

Geološke zanimivosti ljubljanskih ulic: geološke strukture

Matevž Novak

To, da kamen ni enak kamnu, poleg različnih fosilnih ostankov v sedimentnih kamninah, ki so bili predstavljeni v prejšnjih dveh prispevkih, in seveda barv, izražajo tudi različne geološke strukture. Struktura, opredeljena z notranjo zgradbo kamnine, ki se oblikuje v času njenega nastajanja, skupaj z mineralno sestavo zrn oziroma kristalov vsebuje ključne podatke o okolju in načinu nastanka kamnine. Zato so prav strukture tiste, po katerih razvrščamo kamnine v glavne skupine in podskupine. V sedimentnih kamninah po strukturah ugotavljamo način usedanja zrn, hitrost in dolžino njihovega rečnega transporta, smeri morskih tokov, razlikujemo kopenska od obalnih in morskih okolij, skupaj s fosilnimi ostanki pa tudi globino, slanost, temperaturo in energijo morske vode. Strukture magmatskih kamnin izdajajo hitrost kristaljenja mineralov iz magme ali lave, strukture metamorfnih kamnin pa temperaturo in tlak, pri katerih je prišlo do preobrazbe kamnine.

Geološke strukture v širšem pomenu besede pa vključujejo tudi pojave, ki so nastali pozneje v že trdni kamnini ali na njej pri preperevanju in delovanju tektonskih sil. Ta prispevek vas bo vodil po ljubljanskih ulicah in stavbah, kjer najdete sedimentne kamnine z najbolj zanimivimi teksturami, strukturami preperevanja in tektonskimi strukturami.

Sedimentne teksture

Strukture kamnin, ki jih ustvarjajo različna prostorska razporeditev, usmerjenost in medsebojni odnosi zrn, imenujemo teksture. Izraz struktura v ožjem pomenu besede namreč opisuje zgradbo v manjšem merilu, to je na ravni posameznih zrn ali kristalov, ki

jih opredeljujejo velikost, oblika, orientacija in zgoščenost. Tekstura kamnine torej ni lastnost njene površine, ampak tridimenzionalna zgradba, ki jo največkrat opazujemo na velikostni ravni izdanka ali srednje velikega vzorca. V angleškem izrazoslovju imata izraza *structure* in *texture* ravno obratna pomena.

Sedimentne teksture ne ohranjajo samo zapisa o razmerah, ki so vladale pred sedimentacijo in med njo, temveč tudi o tem, kaj se je v sedimentu ali na njem dogajalo po odložitvi, med kompakcijo in strjevanjem v kamnino. Prve, ki so nastale z erozijo ali z usedanjem zrn, imenujemo primarne sedimentne teksture, druge – sekundarne teksture – pa so večinoma nastale z različnimi deformacijami. Teksture se poleg po času nastanka med seboj razlikujejo tudi po mestu pojavljanja (v plasti ali na površini med plastmi) in po mehanizmu nastanka, ki je lahko fizikalni (mehanski), kemični ali biogeni.

Navzkrižna laminacija

Rdeča fasada dolge zgradbe ob Kozolcu na Bavarskem dvoru (Slovenska cesta 51) (slika 1) je videti, kot da bi jo zelo na hitro prepleskal neizkušeni malar in med sledovi čopiča v vseh smereh pušchal svetle, nepobarvane proge. V resnici je stavba obložena s ploščami pravega naravnega kamna, tako imenovanega miltenberškega peščenjaka iz južne Nemčije, »sledove čopiča« pa zarisuje tekstura, ki jo imenujemo navzkrižna laminacija (slika 2). Lamine so zelo tenki (do enega centimetra) sloji znotraj debelejših plasti sedimenta ali kamnine. Pri navzkrižni laminaciji je plast sestavljena iz poševnih lamin. Tako skladovnico najpogosteje sestavlja

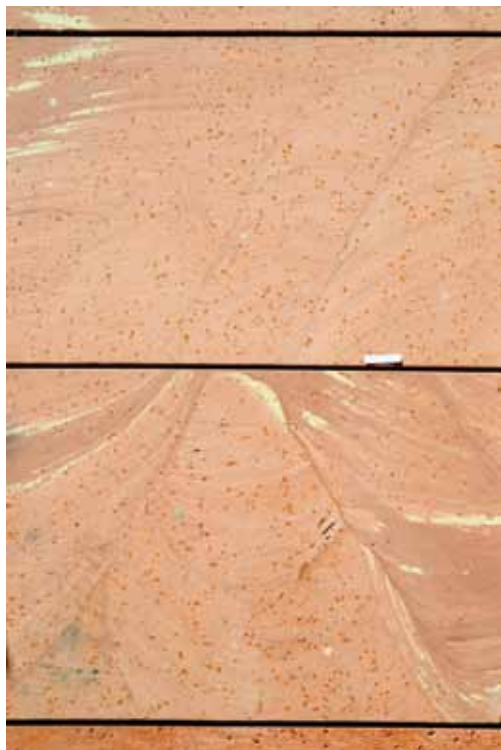
več nizov skladnih lamin, ti se stikajo pod različnimi koti, v vsakem od nizov pa imajo lamine drugačen naklon in/ali obliko. To je posledica spreminjanja geometrije podlage s spremembami tokovnega režima medija, ki prenaša sedimentna zrna in jih odlaga na nagnjeno površino (na primer peščene sipine). To so lahko rečni tok, morski tokovi in valovi ali pa veter.

Oblike, ki so nam znane iz sedanjih rečnih bregov in jezerskih obal, so vidne tudi v več kot 245 milijonov let starem spodnjetrojstnem kremenovem peščenjaku. Menjavanje koritaste in ravne oblike navzkrižne laminacije nakazuje, da so pesek večinoma prenašale reke in ga odlagale v rečnih strugah in redkeje v jezerih. Plasti peščenjaka, v katerih se ravne ali koritaste lamine križajo pod strmimi nakloni, pa kažejo na eolski tip peščenih nanosov, ki jih veter odlaga na peščenih sipinah ali večjih dinah ob rečnih

koritih. Opečno rdeča do vijolična barva kamnine, ki jo dajejo rjaste prevleke zrn iz železovega oksida (hematita), je pokazatelj aridnega vročega podnebja v času odlaganja. Vse to kaže na sedimentacijska okolja, kakršna poznamo iz današnjih puščavskih in polpuščavskih predelov kot vadije. To so široke prodnato-peščene doline, ki so večji del leta suhe, občasno pa jih zajamejo močni monsunki nalivi, ki hitro napolnijo široke sisteme prepletenih rečnih korit in prazne jezerske kotanje. Rečni tokovi spremenljivih hitrosti in smeri takrat prenašajo velike količine sedimenta in ga odložijo tam, kjer postane njihova energija premajhna za premikanje sedimentnih zrn. Sedimentologi znajo iz geometrije navzkrižne laminacije v kamnini na podlagi opazovanj današnjih rečnih sistemov in njihovih simulacij v laboratorijih ugotoviti smeri in hitrosti paleotokov, ki so odložili sediment.

Slika 1: Fasadne plošče Restavracije Fresco ob Slovenski cesti iz rdečega kremenovega peščenjaka iz kamnoloma pri Miltenbergu jugovzhodno od Frankfurta na Maini. Barva je dala tem plastem nemško ime Buntsandstein ali pisani peščenjak. Foto: Matevž Novak.





Slika 2: Navzkržno laminirani kremenov peščenjak. Svetle rumenkaste liše so rezultat razbarvanja kamnine z reducirajočimi vodnimi raztopinami, ki so prodirale v sediment po razpokah ali površinah lamin. Merilce je dolgo pet centimetrov. Foto: Matevž Novak.

Postopna zrnavost ali gradacija

V tlakovcih iz pisanega prominskega konglomerata na vhodu Okrajnega sodišča v Ljubljani iz Male ulice najdemo še eno vrsto primarnih tekstur, ki je, tako kot navzkržna laminacija, nastala v času sedimentacije v plasteh s fizikalnimi dejavniki. Apnenčasti prodniki v tem eocenskem konglomeratu – v prispevku o mikrofosilih sem opisal foraminifere v njih – so urejeni, kot da bi jih nekdo zelo skrbno razvrščal po velikosti (slika 3). Tako sedimentno teksturo, pri kateri se velikost zrn v plasti postopno spreminja, imenujemo postopna zrnavost ali gradacija. Nastaja pri usedanju zrn iz zrnskih tokov, ki se jim po nastanku na hitro zmanjša hitrost. Medtem ko se v oblaku sedimenta majhni delci še veselo vrtinčijo, iz njega začnejo najprej padati najtežji, navadno največji prodniki. Ko se tok umirja, iz njega snežijo vedno manjša zrna peska in mulja. Rezultat tega so zelo pravilno urejene plasti iz zelo dobro sortiranih zrn. Najlepši primeri postopne zrnivosti so vidni v plasteh drobnozrnatih flišnih kamnin – na primer v Strunjanskem klifu –, ki so nastale s sedimentacijo iz gostih kalnih podmorskih tokov (tako imenovanih turbiditnih tokov), ko so ti splazeli po pobočju celinske police in se usedali na globokem morskem dnu. Na tak način je nastal tudi spodnji del prominskih plasti.

Opisano manjšanje velikosti zrn v plasti od spodaj navzgor nam v kamninah, ki so



Slika 3: Postopna zrnivost v tlakovcih prominskega konglomerata, ki ga pod kamnoseškim imenom »rozalit« lomijo v okolici Drniša v severni Dalmaciji. Veliki prodniki na vrhu slike označujejo nov dogodek, ki je odložil naslednjo plast s postopno zrnavostjo. Foto: Matevž Novak.



Slika 4: Postopna zrnavost v podpeškem apnencu podstavka Marijinega stebra na Levstikovem trgu. Drobnozrnati spodnji del označuje zgornji del najstarejšega dogodka, ki mu sledita dve popolno razviti postopno zrnati plasti, odloženi v dveh dogodkih. Foto: Matevž Novak.

jih tektonske sile močno nagubale, pomaga ugotavljati, ali so plasti v normalni legi ali pa so morda prevrnjene.

Geopetalna tekstura

Če stopite na podstavek Marijinega stebra na Levstikovem trgu pred Šentjakobsko cerkvijo in pozorno pogledate tretji veliki kamniti blok podpeškega apnenca v višini glave, boste v njem opazili približno en centimeter velike lupinice. V prispevku o ljubljanskih fosilih sem opisal, da gre za ramenonožce ali brahiopode. Ampak tokrat je pomembno tisto, kar je v teh lupinah. Opazili boste, da je v nekaterih en del zapolnitve temen, drugi del je svetel, med njima pa je ostra meja. In v vseh lupinah je približno enako. Le kako je to nastalo?

Po smrti ramenonožca njegovo lupino na morskem dnu pokoplje karbonatni mulj. Po razpadu mehkih tkiv mulj začne vdirati v nastali prazen prostor in se useda na dno. Zgornji del lupine ostane prazen, kar daje

prostor kalcitnim kristalom, ki se izločajo iz morske raztopine, da rastejo po stenah votline in jo počasi zapolnijo. Ker karbonatni mulj sestavljajo mikroskopsko majhni kristalčki, je spodnji del zapolnitev temnejši od zgornjega, iz veliko večjih, prosojnih kalcitnih kristalov. Zdaj pa je potreben razmislek: če je vsaka plast usedline, ki se usede na morsko dno, vodoravna, potem površina muljaste zapolnitve kaže vodoravno ravnino morskega dna v času odložitve sedimenta. Odnos med muljasto in kristalasto zapolnitvijo pa nam izda, kaj je bilo takrat spodaj in kaj zgoraj. Vse take teksture zato imenujemo geopetalne teksture ali fosilne vodne tehtnice. Če se spomnite razlage nastanka postopne zrnivosti, boste ugotovili, da tudi to lahko prištevamo h geopetalnim teksturam. Nam ostane samo še eno vprašanje: zakaj je Marijin steber obrnjen na glavo?

Zdaj, ko smo spoznali nekaj vrst primarnih tekstur, ki so nastale v času sedimentacije v plasteh s fizikalnimi oziroma kemijskimi dejavniki, pogledajmo še tri sekundarne, nastale s kemičnimi dejavniki po odložitvi sedimenta.

Stilolitni šivi

Če stopite v Kino Komuna v prehodu veleblagovnice Nama ali v Kino Dvor na Kolodvorski ulici, boste hitro opazili, da so svetle talne plošče videti, kot bi jih nekdo, ki je imel prvič v rokah šivanko, nerodno zašil s črno nitjo. Tanke nazobčane ploskve znotraj plasti kamnin imenujemo stilolitni šivi. Pojavljajo se skoraj izključno v homogenih, zelo drobnozrnatih kamninah z mikrokristalno strukturo, v katerih zrn oziroma kristalov ne moremo videti s prostim očesom. Najpogostejši so v mikritnih apnencih. Stiloliti nastajajo v trdni kamnini zaradi



Slika 5: Geopetalne zapolitve lupin ramenonožcev v bloku podpeškega apnenca Marijinega stebra. Foto: Matevž Novak.



Slika 6: Geopetalna zapolitve lupine ramenonožca v podpeškem apnencu vodnjaka na Kongresnem trgu kaže, da je tudi skleda tega vodnjaka narobe obrnjena. Foto: Matevž Novak.



Slika 7: Geopetalne zapolitve brabiopodnih lupin v podpeškem apnencu na stebriščnem stopnišču v Narodni in univerzitetni knjižnici. Foto: Matevž Novak.

pritisikov. Ko se na plast odložijo mlajše usedline, jo s svojo težo stiskajo in začnejo raztapljati. Raztopljeni kristali kalcita se z raztopinami izločijo iz plasti, netopni ostanek trših mineralov (na primer mineralov glin, pirita in različnih oksidov), ki so v majhni količini primešani v kamnini, pa tvori temni sukanec. Med deloma kamnine, ki se z nepravilno oblikovanimi in različno dolgimi zobmi zajedata drug v drugega, s tem pride do zmanjšanja prostornine, kar pomeni, da se plast stanjša.

V opisanem primeru, kjer tlačna sila deluje pravokotno na plast, nastanejo stilolitni šivi, vzporedni s ploskvama plasti. Vendar pa je

pritisik lahko tudi posledica tektonskih sil, ki lahko plasti kamnine stiskajo v različnih smereh. Tako nastali šivi so usmerjeni pod različnimi koti na ploskve plasti.

V plasti je lahko en sam šiv, lahko pa jih je več in lahko se med seboj prepletajo, kot v primeru svetlega zgornjejurskega apnenca iz Kirmenjaka v bližini Poreča, ki ga najdemo v Kinu Dvor. Iz tega apnenca, znanega pod imenom *Pietra d'Istria*, je zgrajen večji del Benetk. Posamezne lepe stilolitne šive zelo pogosto vidimo v podpeškem apnencu, na primer v Narodni in univerzitetni knjižnici, v stavbi Montanistike (slika 9), v Marijinem stebri, v ploščah podzidka Nadškofijskega



Slika 8: Prepletanje stilolitnih šivov v apnencu iz Kirmenjaka kaže na hkratno delovanje sile teže in tektonskih sil.
Foto: Matevž Novak.



Slika 9: Rumeni stilolitni šivi v jurskem apnencu iz Podpeči v stenski plošči vhodnega stopnišča stavbe Montanistike na Aškerčevi cesti 12.
Foto: Matevž Novak.



Slika 10: Stilolitni šivi v podpeškem apnencu v zgornji plošči kamnite ograje razgledne terase na severovzhodnem delu obzidja Ljubljanskega gradu.

Foto: Matevž Novak.

dvorca na Ciril-Metodovem trgu 4 in še marsikje (slika 10). Vidni so tudi na slikah 5, 6 in 7.

Kokardna tekstura

V dveh rebrastih stebrih velikega vhodnega portala meščanske hiše na Mestnem trgu 24 se vidijo nepravilno oblikovane progaste lise iz svetlosivih, temnosivih in rjavkastosivih pasov (slika 11). Podobno kot geopetalne teksture so tudi te proge nastale z zapolnitvijo praznih prostorov. V tem primeru so bile to majhne korozijske votline iz zelo stare dobe zakrasevanja. Svetlosivi gliniški apnenec iz Podutika je nastajal v plitvem plimskem pasu ob obali morja v zgodnji juri. Od časa do časa je pogledal iz morja in, kot vsaka karbonatna kamnina, takoj začel zakrasevati. Po stenah nastalih kraških žepov so se v več fazah izločali pasovi kalcitnih kristalov in jih počasi zapolnili. Svetel kalcit se je izločil iz čiste raztopine kalcijevega karbonata, če je bilo v raztopini več primesi, se je obarval temnejše. Primesi železovih hidroksidov so dale rdečkaste odtenke. Take zapolnitve, v

katerih se minerali odložijo v zaporednih koncentričnih skorjastih prevlekah, imenujemo kokardna tekstura po pisanih obročih, podobnih kokardam ali rozetam.



Slika 11: Kokardna tekstura v gliniškem apnencu stebrov portala Souvanove hiše na Mestnem trgu. Foto: Matevž Novak.

Slika 12: Gomolji temnega roženca v škofjeloškem apnencu poznotriasne ali zgodnjejurske starosti v arkadah Plečnikovih tržnic. Foto: Matevž Novak.



Gomolji roženca

V sivih, rožnatih in rumenkastih blokih, iz katerih so zgrajene Plečnikove tržnice, se pojavljajo temni, rjavkasti madeži nepravilnih oblik, ki jih vestne snažilke vztrajno želijo očistiti. Brez uspeha, saj so to gomolji, ponekod pa tanke plasti zelo trdega roženca. Roženec je mikro- do kriptokristalna sedimentna kamnina iz silicijevega dioksida (SiO_2), torej vrsta kremenca. Od apnenca, v katerem se pogosto pojavlja, se razlikuje po steklastem videzu s školjkastim lomom in seveda po trdoti. Zaradi boljše odpornosti proti preperevanju roženec navadno izstopa s površine apnenca. Mnogi roženec poznajo pod imenom kresilnik in po tem, da ga je človek v prazgodovini uporabljal za netenje ognja, zaradi zelo ostrih odlomnih robov pa za rezila in konice puščic.

Nastanek gomoljev oziroma izvor kremenice še ni dobro poznan. Najverjetneje nastanejo v diagenezi, torej med spreminjanjem nevezane usedline v trdno sedimentno kamnino. Toda od kod v apnenčev mulj pride kremenica? Možni izvori kremenice so prepereli silikatni minerali, ki so prisotni v mnogih kamninah, termalni izviri ali raztopljeni skeleti radiolarijev, spužev in diatomej. Ena od možnosti je, da kremenico v še mehak, nesprijet karbonatni mulj prinašajo podzemne vodne raztopine. Vendar pa se znan-

stvene teorije nastanka gomoljev roženca vedno bolj nagibajo k razlagam, da je večina kremenice biogenega izvora in da je njen izvor kar izvorni sediment. Prispevajo jo skeleti prej omenjenih organizmov iz amorfnega opala, ki se med diagenozo raztopijo. V pornih raztopinah potem potuje do mesta, kjer se začne izločati oziroma - kar je še bolj pogosto - začne postopno nadomeščati druga mineralna zrna (na primer kalcitna). Gomolji roženca so najbolj pogosti v zelo drobnozrnatih apnencih, nastalih v mirnem okolju velikih morskih globin, kjer so tudi radiolariji in spužve zelo pogosti. To pojasnjuje izvor škofjeloškega ploščastega apnenca Plečnikovih trgovskih tržnic (slika 12).

Bioturbacija

Zanimive teksture ustvarijo tudi organizmi. Črvi kolobarniki, ki rijejo po mehkem morskem dnu in požirajo mulj, za seboj puščajo neke vrste kanalizacijske cevi. Nepravilni prepleti cevastih rogov so namreč pogosto temnejše obarvani z izločki črvov muljojedov. Vsako teksturo, ki je posledica živalskega ali rastlinskega mešanja sedimenta, imenujemo bioturbacija. Rastline to povzročajo s koreninami, živali, na primer črvi, školjke, raki in polži, pa z ritjem v sediment ali z lazenjem po površini. Najlepše primere sledov ritja v blatu lahko vidimo na mnogih



Slika 13: Bioturbacija v bloku podpeškega apnenca v arkadnem pomolu Mestne hiše. Foto: Matevž Novak.

mestih v spodnjejurskem podpeškem apnencu, na primer v arkadnem pomolu Mestne hiše (slika 13) in v črnem zgornjetriasnem apnencu z Lesnega Brda, na primer na fasadi ljubljanske stolnice. Ker smo v prispevku o fosilih v Ljubljani spoznali, da je fosil vsaka sled aktivnosti nekdanjih organizmov, so bili že tam opisani sledovi lazenja v ploščah istrskega eocenskega flišnega peščenjaka na Hribarjevem nabrežju. Bioturbacije so torej ihnofosili. Največkrat ne vemo, katera žival ali rastlina je pustila tako sled. V mnogih primerih gre za organizme brez tr-

dnih skeletov, ki se niso ohranili kot telesni fosili. Sledovi lazenja se v kamnini največkrat ohranijo kot »odlitki« na spodnji površini mlajše plasti, ki je sled prekrila, zato nam izdajajo prvotno lego plasti.

Tektonske strukture

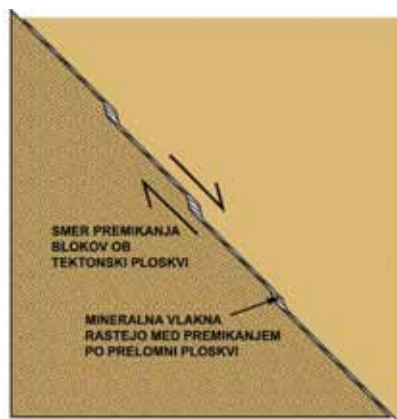
Tektonske drse

Na površinah nekaterih kvadrov podpeškega apnenca na fasadi Narodne in univerzitetne knjižnice so vidne bele in rjavkasto obarvane progaste prevleke (slika 14). Take mineralne

Slika 14: Tektonske drse v bloku podpeškega apnenca na fasadi Narodne in univerzitetne knjižnice. Foto: Matevž Novak.



Slika 15: Razlaga nastanka tektonskih drs. Ko je desni, svetlejši blok odstranjen, na površini levega vidimo drse. Vir: Wikipedia.

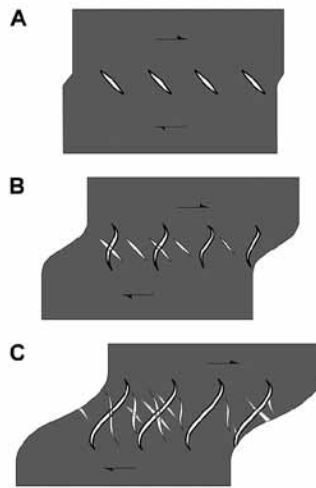


prevleke, ki so značilno stopničaste, nastajajo na prelomnih ploskvah, torej na ploskvah, ob katerih je prišlo do premika sosednjih tektonskih blokov. Zaradi trenja med blokoma so zglajene in velikokrat prevlečene z oblogo iz mineralnih vlaken (največkrat kal-

citnih), ki rastejo med premikanjem. Stopničaste tektonske drse kažejo relativno smer premika ob prelomu. Tektonski blok, ki je drsel po taki ploskvi, je drsel vzporedno z vlakni po stopnicah navzdol (slika 15).

Strižne cone

Niz belih kalcitnih žil na zgornji stopnici pred vhodom v cerkev sv. Jakoba zaznamuje strižno tektonsko cono (slika 16). Žile so razpoke, zapolnjene z minerali. Pri strižni tektonski deformaciji navadno najprej nastane niz vzporednih žil pod kotom 45 stopinj glede na



Slika 17: Skica nastajanja kalcitnih žil med napredujočim zmikanjem v strižni coni.

Skica: Simon Mozetič.

Slika 16: Bele kalcitne žile v strižni coni na stopnici iz zgornjetriasnega lesnobrdskega apnenca pred glavnim vhodom v cerkev sv. Jakoba. Foto: Matevž Novak.



Slika 18: Strižna cona v plošči podpeškega apnenca na stebriščnem stopnišču v Narodni in univerzitetni knjižnici. Foto: Matevž Novak.

strižno cono. Pravilna razporeditev žil spominja na vojaško četo, zato rečemo, da so ešalonirane (slika 17 A). Žile se pri nadaljnji deformaciji obračajo v smeri striga, zaradi česar se njihovi konci plastično upognejo in dobijo obliko črke »S«. Sproti nastajajo nove razpoke pravokotno na smer največjega raztezka (slika 17 B). Posledica je preplet različno starih žil (slika 17 C). Bele žile, urejene v strižnih conah, lahko vidimo v črnem lesnobrdskem apnencu v mnogih portalih in fasadnih oblogah tudi drugod po Ljubljani (slika 18).

Strukture preperevanja

Obročasto preperevanje

V marsikaterem kosu sivega peščenjaka, vgrajenem v zidove Ljubljanskega gradu (slika 19), Križank ali v Rimskem zidu na Mirju, so vidni temnejši rjavi koncentrični obroči. Ta kremenov peščenjak karbonske starosti so pridobivali v starih kamnolomih v Grajskem hribu. Obroči nastajajo pri kemičnem preperevanju kamnine z zbiranjem mineralov železovih oksidov v pravilne koncentrične skorje. Vendar pa mehanizem nastanka takih obročev še ni dobro pojasnjen, saj vse poteka v že trdni kamnini. Masni transport ionov v pornih raztopinah kamnin

pogosto povzroča mineralizacijo, ki se ne razvija enakomerno in nenehno, temveč periodično ali ritmično. Razlike v kemičnem potencialu ustvarijo difuzijske obročje (strokovni izraz zanje je *Liesegang rings*), ki so zelo pogosti predvsem v poroznih, drobnozrnatih peščenih kamninah, pa tudi v skrilavih, apnenčastih in magmatskih kamninah. Oborjene trdne snovi, na primer železove in/ali manganove spojine, tvorijo okoli sebe območje osiromašenja, kar preprečuje nadaljevanje njihove kristalizacije.

Na koncu zadnjega prispevka o geoloških zanimivostih Ljubljane pozivam bralce, ki jih je moje pisanje spodbudilo k opazovanju naravnega kamna med sprehodi po ulicah, da mi svoje zanimive najdbe sporočijo na elektronski naslov *matevz.novak@geo-zs.si*. Z veseljem bom poskušal odgovoriti tudi na vaša morebitna vprašanja.



Slika 19: Obročasto preperevanje karbonskega kremenovega peščenjaka v obzidju Ljubljanskega gradu.
Foto: Matevž Novak.



Slika 20: Če voda najde pot po razpokah, peščenjak prepereva samo vzdolž njih in po površini. Tudi ta primer je z obzidja Ljubljanskega gradu. Foto: Matevž Novak.

Dodatni viri:

- Chamley, H., 1990: *Sedimentology*. Berlin: Springer-Verlag, 285 str.
- Gregorač, V., 1995: *Mali leksikon geologije*. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije, 359 str.
- Novak, M., 2016: *Geološki sprehod po Ljubljani – naravni kamen v kulturnih znamenitostih*. Ljubljana: Mestna občina Ljubljana, Oddelek za varstvo okolja, 38 str.
- Pettijohn, F. J., 1957: *Sedimentary rocks*. 2. izdaja. New York: Harper & Row Publishers, 718 str.
- Pavšič, J., 1999: *Življenjsko vrtinčenje*. GEA, 9 (1): 23.
- Pavšič, J., in Mikuž, V., 2000: *Vodna tehnica*. GEA, 10 (9): 47-48.

- Ramovš, A., 2002: *Spodnjetriasni pisani kremenov peščenjak – nov okrasni kamen v Ljubljani*. Proteus 65 (1): 40-41.
- Ramovš, A., 2000: *Podpeški in črni ter pisani lesnobrdski apnenec skozi čas*. Ljubljana: Mineral, 115 str.
- Ramovš, A., 2005: *Kaj so kokarde in kako nastanejo*. Proteus, 67 (8): 369.
- Roberts, J. L., 1996: *The Macmillan field guide to geological structures*. London: Macmillan Press, 250 str.
- Stow, D. A. V., 2009: *Sedimentary rocks in the field: A color guide*. 3. izdaja. Academic Press, 320 str.

Uporabnost metode na osnovi DNA za razlikovanje med cianobakterijami • Bakteriologija in genetika

Uporabnost metode na osnovi DNA za razlikovanje med cianobakterijami

Evgenija Burger, Lucija Marzel Djuranovič in Luka Petravič

Cianobakterije so najstarejši fotosintetski mikroorganizmi. Z ekološkega vidika so zelo pomembne, zato je poznavanje prisotnosti cianobakterij v okoljskih vodah ključno za razumevanje naravne flore, ki nas obdaja. Ker je lahko klasična morfološka analiza za določevanje vrst zavajajoča, smo se odločili oceniti uporabnost molekularnih metod za razlikovanje cianobakterij.

Kaj so cianobakterije?

Cianobakterije so predhodnice zelenih alg, ki so pred 2,3 milijarde let s fotosintezo omogočile razvoj današnjega ozračja. Najdemo jih skoraj v vseh vrstah življenjskih prostorov, tudi v skrajno neprijaznih razmerah (na primer v vročih vrelcih, na polarnih območjih ...). Ob povečani vsebnosti hranilnih snovi v vodi se cianobakterije močno