v premeru do 7 cm, medtem ko dosežejo kristalni skupki do 10 cm, največji pa do 60 cm v premeru.

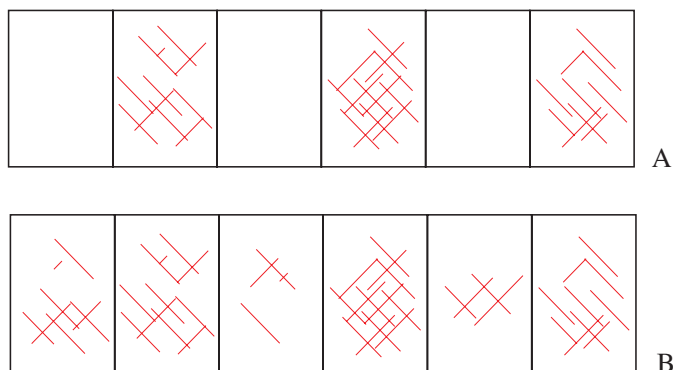
Samski kristal	Klinasti dvojček	Dvojna interpenetracija
prizma $m\{100\}$	prizma $m\{100\}$	prizma $m\{100\}$
pozitivni romboeder $r\{101\}$	bipiramida $b\{101\}$	bipiramida $b\{101\}$
negativni romboeder $z\{011\}$		
leva bipiramida $s\{2\bar{1}1\}$	pozitivna bipiramida $+s\{111\}$	bipiramida $s\{111\}$
desna bipiramida $s'\{111\}$		
levi trapezoeder $x\{6\bar{1}1\}$	pozitivna bipiramida $+x\{511\}$	bipiramida $x\{511\}$
desni trapezoeder $x'\{511\}$		

Transformacija ploskev zaradi dvojčenja. Ploskve prizme se pri tem, kristalografsko gledano, ne spremenijo. Pri klinastem dvojčku se pozitivni in negativni romboeder spremenita v bipiramido, levi in desni trapezoeder pa v pozitivni bipiramidi. Pri dvojni interpenetraciji se vse ploskve, razen prizemskih, preobrazijo v ustrezne bipiramide.

Prizemske ploskve so značilno narebrenne in rahlo suturirane; poleg tega pa nobena ni popolnoma ravna. Praviloma so rahlo vbočene proti sredini. Najbolj so razvite ploskve bipiramid na terminacijah. Akcesorne ploskve so redke in majhne. Damascenca na terminalnih ploskvah je pogosto zelo izrazita.

V svetlobi totalnega odboja se na prizemskih ploskvah prikažejo tanke ravne dvojčične lamele, ki se križajo pod kotom $84,5^\circ$, kar v celoti izključuje dauphinejsko dvojčenje in s tem tip kremena friedlaender. Dvojčične lamele pa ne ustrezajo vedno niti brazilskemu tipu dvojčenja, kar pomeni, da so nekateri kristali hrastniškega kremena zdvojeni na poseben način, pri katerem se prerasteta dva kristala, od katerih ima eden levo, drugi pa desno orientacijo. Nastali dvojček je zrcalno simetričen v ravnini (001) in ima višjo trištevno sfenoidno (*sphen* je grška beseda za klin) simetrijo, zato mu pravimo klinasti dvojček. To je najredkejši način interpenetracijskega dvojčenja pri kremenu. Dvojčenje povzroči transformacijo ploskev zaradi njihovega medsebojnega preraščanja. Najbolj zanimiva je preobrazba prizemskih ploskev. S klasično kristalografskega stališča se prizme sicer ne transformirajo, kar pa ne velja za njihovo obliko in način ukrivljanja. Vsaka druga ploskev dvojčka je namreč nekoliko širša, kar pomeni, da meji ena široka ploskev na dve ozki in obratno pri ozki ploskvi.

Morfologija hrastniških klinastih dvojčkov je neizrazita. Kristala, ki ima vse značilnosti, ni mogoče najti, še posebej, kadar gre za ukrivljenost ploskev. Za kaj takega je potrebno imeti idealno razvit kristal – *plavač*, ki se je odlomil s stene in se nato popolnoma zacelil. Najbolj diagnostične so dvojčične lamele, ki so na vsaki drugi prizemski ploskvi. Ploskve pozitivne bipiramide $+s$ praviloma niso v legah, ki ustrežajo temu tipu dvojčenja, ker so kristali priraščeni in ker so dvojčične domene naključne.

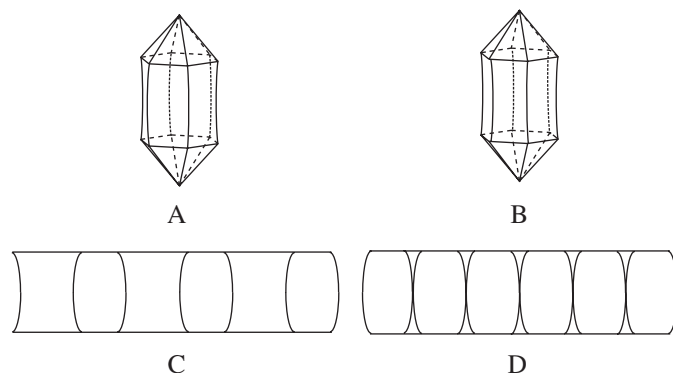


Shematski prikaz dvojčičnih lamel na ploskvah prizme m , ki se sekajo pod kotom $84,5^\circ$ v obliki neizrazitih mrežastih vzorcev. Pri klinastem dvojčku se pojavljajo le na vsaki drugi prizemski ploskvi (A). Za določitev klinastega dvojčenja na realnih kristalih je pomembno, da se lamele ne pojavijo na dveh sosednjih prizemskih ploskvah. Pri dvojnih interpenetracijah so dvojčične lamele razvite na vseh ploskvah prizme (B), česar pa na realnih kristalih ne zasledimo vedno. Za določitev tega tipa dvojčenja pa zadošča, če opazimo lamele vsaj na dveh sosednjih ploskvah. Risbi: Mirjan Žorž

Glavnina kremenovih kristalov je še bolj kompleksno zdvojenjena. Dvojčične lamele, ki so v prekrižanem vzorcu na vseh prizemskih ploskvah, potrjujejo dvojno interpenetracijo, pri kateri se, teoretično gledano, prerastejo štirje samski kristali, od katerih imata dva levo, dva pa desno orientacijo. Dvojne interpenetracije se navzven le malo razlikujejo od klinastih dvojčkov. Tudi to dvojčenje povzroči transformacijo vseh ploskev. Ob podrobnem pregledu opazimo, da so vse ploskve enake in konkavno ukrivljene.

Poudariti je potrebno, da so kremenovi kristali s hrastniških nahajališč brez izjeme zdvojenjeni po enem od opisanih načinov, pri čemer pa dvojne interpenetracije v celoti prevladujejo. Na prvi pogled so podobni kremenovim kristalom tipa friedlaender, ker so suturirani in izrazito damascentski; nikoli pa niso dauphinejsko zdvojenjeni.

Plavači in nitasti kristali so značilnost hrastniških razpok. Tektonika je bila na tem področju očitno dokaj živahna, zato so se posamični kristali lomili s sten razpok in padali vanje, nato pa se zacelili. S sten so se odlučili tudi večji kristalni skupki in plošče; na njihovih robovih so se v kasnejših fazah razvili biterminirani kristali. Prav tako pa so se kristali razvili tudi na vseh ostalih odlomljenih površinah. Nekateri od tako rekristaliziranih skupkov, posebej še, če so na njih tudi fantomski kristali, predstavljajo najlepše in največje primerke kristaliziranega kremenca pri nas.



Dvojčenje vpliva tudi na ukrivljanje kristalnih ploskev. Oblika kristala klinastega dvojčka se spremeni tako, da je vsaka druga ploskev nekoliko širša, vse pa so vbočene (A). Risba B shematsko prikazuje vzorec ukrivljanja ploskev, ki ga dobimo tako, da v ravnini razvijemo vse prizemske ploskve s kristala na risbi A. Pri kristalih dvojne interpenetracije so vse ploskve enako velike in vbočene (C in D). Idealna ukrivljenost se na realnih kristalih redko razvije zaradi domenske narave dvojčenja in priraščenosti kristalov na podlago, kar še posebej velja za klinaste dvojčke. Risbe: Mirjan Žorž

Poleg kristalov so se s sten krušili tudi drobni delci kamnine in se usedali na rastoče kristale. Nastali so fantomski kristali, ki so kar pogosti. Včasih se je to zgodilo večkrat zaporedoma, zato so se razvili conirani fantomski kristali. Za Hrastnik so značilni sivkasti odenki fantomov.

Med stenami tektonsko razširjajočih se razpok so nastajali nitasti kristali kremenca, če so bili orientirani tako, da so se dotikali obeh sten hkrati. Njihova morfologija je odvisna od orientacije posameznega kristala med stenama razpoke in od časa njegove rasti. V ugodnih primerih so niti zrastle do 6 cm v dolžino. Kakšen od nitastih kristalov se je bil tudi odlomil in končal rast kot plavač.

Spremljevalnih mineralov je na Hrastniku malo; dva sta se ohranila le v obliki protogenetskih ali singenetskih vključkov.

Relativno pogost je **albit** v do 1 cm velikih kristalih porcelanasto bele barve s steklastim sijajem. Nekateri majhni kristali so prozorni. Nitasti kristali albita so redki, zato pa so lahko do 3 cm veliki. Vsi kristali albita so zdvojeni bodisi po albitnem, bodisi po albitno-karlovarskem zakonu. Albit je kristaliziral pred kremenom, zaradi česar ga najdemo v obliki protogenetskih vključkov. Večino albitovih kristalov je zajela korozija, zato so najedeni, še posebej vzdolž ravnin razkolnosti.

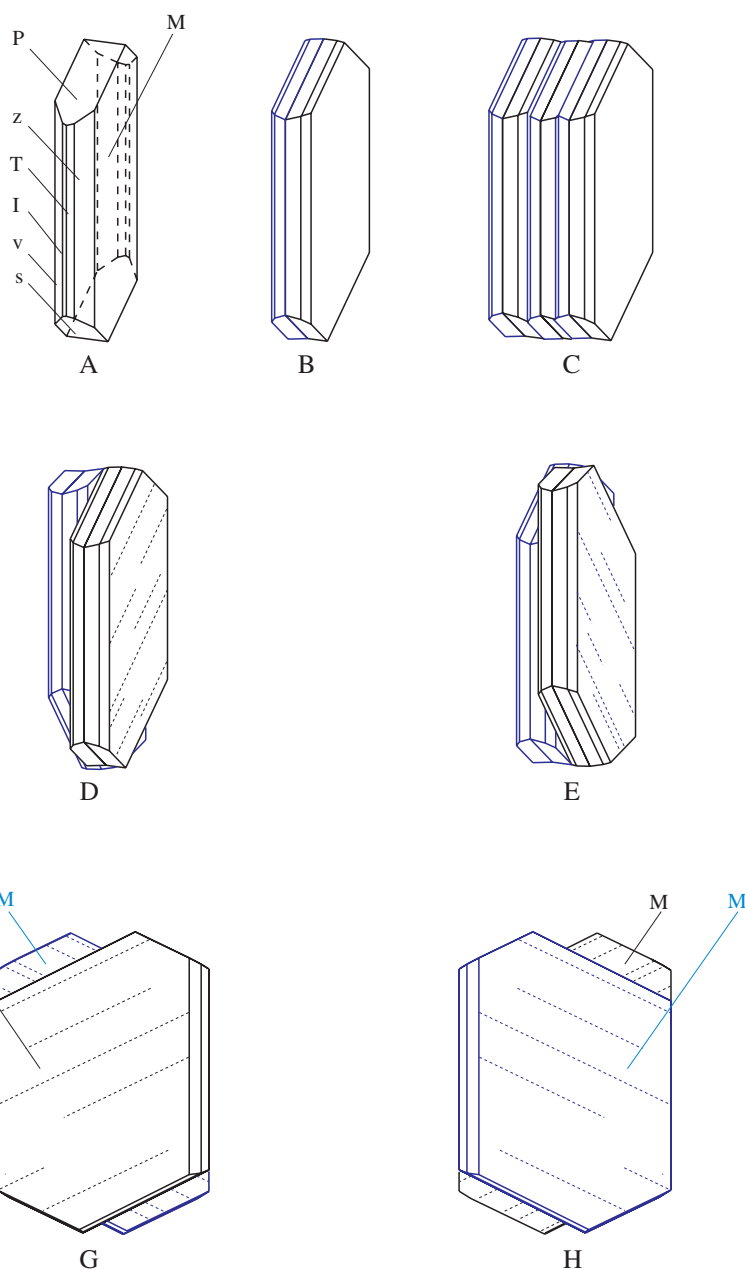
V nekaterih kremenovih kristalih so singenetsko vraščeni romboedrski kristali, ki po obliki, barvi in sijaju ploskev ustrezajo **dolomitu**. Samostojnih kristalov ni, ker so se raztopili v kasnejših fazah, na kar kažejo tudi romboedrski odtisi na kristalih kremenca.

Najredkjejši je **rutil** v kristalih jeklenosive barve, ki so protogenetsko vključeni v kremenu. Kristali so zelo tanki (do 2 μm) in dolgi do 2 cm.

Kristali kremenca s Hrastnika so svojevrstni posebneži zato, ker imajo vsi obliko klinastih dvojčkov in dvojnih interpenetracij. Slednje zasledimo tudi v hidrotermalnih nahajališčih, kjer najdemo še brazilske dvojčke, ki pa jih tako na Hrastniku kot v alpskih razpokah ne zasledimo. Oblike kremenca v hrastniških



V tektonsko živahnih nahajališčih so lepo razviti in nepoškodovani kremenovni skupki cenjena redkost. Skupek na fotografiji je nastal s preraščanjem več kristalov, potem ko so se odlomili s stene in se še uspeli zaceliti. Posebej značilna za hrastniške kremenec je izrazita damascenca na terminalnih ploskvah, ki je posledica dvojčenja. Na terminaciji največjega kristala so vidne vicinalne ploskve; 13 x 10 cm. Zbirka Mirjana Žorža. Foto: Mirjan Žorž



Kristali hrastiškega albita. Samskih kristalov (A) ni, ker so vedno zdvoženi po ravnini (010) oziroma po albitnem zakonu (B). Dvožčenje po tem zakonu se večkrat ponovi, zaradi česar nastanejo polisintetski lamelirani dvojčki (C). Albitni dvojček ima višjo simetrijo, kar mu omogoča, da se zdvožči še po karlovarskem zakonu. Nastanejo levi (D) in desni karlovarski dvojčki (E). Razlikujemo jih tako, da pogledamo, na kateri strani dvojčka potekajo ravnine razkolnosti (001) navzdol proti opazovalcu. Na risbi so označene s prekinjenimi črtami. Če potekajo te ravnine navzdol na desni strani dvojčka, potem je zdvožčen po (0 $\bar{1}$ 0) in je zato levi karlovarski dvojček (G) ter analogno desni karlovarski dvojček, ki je zdvožčen po (010), če potekajo ravnine navzdol na levi strani dvojčka (H). Na kristalih albita s Hrastnika so pinakoidi: P{001}, s{ $\bar{1}$ 01}, M{010}, T{110}, I{ $\bar{1}$ 0}, z{130}, v{ $\bar{1}$ 30}, o{ $\bar{1}$ 11} in c{011}. Risbe: Mirjan Žorž



Albitni in albino-karlovarski dvojčki albita na kremenovi podlagi. Kristali so rahlo korodirani z vidnimi linijami razkolnosti vzdolž (001) ravnin. Največji kristal albita meri 4 mm. Zbirka Mirjana Žorž. Foto: Mirjan Žorž

razpokah so precej podobne tistim iz alpskih razpok, za katere so značilni tektonsko odlomljeni in zaceljeni kristali ter skupki, še posebej pa nitasti kristali. K podobnosti prispeva še suturiranost kristalnih ploskev in damascenca. Prekrižane dvojčične lamele popolnoma izključujejo dauphinejsko dvojčenje, ki je osnovna karakteristika kremenovih kristalov alpskih razpok. Skratka, pogoji, pri katerih so rasli kristali kremenca in ostalih mineralov v hrastniških razpokah, se razlikujejo od tistih, ki so značilni za razpoke alpskega tipa in tistih, ki vladajo v hidrotermalnih nahajališčih.

Pri nas so nahajališča s takimi kremenovimi kristali precej razširjena, ker pokrivajo kremenovi konglomerati in peščenjaki znaten del našega ozemlja. Zanimivo pa je, da so nahajališča takšnega tipa drugod po svetu redka.

Literaturni viri:

- RYKART, R., 1989: *Quarz-Monographie* (dauphinejski dvojčki, str. 100-107; kremen tipa friedlaender, str. 192-205; vključki, str. 255-279; protogenetski vključki, str. 255-258; singenetski vključki, str. 258-268; epigenetski vključki, str. 268-269; kremen iz alpskih razpok, str. 170-180; pogoji nastanka, str. 172-175). Ott Verlag, Thun, Švica.
- ŽORŽ, M., 1992: *Nitasti kremen* (mehanizem nastanka nitastih kremenovih kristalov, str. 293-295; vpliv orientacije niti na morfologijo kristalov, str. 295-299; nahajališča nitastih kristalov kremenca, str. 299-301). Proteus, let. 54, Ljubljana.
- ŽORŽ, M., 1994: *Minerali hrastniških grap* (zemljepisna lega nahajališča, str. 335; kremen, str. 360-363; fotografija na naslovnici, str. 358; plavači, str. 361; fantomski kristali, str. 362-363; fotografija, str. 361; nitasti kristali, str. 362; fotografije, str. 358 in 359; stereofotografija, str. 360; albit, str. 350-360; dvojčki, str. 358-359; nitasti kristali, str. 359; fotografija na naslovnici, str. 357 in 358; prva omemba rutila, str. 357). Proteus, let. 56, Ljubljana.

- ŽORŽ, M., 1994: *Pyroelectrically caused twisting of quartz crystals* (vijačniki okoli c-osi pri dauphinejsko zdvojenih kristalih kremenca, str. 219-222; risba, str. 220 in 221). *Geologija*, knjiga 36, Ljubljana.
- ŽORŽ, M., A. REČNIK, 1999: *Kremen in njegovi pojavi na Slovenskem* (vključki – protogenetski, singenetski in epigenetski, str. 25; Hrastnik, str. 40-43; kremen - fotografija fantomskega kristala, str. 41; fotografija plavača, str. 41; fotografija singenetskih vključkov v kremenu, str. 41; albit, str. 42; fotografija albita, str. 41; rutil, str. 43; karbonati, str. 43; vključki, str. 432-43). Galerija Avsenik, Begunje.
- ŽORŽ, M., 2002: *The Symmetry System* (enantiomorfija, str. 23-24; samski kristali, 114-139; dvojčki, str. 189-196; sfenomorfija, str. 24, 113; dvojenje, str. 83-98; morfologija samskih kristalov, str. 99-102; fotografija klinastega dvojčka kremenca, str. 203; fotografija dvojčičnih domen – damascence klinastega dvojčka kremenca, str. 203; interpenetracija, str. 190; klinasti dvojčki, str. 191; dvojne interpenetracije, str. 194-195; fotografija dauphinejsko zdvojenega kristala kremenca, str. 125; fotografija dvojčičnih domen – damascence dauphinejsko zdvojenega kremenca, str. 205). Grosuplje.
- ŽORŽ, M., 2004: *Kremenovi dvojčki preraščanja* (brazilski, dauphinejski in klinasti dvojčki – njihova morfologija, dvojčične lamele, dvojčične domene in damascenca, vicinalne ploskve, načini ukrivljanja kristalnih ploskev; brazilsko-brazilke, klinasto-klinaste, dauphinejsko-dauphinejske interpenetracije – njihova morfologija, dvojčične lamele, dvojčične domene in damascenca, vicinalne ploskve, ploskve jedkanja, načini ukrivljanja kristalnih ploskev; nahajališča brazilskih, klinastih in dauphinejskih dvojčkov ter dvojnih interpenetracij v Sloveniji; risbe dvojčičnih shem, dvojčkov, morfologije, tipov dvojčičnih lamel in tipov vicinalnih ploskev; fotografije dvojčkov, lamel, vicinalnih ploskev in figur jedkanja.) *Proteus*, let. 67, Ljubljana.