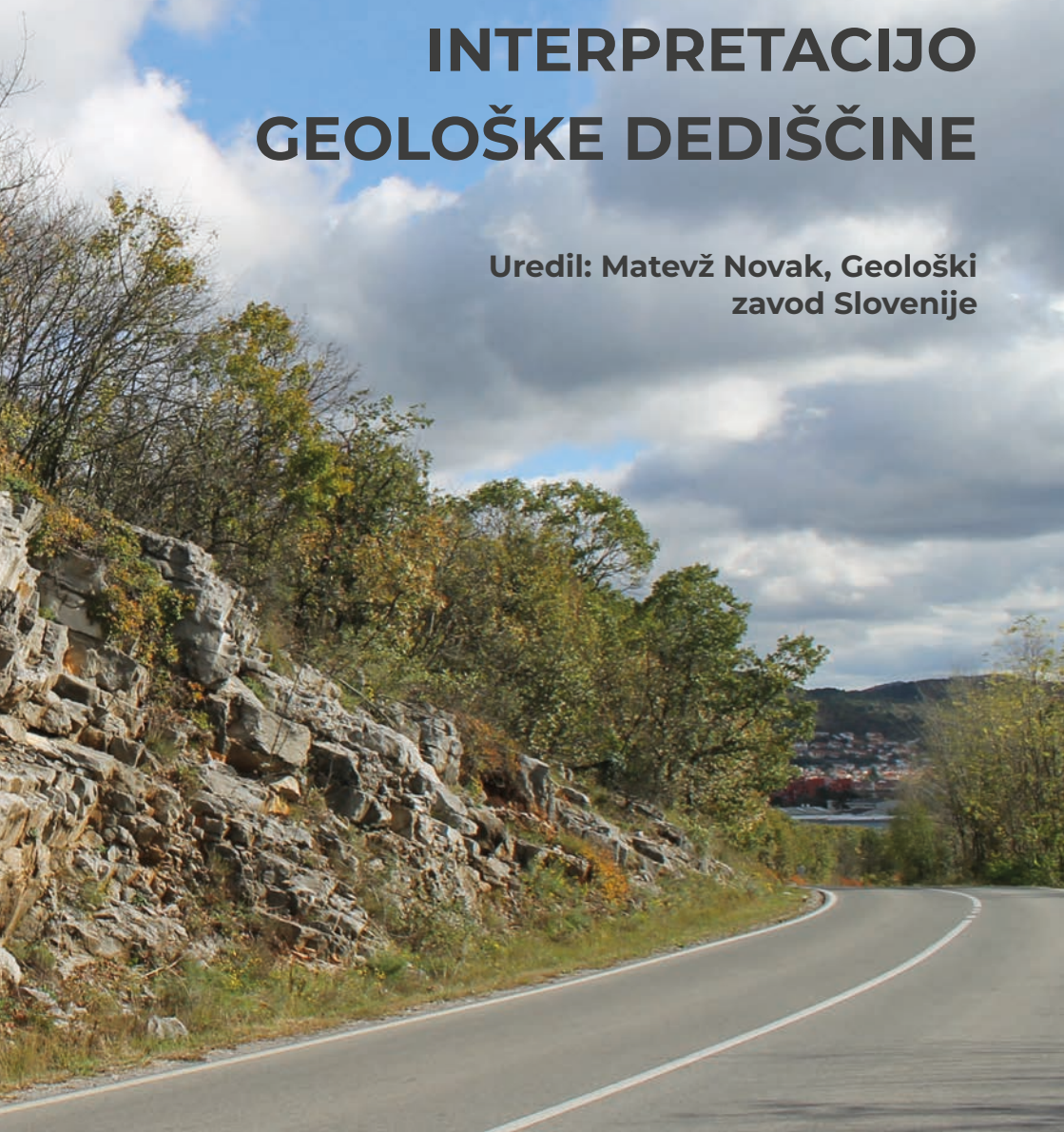


PRIROČNIK ZA INTERPRETACIJO GEOLOŠKE DEDIŠČINE

**Uredil: Matevž Novak, Geološki
zavod Slovenije**



Avtorja

Matevž Novak in Bogdan Jurkovšek
Geološki zavod Slovenije

Koordinator

Matjaž Harmel, direktor ZaVita d.o.o.

Grafična in digitalna priprava

Matevž Novak, Petra Gostinčar (Geološki zavod Slovenije), Anna Tamiazzo, Lorenzo Oretti (eco&eco Economia ed Ecologia srl)

Tisk

Deželni tiskovni center Avtonomne dežele Furlanije - Julijske krajine
Trst, maj 2023

Avtorizacije in omejitve

Slike dinozavrov iz Ribiške vasi so uporabljene z dovoljenjem Superintendence ABAP FVG - MiC in nadaljnja reprodukcija je prepovedana.

Citirajte na način

Novak M. in Jurkovšek B. (2023): The Classical Karst Geopark. Priročnik za interpretacijo geološke dediščine. Geološka služba – Centralna direkcija za varstvo okolja, energijo in trajnostni razvoj Avtonomne dežele Furlanije-Julijske krajine, 2023, Trst

Copyright © 2023 Avtonomna dežela Furlanija - Julijska krajina
Vse pravice pridržane

Fotografija na naslovnici: Bogdan Jurkovšek

Vsebina priročnika je nastala v sklopu projekta GeoKarst (www.ita-slo.eu/geokarst), sofinanciranega v okviru Programa sodelovanja Interreg V-A Italija-Slovenija 2014-2020 iz sredstev Evropskega sklada za regionalni razvoj. Vodilni partner projekta: Občina Sežana. Ostali partnerji projekta: Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia - Direzione centrale difesa dell'ambiente, energia e sviluppo sostenibile - Servizio geologico, Javni zavod Park Škocjanske jame, Slovenija in Regione del Veneto - Area Tutela e sicurezza del Territorio - Direzione Difesa del Suolo e della Costa.

Vsebina tega priročnika ne odraža nujno uradnih stališč Evropske unije. Odgovornost za vsebino tega priročnika pripada avtorjema.

VSEBINA

Uporabnikom priročnika

1 POVEZAVA KRASA Z GEOLOGIJO

2 GEOLOŠKA ZGODOVINA GEOPARKA

2.1 Svet v času nastajanja kamnin Krasa

2.2 Območje nastajanja kamnin Krasa

3 ZNAČILNI FOSILI GEOPARKA

3.1 Školjke

3.2 Foraminifere ali luknjičarke

3.3 Vretenčarji

4 KAMNINE IN GEOLOŠKE ENOTE GEOPARKA

4.1 Spodnje- do zgornjekredni apnenci, dolomiti in breča

4.2 Zgornjekredni rudistni apnenci s plastmi ploščastih apnencev, bogatimi s fosili

4.3 Zgornjekredno-paleocenski apnenci; priče velikih sprememb na kredno-paleogenski meji

4.4 Paleocenski in eocenski foraminiferni apnenci

4.5 Fliš globokega srednjeeocenskega oceanskega bazena

5 KDAJ IN KAKO JE OZEMLJE GEOPARKA POSTALO KOPNO?

5.1 Tektonski procesi, ki so kamnine plitvomorske platforme dvignili na kopno

5.2 Sedanja geološka struktura Krasa

6	KAMNOLOMI IN VRSTE KRAŠKEGA NARAVNEGA KAMNA
7	HIDROGEOLOGIJA OBMOČJA GEOPARKA
7.1	Vodonosnik Krasa
7.2	Vodonosni sistem Reke in Timave
8	POVZETEK GLAVNIH GEOLOŠKIH POSEBNOSTI GEOPARKA KRAS-CARSO
9	SLIKOVNI PRIPOMOČEK
10	GEOLOŠKA DEDIŠČINA SLOVENSKEGA MATIČNEGA KRASA
10.1	Škocjanske jame in Kačna jama (geotočki 53 in 49)
10.2	Jama Vilenica (geotočka 24)
10.3	Slepe doline Matarskega podolja: slepa dolina Odolina (geotočka 61)
10.4	Tomajski apnenec s fosili (geotočka 34)
10.5	Kamnolom rudistnega apnenca Lipica (geotočka 45)
10.6	Prelomna cona Raškega preloma (geotočka 38)
11	GEOLOŠKA UČNA POT: Od fliša do fliša čez kraško antiklinalo po Jakobovi poti
11.1	Uvod
11.2	Opis učne poti in opazovalnih točk
12	REFERENCE IN DODATNI VIRI
13	SEZNAM IN ZEMLJEVID GEOLOŠKIH TOČK

Uporabnikom priročnika

Priročnik je namenjen vsem, ki so postavljeni pred težko nalogo predstaviti geologijo laičnim obiskovalcem matičnega Krasa. V prvi vrsti je namenjen turističnim vodnikom, skrbnikom muzejskih zbirk in učiteljem v šolah na območju geoparka, vendar lahko pride prav tudi upravnikom turističnih znamenitosti in kamnolomov ter vsakemu domačinu, ki živi v bližini katere od geoloških zanimivosti Krasa.

Z namenom, da bi lahko zahtevno geološko snov predstavljali tudi brez poglobljenega znanja geologije, smo v tem priročniku poskusili vsebine napisati na kratko in na uporabniku prijazen način. To je tako, da ga lahko uporabi kot vzorec za predstavitev ključnih in najbolj zanimivih podatkov o geologiji na nekajurnem vodenju po geoparku. Zaradi tega je vsebina priročnika omejena na predstavitev geologije in z njo tesno povezanih podatkov. Vse druge vsebine, kot so geomorfologija (kraške oblike), hidrologija, arheologija in zgodovina ter razlaga koncepta geoparkov, so za razliko od geoloških vsebin bogato opisane v drugih publikacijah o Krasu.

Nekaj razlag ključnih pojmov in zanimivosti, povezanih z geologijo Krasa, je dodanih v okvirih, za pridobitev temeljnega geološkega znanja

in obsežnejše razlage vsebine pa priporočamo uporabo dodatnih virov, ki so navedeni na koncu priročnika.

1. POVEZAVA KRASA Z GEOLOGIJO

(vzorec uvodnega nagovora obiskovalcem)

Matični Kras dolguje svojo identiteto pretežno beli do svetlosivi kamnini, imenovani apnenec, ki predstavlja njegovo hrbtenico. Ta apnenec je nastajal v starodavnih morjih skozi obdobje skoraj 100 milijonov let. Kalcijev karbonat, ki sestavlja apnenec v obliki mineralov kalcita in aragonita, je topen v sladki vodi in ko so te kamnine izpostavljene atmosferskim dejavnikom nad morsko gladino, voda deluje kot fino dleto, ki kleše apnenec v značilne oblike. Te oblike so po raznolikosti in lepoti na Krasu tako izjemno dobro zastopane, da jih imenujemo kar kraške, oblika površja (geomorfološki pojav) pa je po tem območju dobila ime kras.

morij, v katerih so ti apnenci nastali. Pripovedujejo o tem, kako sta bila videti okolje in življenje v geološki preteklosti in kako sta se skozi čas spreminjala.

Čeprav se nepazljivemu obiskovalcu zdijo vsi apnenci na kraški planoti skoraj enaki, lahko pozorno oko opazi razlike v debelini plasti, barvnih odtenkih in svojevrstnih fosilih. Vsaka plast teh kamnin predstavlja en list debele knjige dolge geološke zgodovine Krasa. Notranja struktura kamnine, minerali in fosili so črke te geološke kronike. Posredujejo fascinantne informacije o globini, temperaturi in slanosti starodavnih

2. GEOLOŠKA ZGODOVINA GEOPARKA

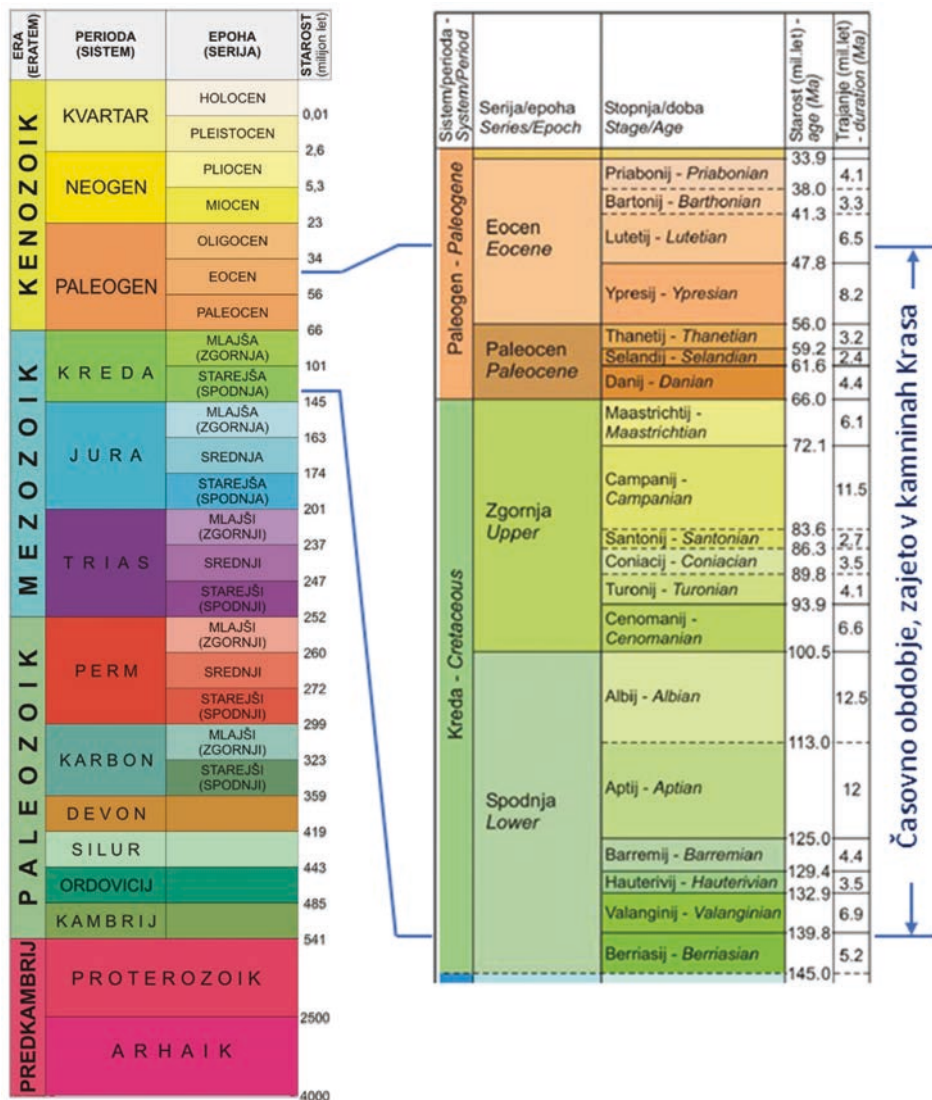
Poglavja geološke kronike matičnega Krasa so postavljena daleč pred zgodovino človeštva v geološki obdobji krede in paleogena, med mezozoik in kenozoik. V kamninah Krasa je zajeto časovno obdobje skoraj 100 milijonov let od začetka krede, pred približno 140 milijoni let, do sredine eocena, pred približno 45 milijoni let (Slika 1).

2.1 Svet v času nastajanja kamnin Krasa

Pri razlagi, da so apnenci Krasa nastajali v morju, si številni obiskovalci to predstavljajo zelo statično, torej, da je območje Krasa, prav tako kot je danes, nekoč preplavljalo morje. Treba jih je opozoriti, da se Zemljino površje skozi geološko zgodovino sicer zelo počasi, a neprestano spreminja in da območje, kjer so nastajale kamnine današnjega Krasa, še zdaleč ni bilo podobno današnjemu.

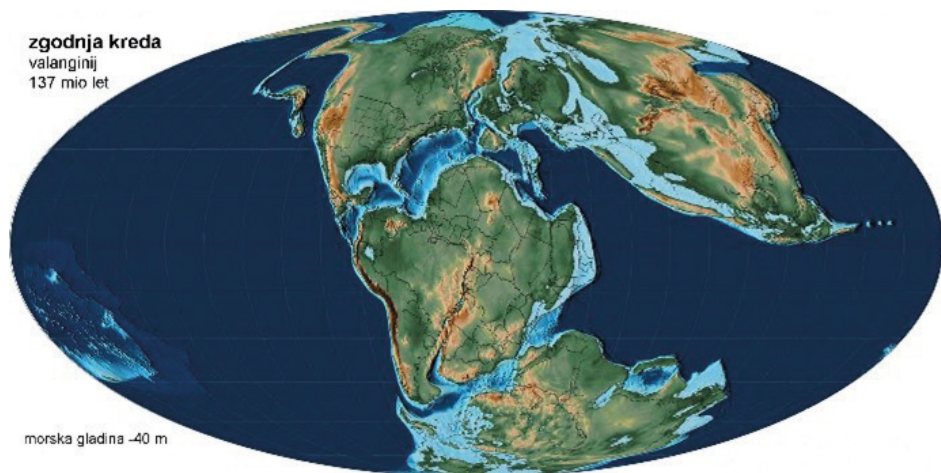
V obdobju krede je bilo ne le okolje, v katerem so nastajale kamnine, ki gradijo Kras, ampak ves svet videti precej drugače kot ga poznamo danes. Šele na začetku pozne krede se je med Afriko in Južno Ameriko odprl južni Atlantski ocean, Indija pa se je dokončno ločila od Afrike in začela svojo pot, ki jo je sčasoma pripeljala do trka z Azijo. Severna Amerika je bila še vedno povezana z Evropo, Avstralija pa z Antarktiko. Proti koncu

krede so se prej velike in razčlenjene kopenske mase starega velekontinenta Gondvana premaknile do Evrazije, kar je povzročilo nastanek ogromne Alpsko-Himalajske gorske verige (Slika 2).



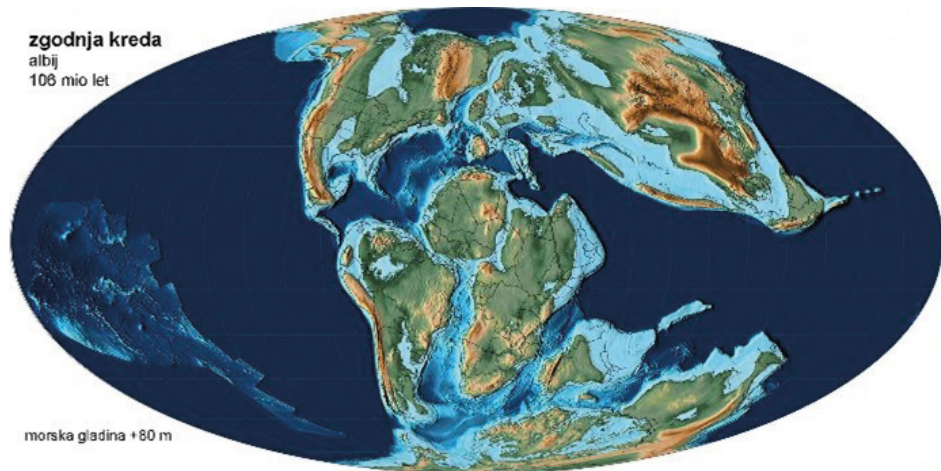
Slika 1: Del geološke zgodovine, ki je zapisan v kamninah Krasa (Prirejeno po Jurkovšek et al., 2013 in Rman & Novak, 2016)

zgodnja kreda
valanginij
137 mio let

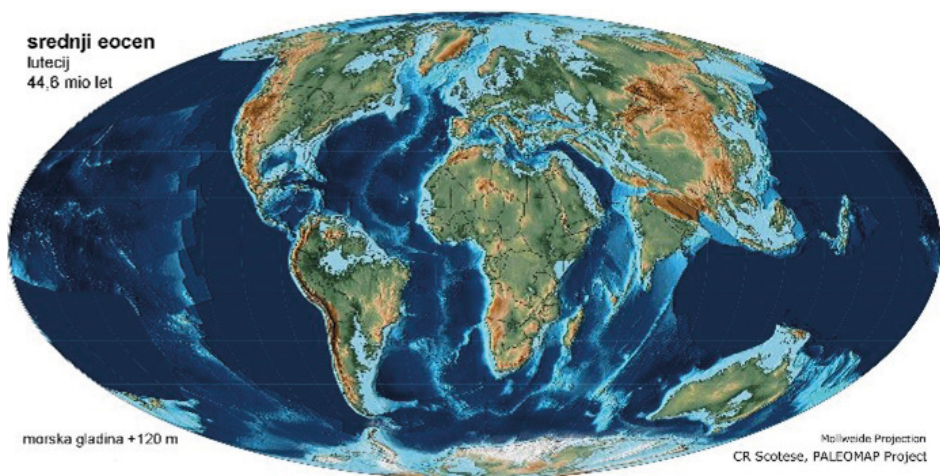


morska gladina -40 m

zgodnja kreda
albij
106 mio let



morska gladina +80 m



Slika 2: Spreminjajoči se svet od zgodnje krede do srednjega eocena, v času nastajanja kamnin, ki gradijo Kras (po: Scotese, 2014; PALEOMAP Project)

ZANIMIVOST

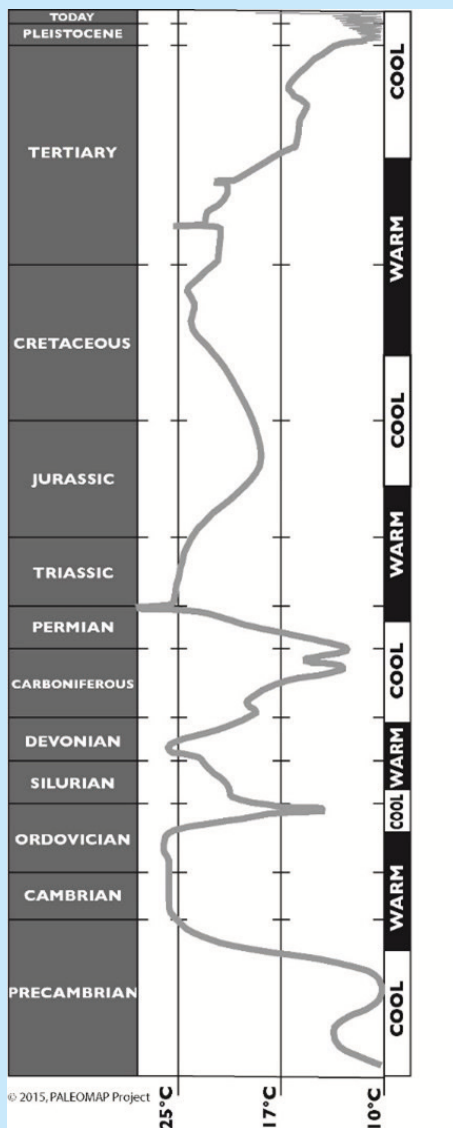
Globalno segrevanje. Kako toplo je danes podnebje na Zemlji?

Danes poslušamo veliko razprav o podnebnih spremembah, učinku tople grede, dvigu morske gladine, emisijah CO₂ in potencialnih učinkih teh pojavov na družbo, človeštvo in zemeljske ekosisteme. V tej luči je zgodba, ki jo pripovedujejo kamnine Krasa, še posebej zanimiva.

Vprašajte obiskovalce kaj mislijo; ali danes živimo v zelo hladnem obdobju, v zelo toplem obdobju, ali nekje vmes glede na razmere v geološki zgodovini. Po naših izkušnjah pod vplivom omenjenih razprav večina obiskovalcev odgovori, da v zelo toplem.

Resnica pa je prav nasprotna. V vsej geološki zgodovini je bilo samo nekaj zelo kratkih obdobj tako hladno kot je sedaj, ves ostali čas pa je bilo topleje (Slika 3).

Obdobje pozne krede je bilo eno najtoplejših obdobj v Zemljini zgodovini. Takrat je bila povprečna letna temperatura na severni polobli v poletnih mesecih nad 20 °C (po nekaterih modelih celo 27 °C), več kot 5 °C višja od povprečja zadnjih 30 let (ki je tik pod 15 °C), vsebnost CO₂ v atmosferi je bila 3–6-krat višja. Pri tako visokih temperaturah ni bilo ledenih pokrovov na polih in gladina morja je bila 50 do 100 m višja od današnje. Do konca krede je temperatura padla na približno 16,2 °C, do srednjega eocena pa na 13,9 °C. Temperaturnim nihanjem so sledila močna nihanja morske gladine, ki se je večkrat dvignila za več kot 120 m in znižala za več kot 40 m glede na današnjo gladino. Opisane razmere so bile podobne najbolj črnim scenarijem, ki bi se lahko zgodili do konca tega stoletja po napovedih Medvladnega odbora za podnebne spremembe (IPCC, 2018).



Slika 3: V zadnjih 2 milijardah let se je podnebje na Zemlji spreminjalo med hladno "ledeno hišo" (»ice house«), kakršen je današnji svet, in soparno "toplo gredo" (»greenhouse«), kakršen je bil svet dinosavrov. Ta grafikon prikazuje, kako se je globalno podnebje spreminjalo skozi čas (Scotese, 2015; PALEOMAP Project; <http://www.scotese.com/climate.htm>)

2.2 Območje nastajanja kamnin Krasa

Območje Krasa sestavljajo sedimentne kamnine nekdanje **Jadransko-Dinarske karbonatne platforme**. Ta plitvomorski prostor v oceanu Tetida, na katerem se je odlagal karbonatni sediment, je nastal na t. i. **Jadranski mikroplošči** (Slika 4). Majhna Jadranska tektonska plošča je bila sprva del Afriške tektonske plošče, v mezozoiku pa se je od nje ločila in pred njo potovala proti severu. V kredi se je nahajala približno 2.000 kilometrov južneje od današnje lege, znotraj (sub)tropskega podnebnega pasu. Na teh zemljepisnih širinah so bili idealni pogoji za nastanek apnenca.

Slika 4: Paleogeografija Evrope v mlajši kredi (pred 75 milijoni let). Jadransko-Dinarska karbonatna platforma je bila na Jadranski mikroplošči (Adria) (po: Scotese, 2014)



RAZLAGA

Kaj je karbonatna platforma?

Karbonatna platforma se razvije, ko je nakopičenje karbonatnega sedimenta v morju tolikšno, da se na morskem dnu zgradi relief. Najvišji del te tvorbe je pogosto blizu morske gladine in raven (zaradi česar se imenuje "platforma"), tako da nastane območje z relativno plitvo vodo, podobno laguni. Na zunanjih robovih platforme različno strma pobočja povezujejo njen vrh z okoliškim globokim oceanskim dnom na način, ki spominja na nagnjen pas grušča ob vznožju gore. V nekaterih primerih so lahko te platforme zelo obsežne. Sodobna primera sta na primer Bahami v Mehiškem zalivu (Slika 5) ali Veliki koralni greben v Avstraliji.

Slika 5: Satelitska slika Bahamov, s plitvim morjem (svetlomodra barva) na karbonatni platformi in obdajajočim globokim oceanom (temnomodra barva) (NASA Earth Observatory, 2009)





Slika 6: Današnji zemljevid z območjem, na katerem se pojavljajo kamnine Jadransko-Dinarske karbonatne platforme (prirejeno po Dragičević & Velić, 2002) in detajl severnega dela s Furlanijsko-jadransko platformo (prirejeno po: Consorti in sod., 2021)

Jadransko-Dinarska karbonatna platforma je bila res obsežna, kar dokazujejo njene kamnine, ki se pojavljajo od severovzhodne Italije, po celotni dolžini Dinaridov, vse do Črne gore (Slika 6).

Debelo karbonatno kamninsko zaporedje Krasa je nastalo v notranjem delu Jadransko-Dinarske karbonatne platforme na območju, ki spominja na današnjo bahamsko laguno. Italijanski del tega območja se imenuje tudi Furlanska platforma in ustreza severozahodnemu delu Jadransko-Dinarske karbonatne platforme, ki je bila v času krede z vseh strani obdana z globokim morjem (Slika 6). Okolje na tej platformi se skozi obdobje krede več milijonov let ni veliko spremenilo. Izrazitejše spremembe so se začele v mlajšem delu pozne krede, ko so na platformo začele delovati tektonske sile, povezane z alpsko orogenezo. V zgodnjem eocenu je trk med Jadransko mikroploščo in Evrazijsko ploščo povzročil dviganje Alpske verige in potopitev platforme v globino oceana. O tem dogodku pričajo flišni peščenjaki, ki izhajajo iz erozije dvigajočih se gora in so se odložili, ko je območje, kjer je bila nekoč platforma, na začetku kenozoika (pred 66 milijoni let) zasedlo globoko morje.

3. ZNAČILNI FOSILI GEOPARKA

V tem poglavju so opisane samo tiste skupine fosilov, ki so na Krasu zelo pogoste in tiste, ki so zanimive v svetovnem merilu. Drugi fosili so navedeni pri opisih geoloških enot.

3.1 Školjke

Rudistne školjke ali rudisti so skupina izumrlih školjk zelo nenavadnih oblik. Pojavile so se na koncu jurske dobe in se močno razmahnile v pozni kredi. Skupaj s številnimi drugimi rastlinami in živalmi so v množičnem izumiranju ob koncu krede izginile.

V obdobju pozne krede so se rudistne školjke, popolnoma prilagojene na to, da so živele pritrjene na različne podlage, razvile v neverjetno število vrst različnih oblik (Slika 7), ki geologom pomagajo določiti relativno starost kamnin. Najbolj značilne spominjajo na kravji rog. Lupini sta popolnoma različni, pri čemer je velika stožčasta lupina običajno tista, ki je pritrjena na morsko dno, majhna zgornja lupina v obliki kapice pa služi kot pokrov (Slika 8). Rudisti so bili veliki od le nekaj centimetrov do več kot en meter. Med pozno kredo so rudisti vladali plitvinam tropskih morij, kjer so njihove kolonije tvorile obsežne rudistne trate in grebene. Njihove lupine predstavljajo pomemben sestavni del krednih karbonatnih kamnin in

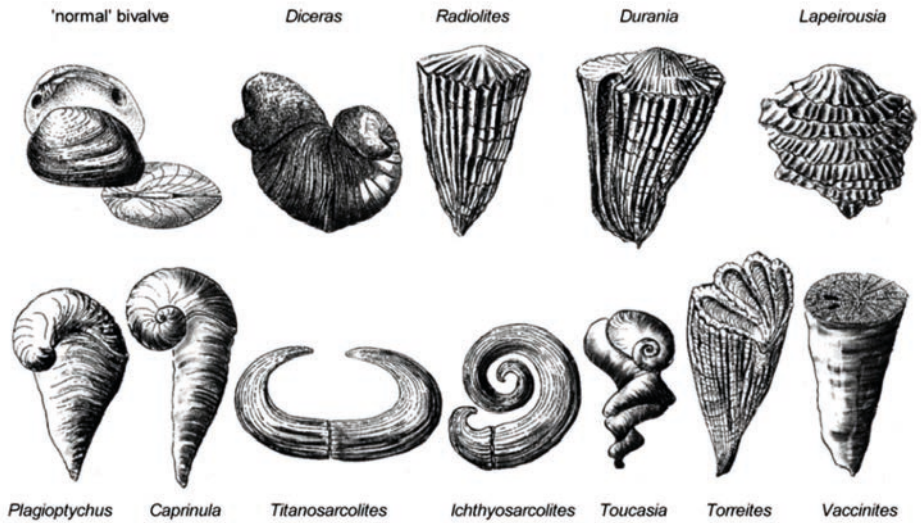
so eden od geoloških pečatov Krasa. V nekaterih primerih so se razrasli v tako velikem številu, da se zdi, da so kamnine skoraj v celoti sestavljene iz njihovih lupin (Slika 9).

Hondrodontne školjke so še ena izumrla skupina školjk, ki je pogosta v zgornjekrednih apnencih. Tudi te ostrigam podobne školjke so živele samo v obdobju krede. Živele so delno vkopane v mehko morsko dno podobno, kot danes leščurji (Slika 10). Dosegle so lahko velikost 50 cm. Med njimi je najbolj značilna vrsta *Chondrodonta joannae*, ki je videti kot podolgovat ali pahljačast list z valovitimi vzdolžnimi rebri (Slika 11). V kamnu so prečni preseki vidni kot različno debele žagaste proge (Slika 12).

Pri opisovanju fosilov lahko obiskovalcem omenite geološko analogijo z izrekom, ki ga uporabljajo zgodovinarji, in sicer, da je preteklost ključ za razumevanje sedanjosti. V geologiji namreč še posebej velja tudi obratno, torej da je sedanjost ključ za razumevanje preteklosti. Zakaj? V začetku smo napisali, da je Zemlja živ planet, na katerem se vse nepre-

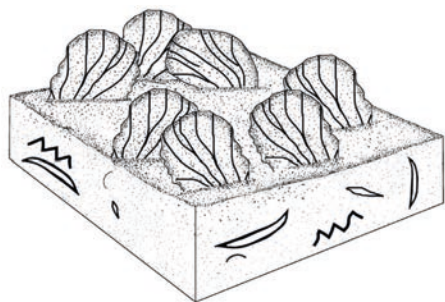
Slika 8: Značilna oblika rudistne školjke (po: Carnets de nature; Fossiles d'Europe, Editions Milan, 1999)

Slika 7: Različne oblike lupin rudistnih školjk (po: Schumann & Steuber, 1997)



Slika 9: Polirana plošča Lipiškega apnenca s presekom rudistnega grozda (foto: Bogdan Jurkovšek)



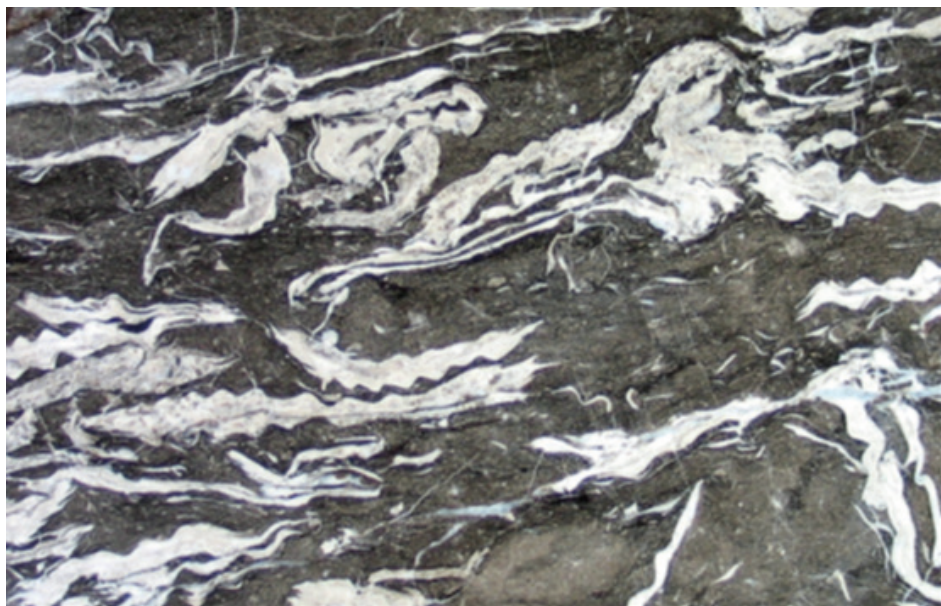


Slika 10: Rekonstrukcija hondrodontnih školjk na morskem dnu in njihovi značilni prerezi (po: Ayoub-Hannaa & Fürsich, 2011)



Slika 11: Zgornjekredni apnenec s fosilom hondrodontne školjke, najden pri Coljavi (foto: Bogdan Jurkovšek)

Slika 12: Preseki hondrodontnih školjk v dolomitu severno od Sežane (foto: Bogdan Jurkovšek)



stano spreminja. Nekaj pa je vendarle konstantno, in sicer fizikalni in kemijski zakoni. Ker so oblike življenja odvisne od fizikalno-kemijskih pogojev, to pomeni, da so z veliko verjetnostjo sorodni organizmi v geološki preteklosti živeli v enakih okoljih kot današnji. Ker danes leščurji in ostrige poseljujejo plitva morska okolja, njihovo pojavljanje v plasteh krednih apnencev kaže, da so nastale v enakem okolju.

3.2 Foraminifere ali luknjičarke

Foraminifere ali luknjičarke so enocelični organizmi z različno oblikovanimi hišicami. Večina je mikroskopsko majhna in nekatere živijo kot plankton v vodnem stolpcu, druge so večje in živijo kot bentos na morskem dnu.

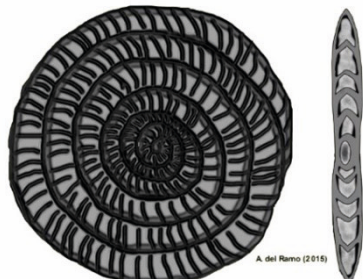
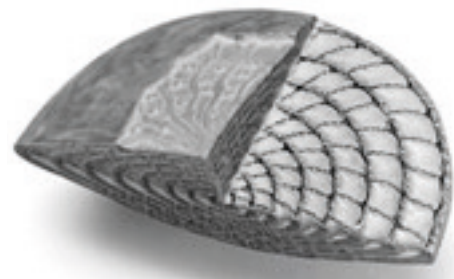
Velike bentoške foraminifere – skupina velikih foraminifer s kalcitnimi

hišicami, ki so živele na morskem dnu. V kraških apnencih je veliko različnih velikih foraminifer.

Numulitine so izumrla skupina velikih luknjičark, ki so živele na morskem dnu v paleocenu in eocenu. Imele so ploščate ali lečaste, spiralasto zavite apnenčaste hišice, pregrajene v majhne kamrice. Bile so ene največjih enoceličnih organizmov na Zemlji, nekakšni enocelični dinozavri. Velike so lahko tudi več kot 3 cm. Ker spominjajo na starodavne kovance, so jih paleontologi poimenovali numuliti (iz latinske besede *nummus*, kar pomeni novčič). V apnencu so njihove vzdolžne površine videti kot svetli gumbi, prečni preseki pa kot tanke, podolgovate lestvice (Slika 13). Velikokrat najdemo tudi samostojne primerke, naravno izlužene s prepele površine apnenca (Slika 14).

Alveoline imajo posebno strukturo, za katero je značilna prisotnost številnih kamric, ki so, če jih opazujemo z ročno lupo, videti kot majhne okrogle luknjice (Sliki 15 in 16). Ime izvira iz latinske besede *alveolus*, kar

Slika 13: Vzdolžni in prečni prerez hišice numulitine (po: Zittel, 1876 in del Ramo, 2015)



Slika 14: Kovancem podobni numuliti, naravno izluženi iz preperele kamnine pri Beki (foto: Matevž Novak)



Komna in Tomaja pa je bilo najdenih toliko izjemno dobro ohranjenih fosilov rib, da so tamkajšnje plasti poimenovali ribji skrilavci. Poleg rib je bilo tam najdeno tudi okostje želve.

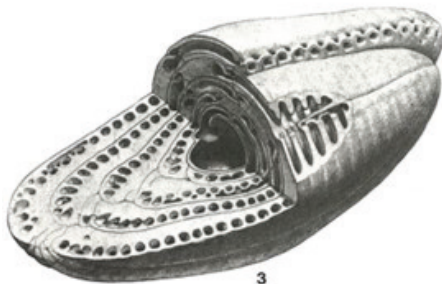
pomeni majhno vdolbino ali luknjico. Pogosto nastopajo skupaj z numuliti, od katerih se razlikujejo po beli barvi porcelanskih hišic in bolj izbočenih, lečastih oblikah, nekatere so skoraj kroglaste.

3.3 Vretenčarji

Ribe, raki, želve, krokodili, dinozavri

– V posebnih razmerah so se v kamninah, nastalih pri sedimentaciji v mirnih okoljih z malo kisika, ohranili tudi sicer redko fosilizirani kopenski vretenčarji ali tisti z bolj krhkimi skeleti. V Ribiškem naselju (Villaggio del Pescatore) sta bili skupaj z ostanki krokodilov, rakov, rib kostnic in pterozavrov najdeni dve okostji dinozavrov, ki sodita med najpopolnejše in najbolj ohranjene na svetu. V črnih ploščastih apnencih na območjih

Slika 15: Vzdolžni in prečni prerez hišice alveolinide (po: Checchia-Rispoli, 1905)





Slika 16: Alveolinidna foraminifera, kakor jo vidimo pod mikroskopom (foto: Matevž Novak)

OPOZORILO!

Zakon o ohranjanju narave določa splošno varstvo za vse fosile, minerale in njihova nahajališča, tako da se ti ne poškodujejo ali uničijo. Strožje varstvo je določeno za zavarovana nahajališča, naravne vrednote in za izjemne ali redke vrste mineralov in fosilov, kakršni so na Krasu fosilni vretenčarji.

In še prošnja za vodnike.

Po naših izkušnjah formalno varovanje s predpisi in prepovedmi kaj malo zaleže, če ljudje ne vedo, zakaj je potrebno. Najučinkovitejši način preprečevanja ali vsaj omejevanja nabiranja fosilov in mineralov je izobraževanje o njihovi veliki vrednosti. Zato razložite obiskovalcem, da so fosili, tako kot minerali in kamnine, pomembni pričevalci Zemljine preteklosti. Njihovo poznavanje omogoča razumevanje geoloških procesov in vpogled v skrivnosti nastajanja in razvoja življenja na Zemlji. Njihov odvzem ali poškodovanje je približno primerljivo z brisanjem črk in besed v edinem izvodu kakšne zelo stare zgodovinske knjige. Vse kar danes vemo o nastanku in razvoju življenja na našem planetu, vemo na podlagi fosilnih ostankov.

ZANIMIVOST

Mikroskopski svet kraškega kamna

Pri opazovanju do prosojnosti stanjšanih ploščic vzorcev kraških apnenec pod mikroskopom se nam odpre popolnoma nov svet z osupljivo lepimi mikrofosili.

Mikrofosili so ostanki različnih skupin organizmov, ki so običajno manjši od 0,5 milimetra. Ker se definicije zgornje meje velikosti razlikujejo, je najbolje reči, da so to vsi tisti fosili, ki jih moramo opazovati z mikroskopom, da bi videli, kako so zgrajeni, in ugotovili, kateri vrsti pripadajo.

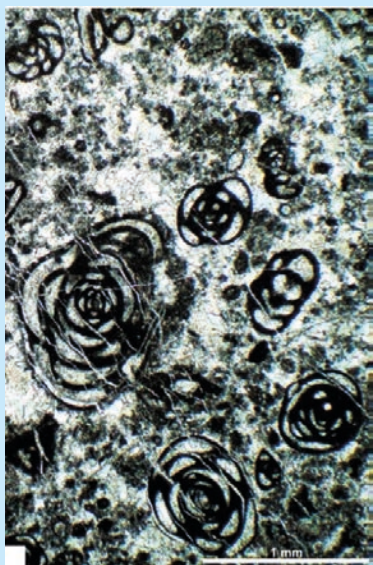
Nekateri redki predstavniki skupin zelo majhnih fosilnih organizmov, ki jih sicer uvrščamo med mikrofosile, so znatno presegli velikost svojih sorodnikov in dosegli velikosti več milimetrov ali celo centimetrov. Take »mikrofosile«, kot so na primer velike bentoške foraminifere, lahko v kamnu vidimo kar s prostim očesom. Za njihovo opazovanje pride zelo prav ročna lupa s 5- ali 10-kratno povečavo ali kar povečevalno steklo.

Za raziskovanje Zemljine geološke zgodovine so prav mikrofosili najpomembnejša skupina fosilov. Njihove prednosti so v tem, da se pogosto pojavljajo v ogromnem številu, da jih najdemo skoraj v vseh sedimentih in sedimentnih kamninah, da so zelo raznovrstnih oblik, ki so se v evoluciji hitro spreminjale, in da so bili mnogi med njimi vsaj v eni razvojni fazi planktonski in so zato široko razprostranjeni. Zaradi naštetega imajo zelo velik pomen za določanje relativne starosti, korelacije zaporedij sedimentov in sedimentnih kamnin, rekonstruiranje paleookolij, za študij paleoklime in tektonike plošč, v naftni industriji, pri iskanju in sledenju nahajališč mineralnih surovin in tako naprej. Med najbolj uporabnimi so luknjičarke ali foraminifere, mreževci ali radiolariji, diatomeje, modrozeleni cepčivke, spikule (iglice) spužev, mahovnjaki, ostrakodni raki, deli vretenčarjev (konodonti, zobje, koščice, ribje luske), rdeče in zelene alge ter rastlinske spore in pelodi. Sledi nekaj fotografij značilnih mikrofosilov v zbrušenih ploščicah vzorcev kamnin s Krasa pod mikroskopom (Slike 17–19).

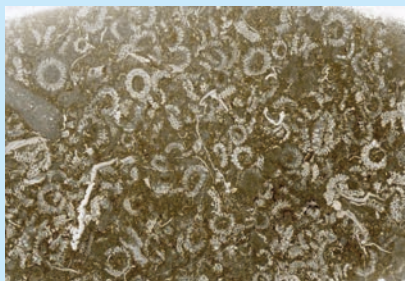
*Slika 17: Velike bentoške foraminifere (alveoline in numuliti) iz Dutovelj
(foto: Matevž Novak)*



Slika 18: Majhne miliolidne foraminifere iz Krepelj (foto: Bogdan Jurkovšek)



Slika 19: Zelene alge rodu Clypeina iz Rakitovca (foto: Matevž Novak)



4. KAMNINE IN GEOLOŠKE ENOTE GEOPARKA

Zaradi dolgotrajne stabilnosti Jadransko-Dinarske karbonatne platforme se je na njej odložila debela skladovalnica karbonatnih sedimentov. Iz njih je nastalo skoraj 1.500 metrov debelo zaporedje karbonatnih sedimentnih kamnin, ki gradijo ozemlje matičnega Krasa.

Zaporedje kamnin Krasa je razdeljeno na več geoloških enot. V tem priročniku je stolpec poenostavljen tako, da so kamnine Krasa razdeljene na pet najbolj prepoznavnih enot. Naslednji opisi jih predstavljajo v stratigrafskem vrstnem redu, to je od najstarejše do najmlajše. Njihova prostorska razporeditev je prikazana na geološki karti (Slika 46).

4.1 Spodnje- do zgornjekredni apnenci, dolomiti in breča

To so najstarejše karbonatne kamnine Krasa, ki so se odlagale pred približno 140 do 90 milijoni let, večinoma v mirnem okolju plitve lagune. Večina teh kamnin je apnenec, pojavlja se tudi dolomit. Medtem ko je apnenec pretežno sestavljen iz minerala kalcita, je dolomit kamnina, v veliki meri sestavljena iz minerala dolomita, ki je tesno povezan s kalcitom (oba sta karbonatna minerala), vendar ima nekoliko drugačno kemično sestavo in drugačno

strukturo. Zato je dolomitna kamnina v vodi slabše topna od apnenca. Med najstarejšimi kamninami Krasa pogosto najdemo temnosiv dolomit.

V časih nizke morske gladine so obsežni deli Jadransko-Dinarske karbonatne platforme okopneli in izpostavili apnenec raztapljanju in oblikovanju kraških oblik, ki so povsem podobne tistim, ki nastajajo danes. Pojavi, ki nakazujejo kraško prepeprevanje v geološki preteklosti, kot so kraške votline, zapolnjene s sedimenti in sigo, se imenujejo paleokras. Do izrazito dolgotrajne kopne faze je prišlo pred okoli 110 milijoni let. Ta faza sovpada z globalnim znižanjem morske gladine (geologi ga imenujejo "evstatični padec morske gladine"). O njej na Krasu priča plast breče, debelozrnate klastične sedimentne kamnine, sestavljene iz oglatih klastov ali odlomkov, v katere so pri prepeprevanju in eroziji razpadle starejše kamnine. Ta breča, ki se v ozkem pasu vije čez Kras, je nastala, ker so bile kamnine platforme, ko so bile izpostavljene na kopnem, razdrobljene in erodirane v votline, nastale zaradi potekajočega kraškega raztapljanja (Slika 21).

Po tem dolgem obdobju kopne faze se je gladina morja ponovno dvignila in spet so se vzpostavila morska okolja. Apnenci, nastali v tem ob-

dobju, vsebujejo številne fosile, kot so foraminifere in zelene alge dazikladaceje. Najdemo lahko tudi med nevihtami odložene lupine rudistnih školjk, ki so ponekod nakopičene v plasteh, vendar jih je malo.

Slika 21: Breča, ki priča o daljših obdobjih okopnitve karbonatne platforme (v Brestoviškem dolu) (foto: Bogdan Jurkovšek)

4.2 Zgornjekredni rudistni apnenci s plastmi ploščastih apnencev, bogatimi s fosili

Večji del zgornjekrednih plasti Krasa gradi svetel siv do bel apnenec, ki večinoma nastopa v več decimetrov debelih plasteh ali pa plasti sploh niso izražene. Ena najbolj značilnih lastnosti te kamnine je prisotnost rudistnih školjk, ki so lahko bolj ali manj številne, ohranjene cele ali razdrobljene na različno velike kose (Slika 22). Pri Sežani in v Svetišču na Tabru najdemo v apnencu te enote tudi bogata nakopičenja lupin hondodontnih školjk.



RAZLAGA

Kaj so sedimenti in kaj sedimentne kamnine?

Sedimentne kamnine nastanejo s strjevanjem **sedimenta**, ki ga tvori jo nakopičena sedimentna zrna. Taka nakopičenja nastanejo, ko vetter, voda ali težnost ne zmorejo več premeščati zrn. Običajno je to ob vznožju ledenikov, v rečnih dolinah, jezerih, puščavah ter predvsem v morjih in oceanih.

Takoj po odložitvi je sediment (na primer karbonatno blato) še mehak in nevezan, potem se v procesu kompakcije zgosti in z vezivom (najpogosteje s kalcitnim cementom) sprime v trdo kamnino. Ta proces imenujemo **diageneza**. Z njim opisujemo vse spremembe, ki potekajo v sedimentu od njegove odložitve do strditve (litifikacije) v **sedimentno kamnino** in tudi vse poznejše spremembe, ki jih doživlja že trdna kamnina zaradi sprememb temperature in/ali tlaka.

Sedimentna zrna nastajajo na dva načina. Prvi način je s preperevanjem in erozijo starejših kamnin. Kamnino, nastalo iz takih zrn (ali klastov), imenujemo **klastična sedimentna kamnina**. Pri drugem načinu sedimentna zrna nastajajo z izločanjem neposredno iz vodne raztopine. Takim kamninam rečemo **kemične sedimentne kamnine**. Največ zrn v resnici predstavljajo skeleti različnih organizmov (na primer školjčne lupinice), zato takšne kamnine imenujemo **biokemične sedimentne kamnine**. Mineralizirani skeleti so skoraj v celoti sestavljeni iz kalcijevega karbonata (minerala kalcit ali aragonit). Ko se tak sediment strdi, nastane kamnina, imenovana apnenec.

ZANIMIVOST

Nihanje gladine morja

Plitvomorsko okolje, v katerem so nastajale kamnine Krasa, se v obdobju krede ni dramatično spreminjalo. Kljub temu so ob nihanju morske gladine zaradi plitve vode vsaj nekateri deli občasno okopneli. Geologi take okopnitve imenujejo tudi emerzije. Pri tem je pomembno upoštevati, da se gladina morja lahko spreminja v različnih časovnih obdobjih in iz različnih razlogov. Vsi poznamo plimo in oseko, vsakodnevno nihanje morske gladine, ki je posledica gravitacijske privlačnosti lune. Obstajajo pa tudi pojavi, ki lahko povzročajo te spremembe globalno v daljših časovnih obdobjih. Taki so na primer nastanek ali taljenje ledenih pokrovov na polih ali navpični premiki Zemljine skorje navzgor ali navzdol, na primer tisti, ki povzročajo rast gorske verige. Karbonatne platforme so še posebej podvržene tem spremembam, ker je velik del njihovega površja tako plitev, da lahko že zmerno nihanje morske gladine povzroči okopnitev ali potopitev velikih območij.

RAZLAGA

Geološki ali litostratigrafski stolpec

Geološke enote, ki združujejo genetsko sorodne kamnine, to je kamnine, nastale v približno enakih razmerah, geologi imenujejo formacije - včasih nadalje razdeljene na manjše dele, imenovane členi. Eden od načinov predstavitve takih enot na določenem območju je geološki ali litostratigrafski stolpec (Slika 20). V litostratigrafskem stolpcu (beseda litostratigrafija, izhaja iz grških besed lithos, kar pomeni kamnina, in strata, kar pomeni plasti) so formacije nanizane od najstarejše na dnu do najmlajše na vrhu, kakor so nastale v geološki zgodovini. Pri taki upodobitvi geoloških enot Krasa se odražajo glavne faze razvoja okolja na tem območju v skoraj 100 milijonov let dolgem obdobju. Za nekatere od teh enot slovenski in italijanski geologi uporabljajo različna imena, nekateri deli zaporedja so tudi drugače razčlenjeni.

Slika 20: Geološki stolpec, ki prikazuje geološke enote geoparka, podrobnejšo razčlenitev na litostratigrafske enote (formacije) in okolja nastanka (Br - breča, K - Komenski apnenec, T - Tomajski apnenec) (po: Jurkovšek in sod., 2016 in Consorti in sod., 2021)

starost		kamnine	lito-stratigrafske enote	litološki stolpec		okolje nastanka	debelina [m]
KREDA	PALEOGEN						
	PALEOGEN	EOCEN	menjavanje laporovcev in peščenjakov (fliš)	Fliš		oceanski bazen	> 400
			Prehodne plasti		pro-delta		
		foraminiferni apnenci	Miliolidni in Alveolinsko-numulitni apnenec		odprta platforma		80-450
		apnenci	Liburnijska formacija		morsko do sladkovodno		30-450
	ZGORNJA KREDA		rudistni apnenci	Lipiška formacija		kras	
				Sežanska formacija		odprta platforma	
				Repenska formacija		medplimska platforma	500-1000
	SPODNJA KREDA	apnenci, dolomiti in breče	Povirska formacija	Apnenec Monte Coste Člen Repen		nadplimsko - kras	
			Brška formacija	Člen Zolla		laguna	350-1100

Obsežna nahajališča rudistnega apnenca na območju Krasa najdemo na primer pri Lipici, Kazljah, Vrhovljah, Povirju, Gorjanskem, Nabrežini in Briščikih. Apnenci, ki pripadajo tej enoti, zaradi njihove strukture predstavljajo komercialno najbolj dragoceno kamnino na območju Krasa. Pridobivajo jih v številnih kamnolomih kot arhitektonski kamen. Kamnolom *Cava Romana* pri Nabrežini (Aurisina) v Italiji sega v 1. stoletje pr. n. št. Največji kamnolom Lipiškega apnenca (ki je enak italijanskemu apnencu Aurisina) je danes Lipica v

Sloveniji, kjer pridobivajo velike bloke masivnega rudistnega apnenca (Slika 23; glej tudi poglavje Kamnolomi in vrste kraškega naravnega kamna). Poleg Lipiškega apnenca so dragoceni še apnenci vrst Repen, Kopriva in Granitello.

Posebnost te geološke enote je pojavljanje nekaterih najbolj zanimivih in s fosili bogatih kamnin v geoparku, **ploščastih in laminiranih apnencev**. Temno sivi do črni, tankoplastnati, laminirani apnenci vsebujejo plasti ali leče temnosivega do črnega roženca in imajo lahko ob

Slika 22: Rudistni apnenec v cestnem useku pri Divači (foto: Bogdan Jurkovšek)





*Slika 23: Plošči Lipiškega apnenca s presekom rudistnega grozda v tlaku
Sprejemnega centra Parka Škocjanske jame (foto: Matevž Novak)*

lomljenju močan vonj po bitumnu (Sliki 24 in 25). To je zato, ker vsebujejo visoko koncentracijo organskih snovi, ki se je lažje ohranila v vodah z nizko vsebnostjo kisika. Slednja lastnost omogoča tudi hitro fosilizacijo in odlično ohranitev tudi najfinejših struktur organizmov. Takšni apneneci se pojavljajo kot posamični debeli paketi znotraj svetlih debeloplastnatih plitvomorskih apnencev, ki pripadajo različnim formacijam zgornje krede, starim med 95 in 80 milijoni let.

Eden od ploščastih apnencev, imenovan **Komenski apnenec** po vasi Komen (znan tudi kot Komenski skrilavec in v starejši literaturi slavnega hrvaškega paleontologa Dragutina Gorjanović-Krambergerja iz leta 1895 celo ribji skrilavec), vsebuje izjemno dobro ohranjene fosilne ostanke rib, različnih plazilcev in rastlin (Slika 26).

Drugi, nekoliko mlajši ploščasti in laminirani apnenec s tankimi lečami ali plastmi roženca je **Tomajski apnenec**. Pogosto vsebuje številne in dobro ohranjene fosile rib (Sli-

ka 27), želv, amonitov (glavonožci, izumrli sorodniki lignjev z zavitimi apnenčastimi hišicami, ki so bili vladarji morij v srednjem zemeljskem veku (mezozoiku)), planktonskih krinoidov in drugih prebivalcev odprtega morja. Prisotnost fosilnih ostankov rastlin s prevladujočimi iglavci (Slika 28) kaže na neposredno bližino kopnega južno od lagune (Slika 29). Eno najpomembnejših nahajališč fosilov na Krasu je opuščeni kamnolom Tomajskega apnenca Kazlje; glej 10. poglavje).

Komenski in Tomajski apnenec najdemo predvsem v osrednjem in severnem delu Krasa (Slika 30). Nedvomno sodita med najstarejše gradbene materiale na Krasu. Tudi še v poznem 19. in zgodnjem 20. stoletju so domačini nabirali plošče teh kamnin za tlakovanje in kritino.

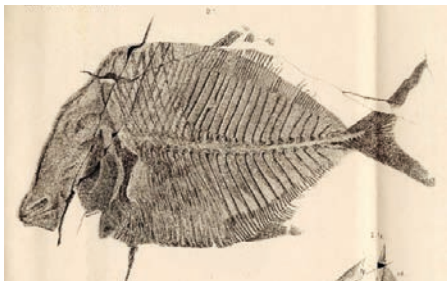
Slika 24: Ploščasti in laminirani Komenski apnenec na Mrtvaškem hribu ob cesti Komen–Škrbina (foto: Matevž Novak)





Slika 25: Značilno laminiran Komenski apnenec s plastjo črnega roženca na Mrtvaškem hribu ob cesti Komen–Škrbina (foto: Matevž Novak)

*Slika 26: Fossil ribe iz Komenskega ploščastega apnenca pri Komnu (foto: Bogdan Jurkovšek) in risba holotipa (prvega opisanega primerka) fosilne ribe *Coelodus vetteri* iz monografije Gorjanović-Krambergerja o fosilnih ribah, ki je izšla leta 1895.*



ZANIMIVOST

Terra rossa

Ko so temni ploščasti apnenci z roženci izpostavljeni atmosferskim dejavnikom, iz njih pri preperevanju nastane debela plast rdečkasto rjave prsti, imenovane jerovica in bolje poznane po imenu terra rossa. Značilno rdečo barvo tej prsti dajejo železovi oksidi, predvsem v obliki drobnih zrn minerala hematita. Na takih tleh zelo dobro uspeva vinska trta.

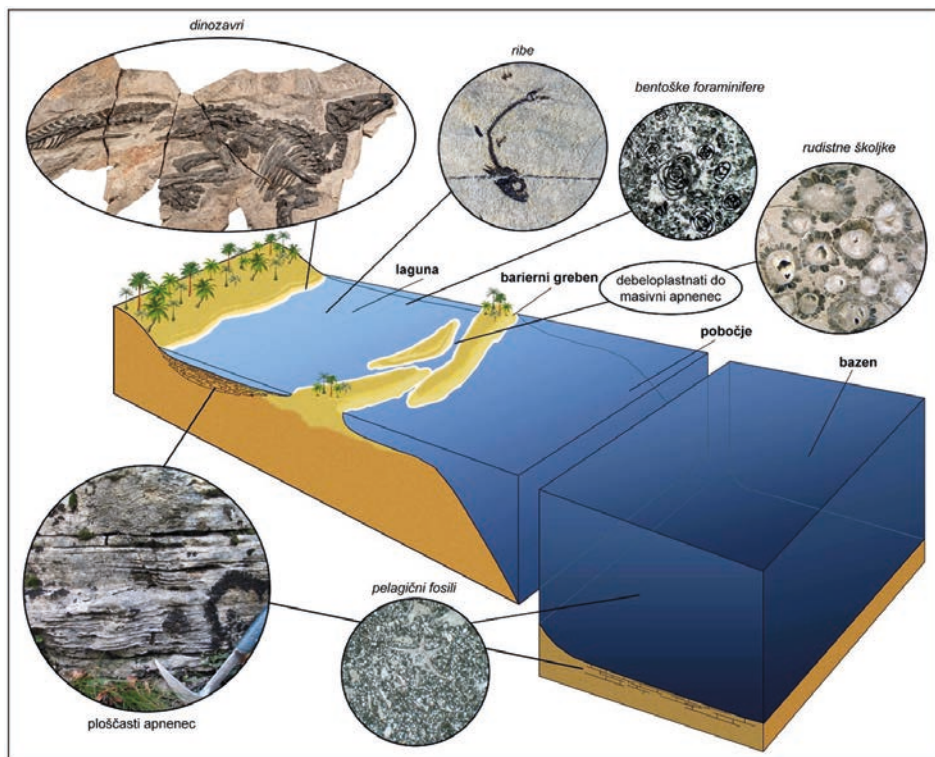
Slika 27: Dve strani ribjega fosila, najdenega na razcepljenih ploščah Tomajskega apnenca pri Križu (Foto: Bogdan Jurkovšek)



Slika 28: Rastlinski fosil iglavca, najden v Tomajskem apnencu pri Kazljah (foto: Bogdan Jurkovšek)



Slika 29: Okolje nastajanja ploščatega ter debeloplastnatega in masivnega (neplastnatega) apnenca na plitvomorski karbonatni platformi, na robu platforme (bariernem grebenu) in v obdajajočem globokomorskem bazenu (model: Vlatko Brčić; foto: Bogdan Jurkovšek in Marino Ierman, Museo Civico di Storia Naturale di Trieste. Slikovno gradivo dinosavra se uporablja s soglasjem Zavoda za varstvo kulturne dediščine Furlanije-Julijske krajine – Ministrstva za kulturo Italijanske republike. Vsakršno razmnoževanje v pridobitne namene je prepovedano.)

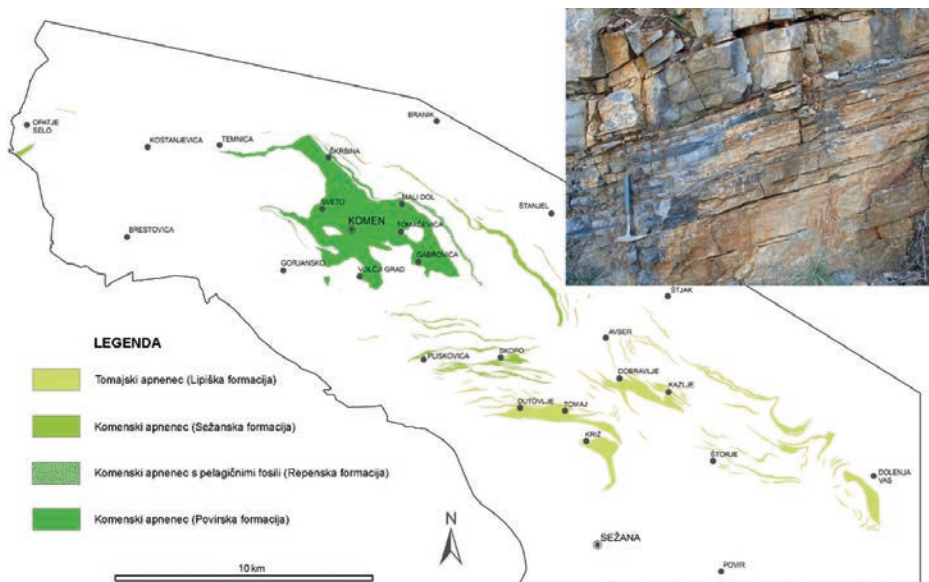


ZANIMIVOST

Zakaj je večina apnencev na Krasu svetla, nekateri pa so temnosivi ali celo črni?

V kredi so zaradi toplega podnebja in visoke gladine morja velike dele celin, ki so danes kopna, prekrivala obsežna plitva, epikontinentalna morja (morja na celinah). To je omogočilo bujen razcvet morskega življenja. V plitvi, dobro prezračeni vodi nastajajo debele plasti svetlih apnencev. Vendar pa sta bila Zemljina pola takrat brez ledu, kroženje vode je bilo počasnejše in koncentracije kisika so bile nižje. To je v bolj zaščitениh in nekoliko globljih predelih lagune na Jadransko-Dinarski karbonatni platformi od časa do časa vodilo do kopičenja črnih, z organskimi snovmi bogatih sedimentov na morskem dnu. Iz teh so nastali zelo tanko plastnati črniapnenci.

Slika 30: Zgornjekredni ploščasti apnenci različne starosti na območju Krasa (prirejeno po: Jurkovšek in sod., 2013). Desno zgoraj: Laminirani Komenski apnec z lečami roženca v Škrbini (foto: Bogdan Jurkovšek)



4.3 Zgornjekredno-paleocenski apneneci; priče velikih sprememb na kredno-paleogenski meji

Na koncu krede so se zgodile velike okoljske spremembe. Zaradi trka med Jadransko mikroploščo in Evrazijsko ploščo se je ozemlje začelo dvigati, kar je na koncu povzročilo nastanek Alp. Kot posledica tega dviga so na Jadransko-Dinarski karbonatni platformi postala značilna okolja s plitvejšo vodo, ki je ponekod zaradi vnosa meteorne sladke vode postala manj slana. Ta okoljska sprememba se je odrazila v kamninah in njihovem fosilnem zapisu. Prevladuje siv do temnosiv plastnat apnenec z vmesnimi plastmi rjavkastega do črnega laporastega apnenca. Fosili so zelo raznovrstni in vključujejo živalske in rastlinske fosile, značilne tako za kopenska okolja kot za okolja s somornico (brakično vodo) ali slano vodo. V morju so prevladovale rudistne školjke in foraminifere (najpogostejša je velika *Rhapydionina liburnica*), na kopnem rastline (iglavci, haracejske alge), tankolupinaste školjke in polži (Slika 31).

Nekateri deli Jadransko-Dinarske karbonatne platforme so ponovno pogledali iz morja in bili podvrženi intenzivnemu zakrasevanju. Nastali so tako površinski kot podzemni kraški pojavi (Slika 32). Rastlinstvo je bilo na okopnelih delih platforme tako bujno, da so v teh kamninah v Vremskem Britofu, Rodiku ter



Slika 31: Temni zgornjekredni apnenec Liburnijske formacije zahodno od Rodika s polžem rodu *Stomatopsis* (foto: Bogdan Jurkovšek)

na širšem območju Lipice in Štorij nahajališča premoga. Pridobivali so ga v 19. in na začetku 20. stoletja.

Širitev kopnih območij nad morsko gladino je omogočila življenje tako dvoživkam kot večjim kopenskim živalim. To dokazujejo odkritja fosilnih ostankov krokodilov ter kosti in zob rastlinojedih dinosavrov, ki pripadajo več družinam (Hadrosauridae, Iguanodontidae in Dromeosauridae). Najbolj odlično ohranjeni fosili so bili najdeni v temnih, tanko laminiranih apnencih iz tega obdobja, ki izdanjajo blizu Ribiškega naselja (Villaggio del Pescatore) pri Trstu (Slika 33). Tam so našli dve popolni okostji hadrozavrov vrste *Tethyshadros insularis*. Poleg hadrozavrov ta apnenec vsebuje tudi ostanke pterozavrov, krokodilov, rib in drugih vretenčarjev (glej 10. poglavje).



V opuščenem kamnolomu Slivno - Slivia vidimo brečo, sestavljeno iz različno velikih blokov apnenca (Slika 36). Tudi ta podorna breča priča o daljšem kopnem obdobju, ki ga je spremljal razvoj obsežnega paleokraškega sistema. **Slivenska breča**, znana tudi pod kamnoseškim imenom Napoleon Slivia ali Breccia Carsica Marble, se je široko uporabljala kot okrasni gradbeni kamen.

Slika 32: Paleokraška površina, prepoznavna po majhni vdolbini v avtocestnem useku pri Kozini. Viden je barvni kontrast med svetlosivim plitvomorskim apnencem in temnosivim apnencem, nastalim v močvirskem kopenskem okolju (foto: Bojan Otoničar)



Slika 33: Laminirani apnenec blizu Ribiškega naselja (Villaggio del Pescatore), v katerih so bili najdeni fosili dinozavrov (foto: Sara Biolchi)

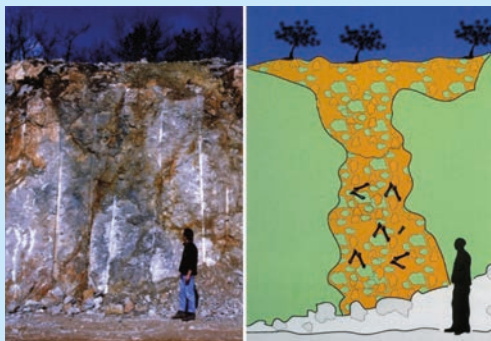
Slika 36: Opuščen kamnolom Slivno - Slivia, ki razgalja paleokraško brečo (po: Consorti in sod., 2021)



ZANIMIVOST

Ali so fosile dinozavrov našli tudi na slovenskem delu Krasa?

Fosilne ostanke zgornjekrednih vretenčarjev, predvsem dinozavrove zobe in kosti, so našli tudi v apnenčevi breči v paleokraškem breznu pri Kozini (Sliki 34 in 35).



Slika 34: Mesto najdbe fosilnih ostankov dinozavrov v breči s kosi apnenca Liburnijske formacije, ki zapolnjuje paleokraško brezno v apnencu Lipiške formacije v avtocestnem useku pri Kozini (po: Košir in sod., 1999)

Slika 35: Breča s kostmi dinozavrov (foto: Matevž Novak) in njihova struktura pod mikroskopom (po: Košir in sod., 1999)

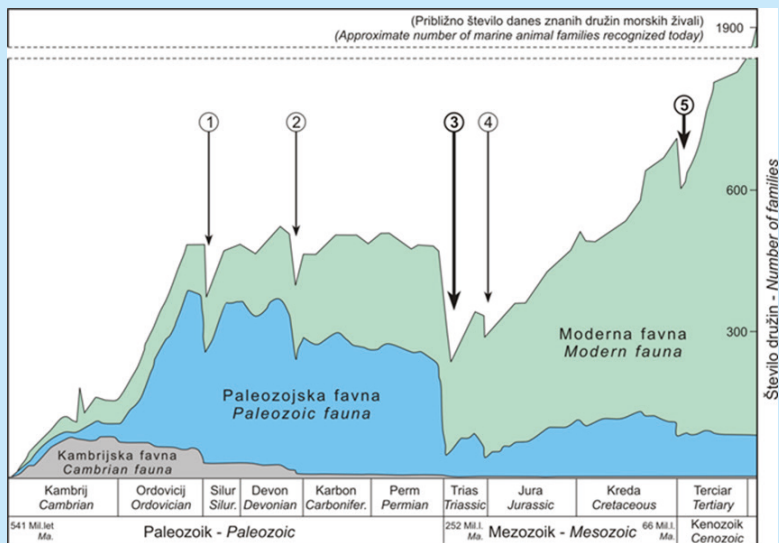


ZANIMIVOST

Množično izumiranje na meji med kredo in paleogenom

Znotraj zgornjekredno-paleocenskega apnenca je zabeležen zelo pomemben trenutek geološke zgodovine: meja med kredo in paleogenom (meja K-Pg), ki označuje eno najbolj uničujočih množičnih izumrtij, ki so se kdaj zgodila na planetu. Povezano je s trkom velikega asteroida na območje, ki ga zdaj zavzema polotok Jukatan v Mehikem zalivu. Spremembe, ki so se zgodile na meji K-Pg, so bile tako hude, da so geologi na ta dogodek postavili tudi mejo med srednjim zemeljskim vekom (mezozoikom) in novim zemeljskim vekom (kenozoikom).

Ta dogodek je drastično spremenil življenje na Zemlji in z njene- ga obličja izbrisal 73 % vrst živih bitij (Slika 37). Izumrli so dinozav- ri, amoniti, rudisti in številni drugi organizmi, ki so milijone let vladali na kopnem in v oceanih. Na Krasu v Sloveniji je meja K-Pg raziskana v zaporedju apnenčevih plasti ob cesti pri Dolenji vasi.



Slika 37: Na kredno-paleogenski meji je prišlo do zadnjega od velikih pet množičnih izumiranj v Zemljini zgodovini (Jurkovšek et al., 2013).

4.4 Paleocenski in eocenski foraminiferni apneneci

Ob koncu paleocena se je gladina morja počasi spet začela dvigovati in morske razmere so spet prevladale. Nova sekvenca svetlosivih do sivih neizrazito plastnatih do masivnih apnencev beleži to fazo zgodovine Krasa. V paleocenskih in eocenskih kamninah najdemo številne oblike alg in foraminifer, ki pa se zelo razlikujejo od tistih, ki jih lahko opazujemo v krednih kamninah. Predvsem med foraminiferami so se pojavile številne nove vrste, ki so postajale postopoma vse večje. V najmlajših plasteh teh kamnin so tako velike, da jih lahko vidimo s prostim očesom. Zaradi prisotnosti različnih velikih bentoških fo-

raminifer, ki so se v nekaterih plasteh nakopičile v velikem številu, te apnenice zlahka prepoznamo (Slika 38).

Najbolj razširjene so plasti z alveolinami in numuliti, ki tvorijo enoto **Alveolino-numulitnega apnenca**.

4.5 Fliš globokega srednjeeocenskega oceanskega bazena

Najmlajše kamnine, ki zaznamujejo območje Krasa, so popolnoma drugačne od tistih starejših. Za razliko od apnenca, ki sestavlja večji del Krasa, so to večinoma peščenjaki in bolj

Slika 38: Foraminiferni apnenec z numuliti in alveolinami zahodno od Kozine (foto: Matevž Novak)



Slika 39: Menjavanje plasti laporovca in peščenjaka, ki tvori flišno zaporedje južno od Gore (foto: Bogdan Jurkovšek)



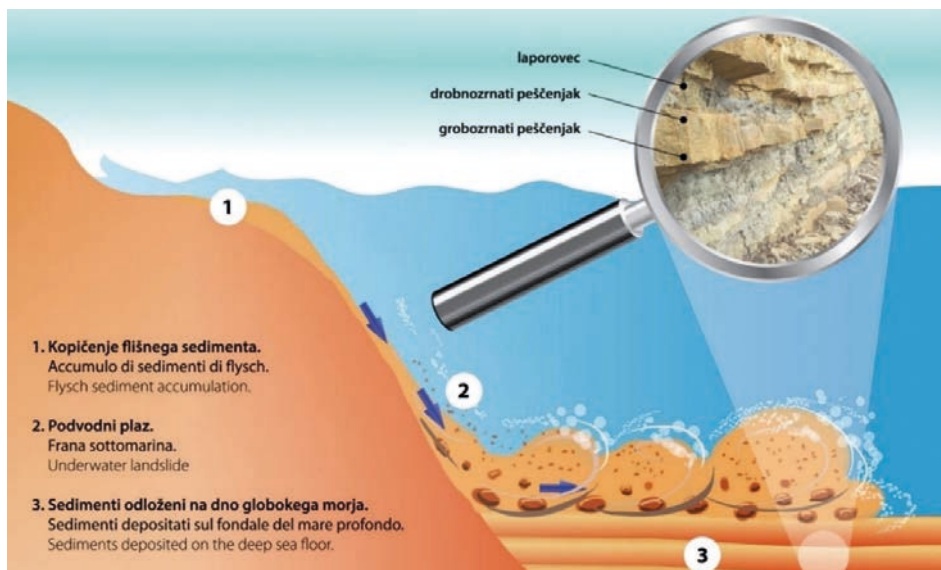
ali manj glinaste kamnine (meljevci, glinavci in laporovci), ki se izmenjujejo v zaporedju tankih plasti, dobro poznanem pod izrazom fliš (Slika 39).

Obiskovalce je pri tem treba opozoriti, da fliš ni kamnina, ampak značilno zaporedje menjavanja različnih kamnin.

Sedimenti, ki sestavljajo te kamnine, izhajajo iz erozije starejših kamnin in pričajo o začetku dviganja Alpske gorske verige. Medtem ko so gore rasle, so bile kamnine izpostavljene dežju, vetrovom in drugim atmosferskim dejavnikom. Zato so bile erodirane, delci njih pa z rekami odplavljeni v morje. Od časa do časa so taki

peski in gline, ko še niso bili litificirani (sprijeti), v obliki podmorskih plazov zdrsnili z roba platforme po celinskem pobočju v oceanski bazen. Takšni plazovi ustvarijo goste vrtinčaste podmorske tokove, polne sedimenta, ki jih geologi imenujejo **turbiditni (kalni) tokovi**. Pri zdrsu v globlje dele morja izgubijo hitrost in iz njih počasi padajo sedimentni delci. Podmorske sedimente, ki jih ustvarja turbiditni tok, imenujemo turbiditi. Fliš sestavljajo predvsem turbiditi, urejeni v tanke plasti (Slika 40).

Slika 40: Shema nastanka flišnih plasti (po: <https://parkstrunjan.si/prezniki/klif/>)



Sliki 41: Fossilni sledovi lazenja v flišnem peščenjaku Strunjanskega zaliva
(foto: Matevž Novak, Staša Čertalič)



Na površini nekaterih plasti so vidni sledovi lazenja in vrtanja, ki so jih naredile večinoma neznane živali na nekdanjem peščenem morskem dnu (Sliki 40). Takšne fosilne sledi imenujemo **ihnofosili**. Poleg teh flišne

kamnine včasih vsebujejo veliko rastlinskih delcev, ki razkrivajo prisotnost bujne vegetacije na bližnjih nastajajočih kopnih.

ZANIMIVOST

Na kateri ploskvi plasti so največkrat fosilni sledovi?

Brez razmisleka bi si verjetno vsakdo predstavljal, da so fosilni sledovi na zgornjih površinah kamninskih plasti. Pa je res tako? Ne. Sledovi lazenja se v kamnini največkrat ohranijo kot »odlitki« na spodnji površini plasti, ki je prekrila sled na starejši plasti (Slika 41). Zato nam ihnofosili pomagajo pri določanju prvotne lege navpičnih plasti.

Slika 42: Več vrst fosilnih sledov na spodnji površini flišnega peščenjaka na Rtiču Kane pri Izoli (foto: Matevž Novak)



5. KDAJ IN KAKO JE OZEMLJE GEOPARKA POSTALO KOPNO?

5.1 Tektonski procesi, ki so kamnine plitvomorske platforme dvignili na kopno

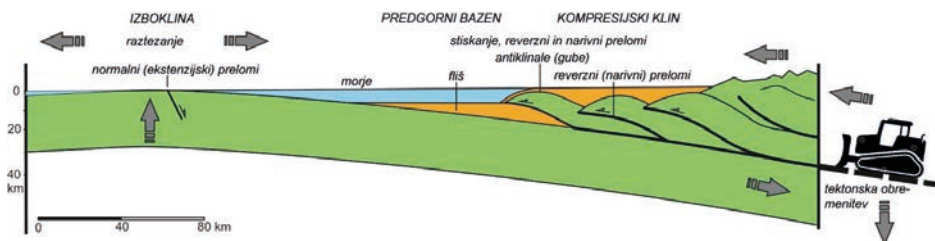
Današnja oblika površja območja Krasa je posledica dolge zgodovine tektonskih deformacij v več gorotvornih (orogenetskih) fazah, ki delujejo na tem območju v zadnjih 70 do 80 milijonih letih, od krede do danes. **Orogeneza** je proces, v katerem nastajajo gorovja zaradi zblíževanja (konvergence) dveh tektonskih plošč. V tem primeru sta ti dve plošči Jadranska (najsevernejši, odcepljeni del Afriške plošče) in Evrazijska plošča.

V **dinarski orogenetski fazi** je nastala Dinarska gorska veriga, južni del evropskih Alpinidov, ki se začne na italijansko-slovenski meji in konča na območju med Albanijo in Grčijo (Slika 42).

Območje Krasa se nahaja v severnem predelu Dinaridov. Kot smo že omenili, so Dinaridi posledica zblíževanja (konvergence) dveh plošč, med katerim so se kamnine oceanske skorje Jadranske plošče začele podrivati pod celinsko skorjo Evrazijske plošče. Oceanska skorja je namreč gostejša od

Slika 43: Tektonska karta Evrope
(Vir: Wikipedia)





Slika 44: Poenostavljena skica razvoja dinarske orogeneze (Shema: Lorenzo Bonini)

tiste na kontinentalnih ploščah. Proces nastajanja gorskega pasu doseže vrhunec, ko se vsa oceanska skorja podrine in med seboj trčita dve enako gosti celinski skorji. Začne se proces lepljenja (akrecije) delov tektonskih plošč, pri čemer si lahko zgornjo ploščo predstavljamo kot buldožer ali snežni plug, ki pluzi zgornje dele kamnin spodnje plošče in jih kopiči na stiku obeh plošč. Nakopičeni del je debelejši v bližini buldožerja, torej v bližini narivajoče se zgornje plošče, in vse tanjši proti spodnji plošči, kar oblikuje nekakšen klin. Geologi območje, kjer deluje buldožer, imenujejo zaledje, predgorje pa območje, kamor se pomika klin (Slika 43).

Če se vrnemo k območju Krasa, si lahko predstavljamo, da buldožer začne stiskati, gubati in lomiti kam-

nine od severovzhoda proti jugozahodu, pri čemer nastaja napredujoč klin, katerega najbolj zunanji del je Kras. Ta naravni buldožer se je premikal nad podrivajočo se ploščo s hitrostjo le nekaj milimetrov na leto, vendar je deloval milijon let in ustvaril Dinarski gorski pas. Na sprednji strani napredujočega klina se je spodnja plošča zaradi njegove teže upognila in ustvarila bazen za odlaganje sedimentov, ki so nastali z erozijo tega velikega klina in tvorijo fliš. Ta proces se je končal pred 20 milijoni let. Zato je geološka struktura Krasa danes v grobem enaka kot pred 20 milijoni let in predstavlja veliko gubo, in sicer antiklinalo (izbočeno gubo v obliki črke A).

5.2 Sedanja geološka struktura Krasa

Če si zamislimo, da bi navpično pre-rezali območje Krasa, bi lahko opazovali njegovo notranjo zgradbo, in sicer kraško antiklinalo (Slika 44).

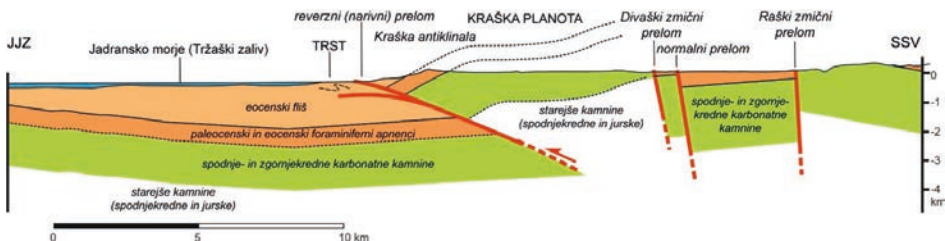
Antiklinala Krasa je nesimetrična, kar pomeni, da je eno krilo bolj strmo od drugega. Krilo, ki se spušča proti jugozahodu, je bolj nagnjeno kot krilo, ki se spušča proti severovzhodu. Razlog za to asimetrijo je, da so bile kamnine potisnjene od severovzhoda proti jugozahodu. Da bi razumeli ta proces, si lahko predstavljamo, da potiskamo brisačo po mizi (Slika 45). Ko brisačo potiskamo, so gube asimetrične, ker roka potiska v eno smer.

Če se vrnemo h kamninam, ki se danes pojavljajo na površju Krasa, **geološka karta** (Slika 46) kaže, da se v sredini kraške planote pojavljajo starejše kamnine, to so spodnjedo zgornjekredni rudistni apnenci z vmesnimi plastmi s fosili bogatega ploščatega apnenca (zelena polja

na Sliki 46), proti robovom kraške planote se pojavljajo mlajše kamnine (oranžna polja na Sliki 46).

Na geološki karti so prikazane tudi rdeče črte, ki prečkajo območje. Te rdeče črte so glavni prelomi. **Prelomi** so nezveznosti v kamninah, ki nastanejo kot posledica tektonskih faz stiskanja (kompresije) ali raztezanja (ekstenzije) med geološkim razvojem območja.

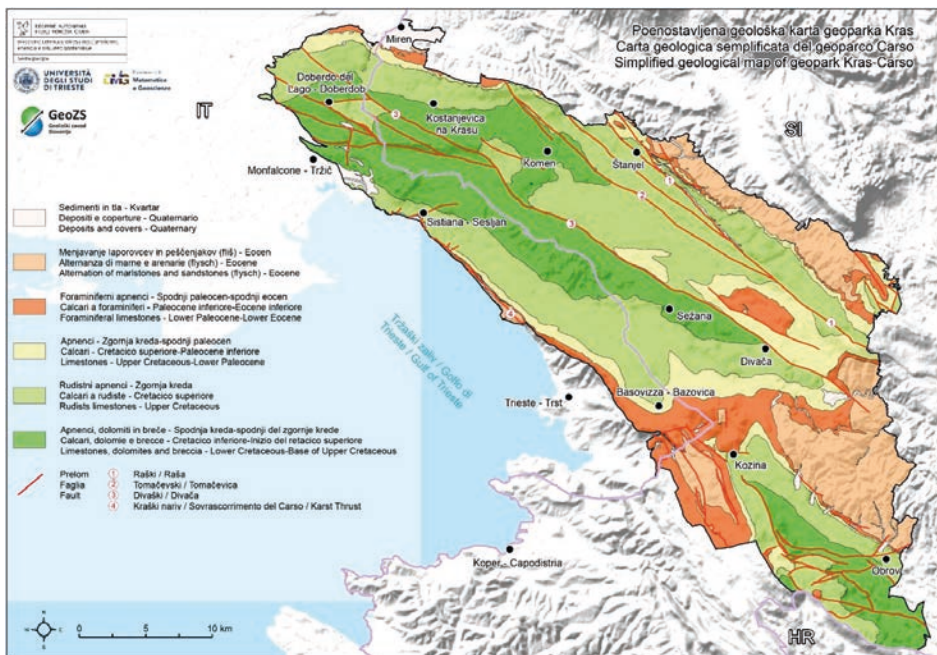
Geološka karta in prerez kažeta reverzni prelom na jugozahodu, ki seka površje na območju Trsta. Ta reverzni prelom imenujemo tudi narivni prelom, to je reverzni prelom z majhnim naklonom, ki je nastal v zadnji kompresijski fazi dinarske orogeneze skupaj s kraško antiklinalo. Obe strukturi sta posledica stiskanja kamninskih skladov. Severneje sta dva večja preloma: Divaški zmični prelom in Raški zmični prelom (Slika 48; glej 10. poglavje). Oba sta zmična preloma, nastala v mlajši fazi in sta še vedno aktivna.





Slika 46: Mehanizem nastanka gube, ki deformira brisačo

*Slika 45: Geološki prerez čez Kras
(Shema: Lorenzo Bonini)*



Slika 47: Poenostavljena geološka karta območja Krasa (Geološki Zavod Slovenije (GeoZS), Servizio Geologico RAFVG (SGEO), Dipartimento di Matematica Informatica e Geoscienze - Università degli Studi di Trieste (UNITS))



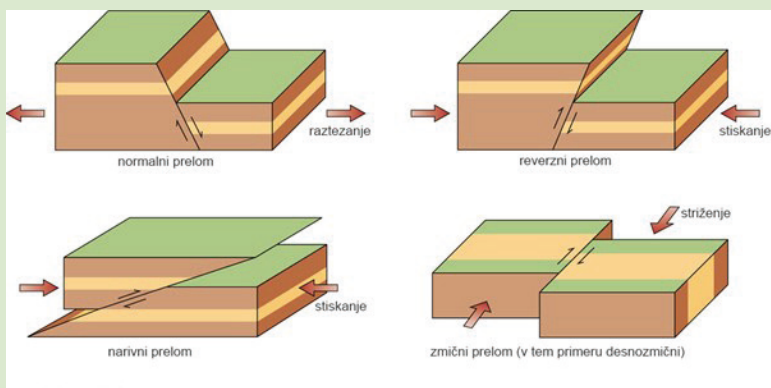
Slika 49: Dolina reke Raše sledi ravnemu Raškemu prelomu (foto: Matevž Novak)

RAZLAGA

Vrste prelomov

Ob reverznih prelomih se pri stiskanju zgornji kamninski blok, ti-
sti nad prelomno ploskvijo, premika navzgor in čez spodnji blok;
ob normalnih prelomih se pri raztezanju kamninski blok nad
prelomno ploskvijo premika navzdol glede na spodnji blok; ob
zmičnih prelomih pri strižnih napetostih dva kamninska bloka
drsita bočno drug ob drugem. Narivni prelom ali nariv je reverzni
prelom z zelo položnim naklonom. Na območju Krasa obstajajo
vse štiri vrste prelomov (Slika 47).

*Slika 48: Vrste prelomov, ki nastanejo
pri različno usmerjenih napetostih
(Brocks/Cole - Thomson, 2006).*



6. KAMNOLOMI IN VRSTE KRAŠKEGA NARAVNEGA KAMNA

Za kraške apnence v splošnem velja, da so odlični gradbeni in okrasni kamni. Imajo dobre geomehanske lastnosti, njihova barvna pestrost pa prispeva k raznovrstni uporabi v arhitekturi. Kamnita obzidja, cerkve, preproste ali impresivne zgradbe, stolpi, mostovi in tlaki so zato eden najbolj prepoznavnih elementov kraške kulturne krajine. Trdnost, homogenost in možnost obdelave apnencev obrtnikom in umetnikom omogočajo ustvarjanje preprostih arhitekturnih elementov ali veličastnih umetnin, ki krasijo hiše in trge.

Na nekaterih območjih Krasa so sedimentni in diagenetski procesi prispevali k oblikovanju posebej kompaktnih, homogenih in debelih horizontov apnenca. Iz njih je mogoče pridobiti velike bloke, primerne za izdelavo nosilnih tramov, podpornih stebrov,

podbojev, okenskih okvirjev, kipov, skulptur in žarnih posod. Za takšne apnence pogosto uporabljamo poimenovanje »kraški marmor«.

Danes izkoriščajo zelo različne vrste apnenca z različnimi kamnoseškimi imeni: *Aurisina chiara*, *Aurisina fiorita*, *Aurisina granitello*, *Roman stone*, *Fior di mare*, *Repen classico chiaro*, *Repen classico zolla*, *Lipica unito*, *Lipica fiorito* in *Kopriva*. Poleg različic, ki jih pridobivajo še danes, so nekoč izkopavali še Komenski ploščasti apnenec (Slika 49), pisano kraško brečo, rdečo ali rumeno jamsko sigo in črni pikčasti apnenec *Gabria fiorito*.

Iz materialnih sledi in tudi iz pisnih virov ali ustnega izročila izhaja, da je bilo v 18. in 19. stoletju na Krasu več kot 400 delujočih kamnolomov. Najstarejše sledi pridobivanja kam-

ZANIMIVOST

Mineraloške in geomehanske lastnosti apnencev Krasa

Po kemični sestavi kraški apnenci vsebujejo več kot 98 % kalcijevega karbonata (CaCO_3) in manj kot 1 % magnezijevega karbonata (MgCO_3) ter drugih primesi zgolj v sledovih. Razpon prostorninske teže je do $2,65 \text{ kg/dm}^3$, koeficient vpojnosti je zelo nizek, odpornost proti stiskanju, upogibanju, udarcem in obrabi je odlična, koeficient toplotnega raztezanja je zanemarljiv.

RAZLAGA

Ali je kamnina, ki jo v Lipiškem kamnolomu pridobiva podjetje Marmor Sežana, res marmor?

Marmor je masivna metamorfna kamnina, ki nastane s preobrazbo apnenca ali dolomita pri visokih temperaturah in tlakih v Zemljini skorji. Mi pa smo zapisali, da matični Kras gradijo samo sedimentne kamnine. Ime Marmor Sežana nas zato lahko zavede, saj je Lipiški apnenec karbonatna sedimentna kamnina. Gre za to, da je marmor pogosto tržno kamnoseško ime za različne vrste kamnin. Podoben primer v Sloveniji je hotaveljski marmor, ki je tudi apnenec.

na najdemo v Nabrežini, in sicer v najvišjem delu stene starega rimskega kamnoloma, tako imenovanega *Cava Romana* (Sliki 50 in 51).

Že od najzgodnejše poselitve so bili skoraj vsi prebivalci Krasa na nek način povezani s pridobivanjem kamna. Lokalni prebivalci so se izurili z delovkamnolomihalikamnoseštvo in se povezali v več kamnoseških delavnic. Na tem območju je imela do začetka 20. stoletja tako rekoč vsa-

ka družina vsaj enega člana, ki se je ukvarjal z omenjenimi dejavnostmi in s tem zaslužil majhno plačo.

Postopki pridobivanja kamna so se skozi stoletja spreminjali. Že v rimskih časih so apnenec izkoriščali tako v odprtih kopih kot tudi podzemno. Kamnite bloke so izrezali tako, da so s krampi in z dleti najprej izkopali utore, v katere so namestili lesene zagozde, kasneje železne, ki so jih zabijali v kamen in s tem ustvarili razpoke. Te so širili z dolgimi železnimi vzvodi, dokler se blok ni odlomil. Za premikanje blokov so uporabljali valjaste palice, za dvigovanje posebne naprave z več škripci, za prenos na daljše razdalje pa so uporabljali posebne vitle.



Slika 50: Opušчени površinski kop Komenskega ploščatega apnenca v Gabrovici, ki so ga uporabljali za pokrievanje streh in tlakovanje (foto: Bogdan Jurkovšek)



Slika 51: Fotografija nabrežinskega kamnoloma Cava Romana na stari razglednici

Od druge polovice 19. stoletja so v kamnolomih uporabljali eksploziv in smodnik. V začetku 20. stoletja so začeli uporabljati vrtalnike na stisnjen zrak in spiralno žico. Ta postopek so v kraških kamnolomih množično uporabljali vse do zgodnjih osemdesetih let 20. stoletja. V zadnjih desetletjih uporabljajo najsodobnejše tehnike za rezanje kamna – diamantno žico ali diamantno verižno žago.

Po izgradnji južne železnice, ki je leta 1857 povezala Dunaj s Trstom, se je za kraške kamnolome začelo obdobje največjega razcveta. Nabrežina je postala najpomembnejše središče obdelave in distribucije kamna z območja Krasa in celo Istre. Apnenec iz nabrežinskega kamnoloma gradi več znamenitih spomenikov in prepoznavnih zgradb v Trstu (grška

Slika 52: Rimski nabrežinski kamnolom Cava Romana: levo izkopi na pobočju, desno opuščeni podzemni izkopi (foto: Giancarlo Massari)



ZANIMIVOST

Teoderikov mavzolej iz bloka nabrežinskega kamna

Med kamnitimi bloki, pridobljenimi v kamnolomu v Nabrežini, je najbolj znan *'ingens saxum'*, monolitna streha Teoderikovega mavzoleja v Raveni (Slika 52), ki je od leta 1996 na Unescovem seznamu svetovne dediščine. Kamniti blok je okrogel, s premerom 10,76 m in debelino 3,09 m in je težak skoraj 300 ton! Kako so tak blok izkopali, prepeljali v Raveno, in kako so ga okoli leta 520 našega štetja postavili na desetkotno krožno strukturo mavzoleja, visoko petnajst metrov, je še vedno uganka.

Slika 53: Teoderikov mavzolej v Raveni s streho, izdelano iz enega bloka Nabrežinskega apnenca (foto: Franco Cucchi)



pravoslavna cerkev, stavba borze, grad Miramar), na Dunaju (Burgtheater, Narodna opera, palača Hofburg in stavba parlamenta), v Milanu (železniška postaja v Milanu, 1930), Budimpešti in drugih evropskih mestih ter celo na vhodu v Sueški prekop.

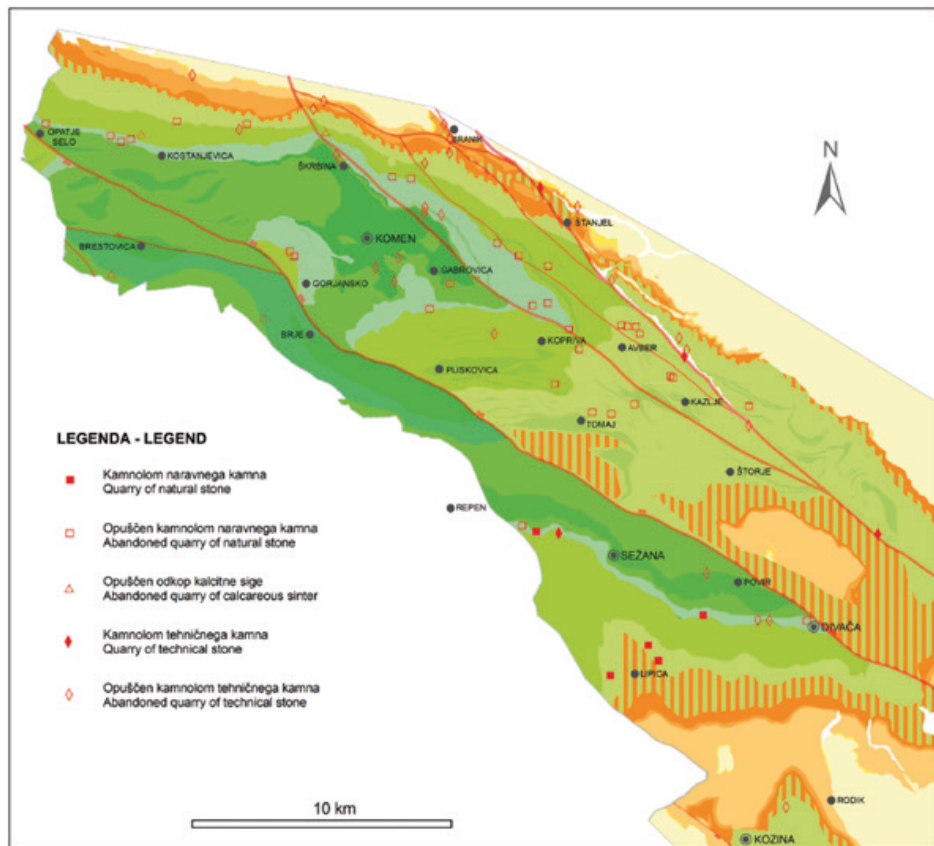
Danes imata na slovenskem delu Krasa samo dve podjetji koncesijo za pridobivanje apnenca. Prvo podjetje pridobiva kamnite bloke na več lokacijah: Kopriva (apnenec tipa Kopriva), Doline (apnenca tipov Repen in Kopriva) in Lipica (apnenca tipa Lipica unito in Lipica fiorito). Drugo, manjše podjetje, pa ima kamnolom v Debeli Griži pri Povirju (apnenec tipa Repen) (Sliki 53 in 54).

Na italijanskem delu Krasa sta v nabrežinskem pridobivalnem bazenu manjše podjetje in združenje več samostojnih podjetij, ki izkoriščajo več kamnolomov. Pridobljeni kamen je izključno lokalni: *Aurisina chiara*, *rimski kamen*, *Aurisina fiorito* in *Aurisina granitello*. Na območju Cola - Zolla in Repna - Rupingrande tretje podjetje pridobiva apnenca *Repen classico* in *Fior di mare*.

Prošnja vodnikom

Ker danes zaradi okoljske problematike močno prevladuje negativen odnos ljudi do kamnolomov, je treba obiskovalcem pojasniti, da kamnolome na Krasu moramo ohranяти, saj je izkoriščanje kamna del tradicije in identitete regije. Pri tem je seveda treba upoštevati estetsko in okoljsko ranljivost območja. Opuščeni kamnolomi so pogosto impresiven element kulturne krajine, še posebej tam, kjer je bilo kamnoseštvo glavna gospodarska dejavnost celotnega območja. Kamnolome sicer pogosto dojemamo kot »rane« v naravnem okolju, vendar danes ponujajo številne druge možnosti uporabe. V vseh delujočih kamnolomih in na potencialno zanimivih nahajališčih gradbenega in tehničnega kamna je mogoče nadaljevati ali pa na novo začeti pridobivati kamen le ob upoštevanju visokih okoljskih standardov. Poleg tega pa si moramo prizadevati tudi za ohranitev manjših kamnolomov, kjer bi bilo mogoče omejeno pridobivati tiste tipe avtohtonih kraških apnencev, ki so primerni in nujno potrebni za obnovo avtentične kraške arhitekture.

Slika 55: Najdragocenejši kraški kamni so Lipica fiorito (levo zgoraj) in Lipica unito (levo spodaj) iz kamnoloma Lipica (ki ustrežata tipoma Aurisina fiorita in Aurisina chiara iz kamnoloma Nabrežina), nato Repen (desno zgoraj) in Kopriva (desno spodaj), vrsti apnenca iz kamnoloma Doline (ustrezata tipoma Repen classico zolla in Repen classico chiaro v Italiji), ter butični temni apnenec Kazlje (foto: Matevž Novak, Bogdan Jurkovšek)



Slika 54: Poenostavljena geološka karta Krasa z izborom delujočih in opuščenih kamnolomov (iz: Jurkovšek in sod., 2013)



7. HIDROGEOLOGIJA OBMOČJA GEOPARKA

7.1 Vodonosnik Krasa

Na krasu ostane voda na površju le kratek čas. Obsežna mreža geoloških nezveznosti (lezike – presledki med plastmi, prelomi, razpoke, ...), ki jih kraški procesi povečujejo in širijo, omogoča enostavno pronicanje in hitro naraščanje vode pod površjem, kar ustvarja enega najpomembnejših in najbogatejših vodonosnikov na celotnem območju Sredozemlja (**vodonosnik** je telo kamnine in/ali sedimenta, ki vsebuje vodo, ki iz njega v znatnih količinah tudi izteka). Simbol vodonosnika Krasa so Škocjanske jame in izviri Timave, ki s povprečno pretočnostjo $30 \text{ m}^3/\text{s}$ predstavljajo najpomembnejši izvir geoparka.

Kot smo opisali že v prejšnjih poglavjih, na Krasu obstajajo kamnine dveh različnih litologij: karbonatne kamnine (apnenec in v manjši meri dolomit) in siliciklastične kamnine, ki jih tukaj predstavlja fliš (menjavanje laporja in peščenjaka, s silikato oziroma kremenično komponento, ki prevladuje nad karbonatno). Ti dve litološki enoti imata različne hidrogeološke značilnosti in vsaka po svoje vplivata na napajanje in odvodnjavanje vodonosnika. Prvi so namreč izrazito zakraseli in omogočajo infiltracijo ter podzemni tok (visoka prepustnost), drugi ne zakrasevajo, kar daje prednost

površinskemu toku in predstavlja oviro podzemnemu toku (nizka prepustnost).

Iz geološke karte je razvidno, da fliš skoraj neprekinjeno tako v severnem kot vzhodnem delu Krasa. Njegova prisotnost predstavlja hidrogeološko pregrado, ki vpliva na akumulacijo vode v apnencu in usmerja tok podzemne vode proti severozahodu do območja med Nabrežino (Aurisina) in Tržičem (Monfalcone), kjer pregrade ni, zato se lahko podzemna voda ponovno pojavi v številnih izvirih.

7.2 Vodonosni sistem Reke in Timave

Notranjska Reka izvira v dolini Dletvo na meji med Slovenijo in Hrvaško. Več kot 50 km teče po flišu, dokler približno sedem kilometrov vzvodno od Škocjanskih jam ne preide na apnenec. V tem delu reke je kras že razvit in Reka izgubi del vode. Ta pojav je še posebej izrazit pri Gornjih Vremah, kjer v obdobjih nizkega pretoka vse vode Reke poniknejo, tako da je struga reke nizvodno suha.

Ko je pretok večji od približno 1 m³/s, Vremski požiralnik ne more požirati vse vode, zato Reka nadaljuje svoj tok proti Škocjanskim jamam. Reka vstopi v več kot šest kilometrov dolge Škocjanske jame na nadmorski višini 317 metrov, prečka nekaj zelo globokih udornic in po približno 3,5 kilometra dolgi velikanski podzemni soteski izgine v sifon Mrtvega jezera na 212 metrih nadmorske višine.

Speleologi so odkrili in raziskali številne jame, ki vodijo do podzemnih kanalov Reke, med katerimi so najbolj znani jamski sistem Brezno treh generacij – Kačna jama, Jama v Kanjaducah, Labodnica (Abisso di Trebiciano) in Jama Lazzaro Jerko. Vzdolž obale med Nabrežino (Aurisina) in Tržičem (Monfalcone), kjer se stikata apnenec in fliš, topografsko

nizko nad morjem in pogosto pod morsko gladino, se pojavljajo številni izviri, ki odvajajo vode Kraškega vodonosnika. Največji izviri se nahajajo pod morsko gladino zahodno od Sosljanskega (Sistiana) zaliva. Na skrajnem zahodnem območju med Doberdobom (Doberdò) in Tržičem (Monfalcone) se pojavlja razčlenjen sistem izvirov, kraških jezer in vrtač, ki ustvarja edinstven hidrogeološki sistem in ekosistem.

Izviri Timave so osrednje stičišče hidrogeologije celotnega Krasa, saj odvajajo večino vod, ki napajajo vodonosnik. Na to mesto se pod različnimi režimi stekajo vode Reke, tiste, ki zatekajo iz Soče in Vipave, ter padavine celotnega Krasa.

8. POVZETEK GLAVNIH GEOLOŠKIH POSEBNOSTI GEOPARKA KRAS-CARSO

Vsak geopark predstavlja geološko dediščino mednarodnega pomena. Promovira geološke procese in pojave, časovna obdobja, zgodovinske teme, povezane z geologijo, ali izjemno geološko lepoto na svojem ozemlju.

Glavne geološke posebnosti geoparka Kras-Carso so:

- Geomorfologija Krasa, za katero so značilni raznovrstni površinski in podzemni kraški pojavi ter posebna hidrogeološka mreža. Matični kras je zato v 19. stoletju prispeval k rojstvu in razvoju znanstvenih disciplin krasoslovja, speleologije in speleobiologije. Zaradi izrazitih reliefnih oblik so bili v mednarodno znanstveno terminologijo privzeti lokalni izrazi za kraške pojave, kot so sam kras, dolina in polje.
- Geološki razvoj geoparka se najbolje odraža v kraških jamah, ki so nastale v hidrogeološkem sistemu rek Reke in Timave. Tu so nastale Škocjanske jame, izjemen kraški sistem z enim največjih znanih podzemnih kanjonov na svetu. Učbeniški primeri ponorov, naravnih mostov, sotesk, škavnic, udornic, brezen, podzemnega kanjona, izvirov in rovov, okrašenih s sigo, dajejo temu majhnemu območju svetovni pomen pri proučevanju kraških pojavov in procesov. Škocjanske jame so zaradi svojega naravnega in kulturnega pomena že od leta 1986 uvrščene na Unescov seznam svetovne dediščine. Po izjemni obliki in velikosti je primerljiva Briškovska jama (Grotta Gigante) z največjo dvorano v turistični jami na svetu.
- Sedimentno zaporedje zajema časovno obdobje skoraj 100 milijonov let - od začetka obdobja krede, pred približno 140 milijoni let, do sredine eocena, pred približno 45 milijoni let. Hrani zapis spreminjajočih se geoloških okolij na plitvomorski karbonatni platformi, na katera so vplivale podnebne spremembe, evstatične spremembe morske gladine ter globalni in lokalni tektonski premiki.
- Eden najpopolnejših in najbolje ohranjenih dinozavrov na svetu, najden v Ribiškem naselju (Villaggio del Pescatore) in drugi

izjemno dobro ohranjeni fosilni vretenčarji v ploščastih apnencih na območjih Komna in Tomaja. Matični kras vsebuje zelo bogat in raznovrsten fosilni inventar več živalskih in rastlinskih elementov.

- Kredno-paleogenska (mezo-zojsko-kenozojska) stratigrafska meja, ki jo zaznamuje eno najbolj uničujočih množičnih izumrtij v zgodovini planeta, je zabeležena v več profilih na tem območju.
- Kraška kulturna krajina, ki jo močno zaznamujeta kamnito površje in uporaba kamna kot gradbenega materiala. Tehniko suhozidne gradnje je Unesco leta 2018 uvrstil na seznam nesnovne kulturne dediščine človeštva.

9. SLIKOVNI PRIPOMOČEK

Slikovni pripomoček za vodnike dodajamo na podlagi lastnih izkušenj najpogostejših vprašanj, ki so jih razvedni obiskovalci postavljali pri vedenih geoloških sprehodih.

Kaj so obročki v kamnini?

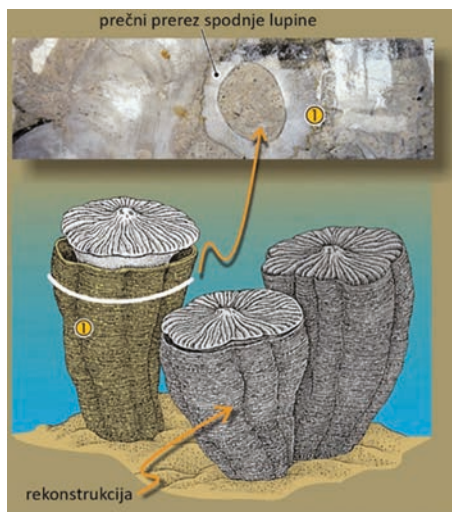
To so **rudistne školjke**. Njihovi vzdolžni preseki njihovih debelih lupin oblike visokih črk V ali U, prečni preseki pa obliko obročkov. Pogosto je zunanja površina ornamentirana z rebri ali izrastki, kar daje prečnim presekom obliko zvezd ali cvetov. Taki preseki so ena najbolj prepoznavnih struktur v apnencih na Krasu, našli pa jih boste tudi na plažah ob Jadranskem morju.

Zahodno od Štjaka (foto: Matevž Novak)





*Na Jadranski obali v hrvaški Istri
(foto: Matevž Novak)*



*Slika: Rekonstrukcija rudistne školjke
in njen prečni prerez v kamnu
(po: www.paleourbana.com)*

Kaj so mrežaste strukture v kamnini?

Tudi to so **preseki rudistnih školjk**. Mrežasta razporeditev por v lupini je značilnost nekaterih skupin rudistov.

*Ob cesti Griže–Sela
(foto: Matevž Novak)*



*Ob cesti Griže–Sela
(foto: Matevž Novak)*



Kaj so temne tvorbe v apnencu?

To so **roženci**. Roženec je mikro- do kriptokristalna (amorfna) sedimentna kamnina iz silicijevega dioksida (SiO_2), torej vrsta kremenca. Od apnenca, v katerem se pogosto pojavlja v obliki gomoljev, lečastih teles ali različno debelih plasti, se razlikuje po steklastem videzu, lomu z ostrimi robovi in seveda po trdoti. Zaradi boljše odpornosti proti preperevanju roženec navadno izstopa s površine apnenca. Roženci so različnih barv: beli, sivi, črni, rdeči itn. Na Krasu se največkrat pojavljajo sivi in črni. 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.

*Veliki dol pri Kazljah
(foto: Bogdan Jurkovšek)*



*Gabrovica pri Komnu
(foto: Bogdan Jurkovšek)*



Kaj so kristalaste tvorbe na površini kamna?

To so **kristali kalcita**, ki so na Krasu, pa tudi drugod po Sloveniji zelo pogosti. Zapolnjujejo tektonske razpoke, kraške žepe ali jame. Preveleke iz ene ali več plasti takih podolgovatih, protastih kristalov, ali pa večje tvorbe (kapnike, jamske zavese, ...), gotovo poznate pod imenom **sig**. Tvorijo lahko več metrov debele sloje. Kristali so obarvani zaradi različnih primesi in njihove koncentracije v prenasičeni vodni raztopini, iz katere se kristali izločajo. Na Krasu so sigo v nekaj kamnolomih celo pridobivali za

okrasni kamen, na primer v Rusi jami pri Gorjanskem. Lepa primera uporabe sta vrhnje plošče kamnite ograje zgornjega vrta Blejskega gradu in stenske obloge enega od nadstropij stavbe Parlamenta v Ljubljani.

*Kamnolom Lipica
(foto: Matevž Novak)*



Kaj so progaste stopničaste površine na nekaterih ploskvah kamnin?

To so **tektonske drse**. Na nekaterih površinah kamnin so vidne bele ali rjavkasto obarvane progaste prevleke. Take mineralne 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 kalcitnih), 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.

Kamnolom Griža (foto: Staša Čertalič)



Kaj so cikcakaste črte v kamnu?

Tanke nazobčane ploskve znotraj plasti kamnin so **stilolitni šivi**. Pojavljajo se skoraj izključno v homogenih, zelo drobnozrnatih kamninah. Nastajajo v že trdni kamnini zaradi pritiskov. Ko se na plast odložijo mlajše usedline, jo s svojo težo stiskajo in začnejo raztapljati. Raztopljeni kristali kalcita se z raztopinami izločijo iz plasti, netopen ostanek trših mineralov (npr. mineralov glin, pirita in različnih oksidov), ki so v majhni količini primešani v kamnini, pa tvori belo ali različno obarvano površino. V preseku je videti kot sukanec. V opisanem primeru, kjer tlačna sila deluje pravokotno na plast, nastanejo stilolitni šivi, vzporedni s ploskvama plasti. Vendar pa je pritisk lahko tudi posledica tektonskih sil, ki lahko plasti kamnine stiskajo v različnih smereh. Tako nastali šivi so usmerjeni pod različnimi koti na ploskve plasti.

*Ob cesti Griže–Sela
(foto: Matevž Novak)*

*Kamnolom Lipica
(foto: Matevž Novak)*



10. GEOLOŠKA DEDIŠČINA SLOVENSKEGA MATIČNEGA KRASA

Geološke naravne vrednote predstavljajo tiste točke ali območja, ki imajo znanstveni pomen in omogočajo razumevanje zgodovine ali razvoja območja. Ti kraji, imenovani geotočke, so vredni ohranjanja in so del tega, kar imenujemo »naravna dediščina«: skupek biotskih in abiotskih dejavnikov, ki opredeljujejo neko območje. Z dolgega seznama izbranih geoloških in geomorfoloških naravnih vrednot je v tem priročniku predstavljenih sedem tistih geotočk, ki so simbolna območja za opis geoprostosti slovenskega matičnega Krasa in njegove znanstvene vrednosti za razumevanje kraških pojavov in geoloških procesov, ki so jih ustvarili.

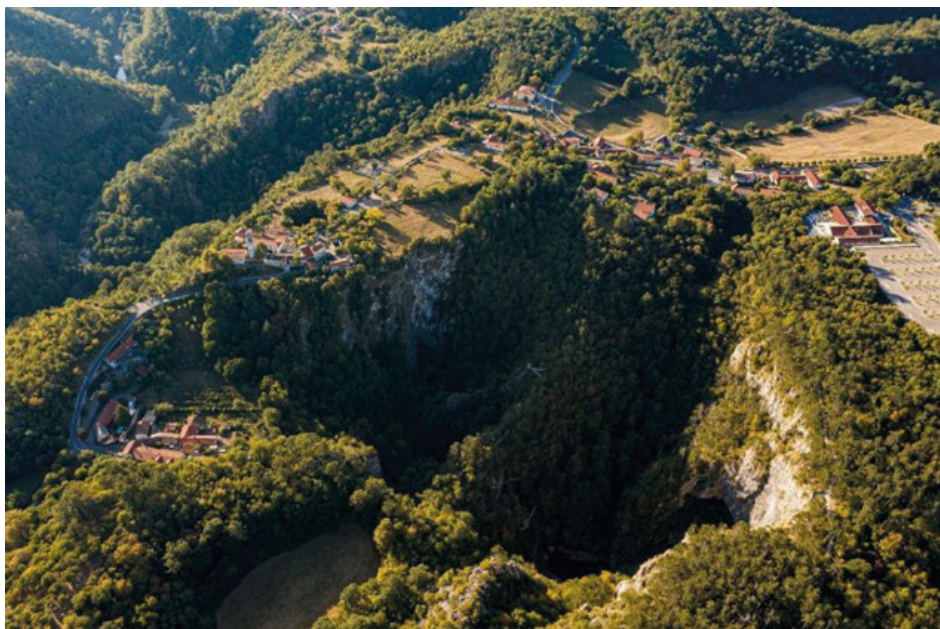
V poglavju 13 sta zemljevid in seznam geoloških točk na slovenskem matičnem Krasu.

10.1 Škocjanske jame in Kačna jama (geotočki 53 in 49)

Geološki razvoj geoparka se najbolje odraža v kraških jamah, ki so nastale v hidrogeološkem sistemu Reke oziroma Timave. Tu je nastal eden največjih jamskih prostorov ne samo v Evropi, ampak tudi na svetu.

Škocjanske jame (geotočka 53) so 6.550 m dolge in 223 m globoke jamske sisteme, sestavljen iz enajstih kraških jam, od katerih imajo štiri ločene vhode na površju (Slika 10.1).

Ti aktivni in reliktni oziroma fosilni speleološki objekti so povezani s kraškim površjem preko udornic Male in Velike Doline. Večina jam je nastala v krednem debeloplastnatem apnencu, v paleocenskem plastnatem apnencu pa le manjši del. Čeprav Škocjanske jame lahko opredelimo kot vodno jamo, ki jo je oblikovala ponikalnica Notranjska Reka, glavno jamo praviloma delimo na vodni del (Šumeča jama) in suhi del (Tiha jama). Reka najprej ponikne v Mariničevi jami in Mahorčičevi jami, 80 m pod vasjo Škocjan na nadmorski višini 317 m. Nato teče po površju v Mali Dolini, preči naravni most (Okno) in nazadnje ponikne v povsem podzemni del Škocjanskih jam pod razglediščem v 160 m globoki Veliki Dolini na 269 m nadmorske



Slika 10.1 – Notranjska Reka ponikne v Škocjanskih jamah pod Škocjanom in Motovunom. Preden izgine v podzemlje, se Reka še zadnjič pojavi v Mali in Veliki Dolini (foto: Matej Blatnik)

višine. V osrednjem delu Škocjanskih jam teče Notranjska Reka skozi več dvoran, nato pa naprej v Hankejev kanal, ki je z dolžino približno en kilometer, širino 10 do 15 m in višino do 90 m najdaljši posamični jamski kanal v Škocjanskih jamah in največji podzemni kanjon v Evropi (Slika 10.2). Hankejevemu kanalu sledita dve veliki dvorani, od katerih je druga, Martelova, največja znana podzemna dvorana v Sloveniji in druga največja v Evropi. Dolga je 308 m, povprečno široka 89 m (največ 123 m

in povprečno visoka 106 m, v najvišji točki celo 146 m. Na koncu Martelove dvorane, v Martelovem jezeru, se nahaja najnižja točka jame na 214 m nadmorske višine. Martelovi dvorani (Slika 10.3) sledi 1,5 m visok in 9 m dolg prehod v Marchesettijevo dvorano. Za sifonom Marchesettijevega jezera so v zadnjih dvajsetih letih odkrili še 680 m rovov.

Tiha jama predstavlja neaktiven fosilni rov Škocjanskih jam. Zaradi težkega dostopa iz smeri Šumeče jame je bila odkrita razmeroma pozno v primerjavi z drugimi rovi Škocjanskih jam. Dolga je 525 metrov in leži med 340 in 350 metri nadmorske višine.

Približno 800 metrov neodkritih rovv loči Škocjanske jame od Kačne jame, ki ima vhod zahodno od Divače na nadmorski višini 435 metrov (Slika 10.4). **Kačna jama (geotočka 49)** je globoka 280 metrov in jo sestavlja mreža rovv, dolgih približno 20,5 km, katerih večji del se nahaja med 154 m in 290 m nadmorske višine. S tem je trenutno tretja najdaljša jama v Sloveniji, takoj za jamskim sistemom Migovec in Postojnskim jamskim sistemom.

Prva raziskovanja Kačne jame so bila povezana z iskanjem vodnih virov za oskrbo Trsta in s tem povezanim iskanjem podzemnega toka reke Reke oziroma Timave. Dno vhodnega brezna je leta 1891 dosegel A. Hanke s pomočjo domačinov.

Vhod v jamo je v veliki vrtači, na dnu katere se odpira 186 m globok sistem vzporednih brezen, ki se na koncu združijo in končajo na stropu 60 metrov visoke dvorane. Reka se pojavi ob normalnem vodostaju v sifonu ob udornici Risnik na nadmorski višini okoli 200 metrov in izgine v odvodnem sifonu na nadmorski višini 154 metrov. Ob poplavah se gladina vode v jami dvigne za približno 126 metrov.

Vse jame, kjer naletimo na tok Reke

oziroma Timave, so izrednega pomena z znanstvenega vidika, saj nam omogočajo ogled in proučevanje kraškega vodonosnika »in situ« (na mestu), ki je sicer pogosto skrit in ga lahko opredelimo in proučujemo le kot »črno skrinjico«. Na ta način lahko neposredno preverimo značilnosti samega vodonosnika, ki jih sicer lahko ocenimo le s podatki iz izvirov in/ali ponorov ter padavin.

10.2 Jama Vilenica (geotočka 24)

Za proučevanje in razumevanje geološkega (tektonskega) in geomorfološkega razvoja območja so pomembne predvsem reliktni oziroma fosilni in brezstope jame. Med Divačo in Sežano je več precej velikih reliktnih oziroma fosilnih jam, ki predstavljajo nekdanje glavne drenažne poti kraškega vodonosnika, primarno nastalih v poplavi, to je freatični hidrogeološki coni. Med kasnejšim tektonskim dvigovanjem Krasi so jame »obvisle« v vadozni hidrološki coni in bi jih lahko do neke mere opredelili tudi kot nekdanjo, danes opuščeno podzemno strugo reke Reke oziroma Timave. Značilna jama te vrste je Vilenica (Slika 10.5), ena najdaljših (841 m) in najglobljih jam na Krasi. Nahaja se na sežanskem Krasi in je v spodnjem delu morda še vedno povezana z reko Reko oziroma Timavo. Jama Vilenica ima trenutno globino 190 m oziroma dno jame na nadmorski višini 227 m ter lego med Kačno jamo in novoodkritimi vodnimi jamami (Jama 1 v Kanjaducah, Brezno



Slika 10.2 – Do 90 m visok Hankejev kanal s Hankejevim mostom - največji podzemni kanjon v Evropi (foto: Matej Blatnik)



Slika 10.3 – Več kot 2,5 milijona m³ velika Martelova dvorana je največja znana podzemna dvorana v Sloveniji in druga največja v Evropi (foto: Matej Blatnik)

v Stržinki dolini). Jamski rovi so v delu jame, ki je urejen za turistične ogledе, prostorni in okrašeni s čudovitimi sigastimi tvorbami.

Vilenica velja za najstarejšo turistično jamo v Evropi in verjetno tudi na svetu. Podatki kažejo, da je lastnik zemljišča začel prejemati prihodke od vstopnin že leta 1633. Od leta 1980 v jami prirejajo literarne večere, od leta 1986 pa Mednarodni literarni festival Vilenica - srečanje pesnikov in pisateljev iz vse Evrope, ko podelijo

nagrado Vilenica enemu od srednjeevropskih avtorjev za izjemne dosežke na področju literature in esejistike.

Slika 10.4 – 186 metrov globoko vhodno brezno Kačne jame se v spodnjem delu razširi v 60 metrov visoko vhodno dvorano (foto: Matej Blatnik)



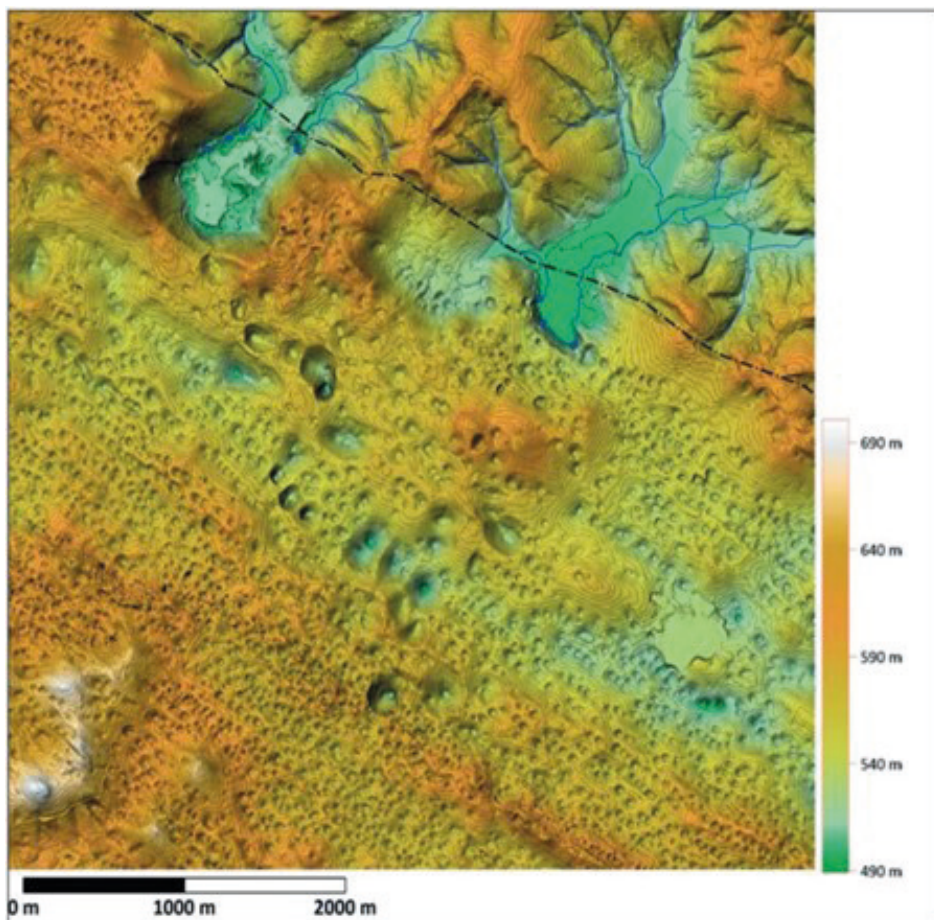
10.3 Sleppe doline Matarskega podolja: slepa dolina Odolina (geotočka 61)

Poleg edinstvene slepe doline Notranjske Reke, ki ponikne v Škocjanske jame, so najbolj značilne in geološko zanimive kontaktne kraške oblike slepe doline Matarskega podolja na JV meji geoparka (Sliki 10.6 in 10.7).

Obravnavane slepe doline predstavljajo sistem 17 vzporednih površinskih tokov, ki tvorijo površinski drenažni sistem na siliciklastičnem flišu Brkinov in ponikajo ob stiku s karbonatnimi kamninami pod 20 km dolgo ter dva do pet kilometrov široko uravnano kraško površje Matarskega podolja. Ker so se doline vrezovale v rob krasa med neenakomernim dvigovanjem območja, so le-te globlje na JV delu Matarskega podolja, kjer je bilo dvigovanje izrazitejše. Najplitvejša slepa dolina Brezovica v SZ delu Matarskega podolja je vrezana le 50 m globoko, medtem ko je najgloblja Brdanska dana vrezana 250 m globoko v apnenčasto gričevje, njeno dno pa je 120 m pod uravnanim površjem Matarskega podolja.

Trenutno je gladina kraške vode tudi ob poplavih globoko pod dnom slepih dolin. Recentni gradient na krasu je tako visok, da se stare naplavine s sufozijskimi procesi izpirajo s površja v kras.

Odolina (Slika 10.8) je značilna slepa dolina Matarskega podolja. Pri prehodu potoka v apnenec se ozka rečna dolina razširi in oblikuje en kilometer dolgo in 300 m široko slepo dolino, ki je na koncu okoli 60 m globoko vrezana v kraško uravnano. Ob normalnem vodostaju ponikne potok v strugo takoj, ko doseže apnenec, ob močnem deževju pa voda ponikne v 117 m globoko prvotno freatično ponorno jamo, ki je bila kasneje v vadozni coni močno spremenjena. Dno slepe doline je prekrito z debelo zrnatimi siliciklastičnimi sedimenti kvartarne starosti, katerih izvorni material je fliš. V ponorni jami v Jezerinski slepi dolini se v zadnjih 12.000 letih niso odložile večje količine klastičnih sedimentov, saj prekriva aluvialne sedimente mlajša siga. Aluvialni sedimenti so danes razrezani z rečno erozijo, na dnu Odoline pa so nastale do 25 m globoke aluvialne vrtače in grezi.



Slika 10.6 – DMR kontaktnega krasa z značilnimi slepimi dolinami. Površinski vodotoki pritekajo iz neprepustnega flišnega območja Brkinov (SV) in ponikajo v uravnano kraško površje Matarskega podolja (JZ) (arhiv IZRK ZRC SAZU)



Slika 10.7 – Brezoviška slepa dolina je najbolj severozahodna in s tem najplitvejša slepa dolina Matarskega podolja. Leva fotografija: pogled proti SV v smeri Brkinov, s površinskim drenažnim sistemom (foto: Matej Blatnik); desna fotografija: pogled proti JZ na zakraselo uravnavo Matarskega podolja (foto: Matej Blatnik)



Slika 10.8 – Dno slepe doline Odolina je prekrito z debelo zrnatimi siliciklastičnimi sedimenti kvartarne starosti, ki izvirajo iz fliša (foto: Matej Blatnik). Potok na levi strani ob visokih vodah ponikne kot slap v 117 m globoko jamo

10.4 Tomajski apnenec s fosili (geotočka 34)

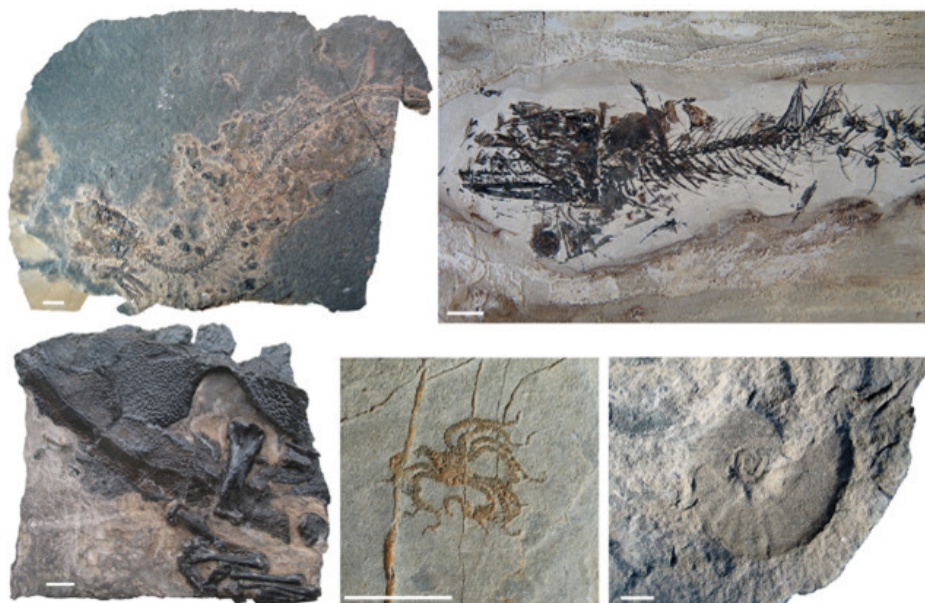
Opušteni kamnolom Tomajskega apnenca Kazlje je eno najpomembnejših najdišč fosilnih vretenčarjev, nevretenčarjev in rastlin iz pozne krede v severnem delu nekdanje Jadransko-Dinarske karbonatne platforme. Paleontološke najdbe s tega najdišča so bile objavljene v številnih znanstvenih publikacijah.

Kamnolom Kazlje se nahaja v gozdnatem območju približno 400 metrov jugovzhodno od središča vasi Kazlje. Tomajski apnenec je tankoplastnat do ploščat apnenec, ki so ga nekoč uporabljali kot material za pokrivanje streh in tlakovanje. Pojavlja se v tanjših horizontih med debeloplastnatimi zgornjekrednimi rudistnimi apnenci in tvori v opuščenem

kamnolomu do štiri metre visoke navpične stene. Apnenec je temnosive barve in laminiran. V apnenčastih plasteh se pojavljajo gomolji in leče roženca, trde, goste kamnine, sestavljene iz mikrokristalnega krementa. Prisotnost pelagičnih fosilov, skupaj s fosili kopenskih rastlin, kaže na dobro povezavo med odprtim morjem in laguno, kjer je ta apnenec nastal pred približno 84 milijoni let. Veliko število in raznolikost dobro ohranjenih fosilov, vključno z rastlinami, amoniti, ribami, želvami, morski mi ježki, kačjerepi, planktonskimi organizmi in celo odtisi mehkih delov meduz, so bili najdeni v Tomajskem apnencu na širšem območju in opisani v znanstveni literaturi (Sliki 10.9 in 10.10).



Slika 10.9 – Rastlinski fosili, najdeni v Tomajskem apnencu (od leve proti desni: iglavci *Brachyphyllum* in *Araucarites* ter *Magnoliaphyllum*). Merilo: 1 cm (foto: Bogdan Jurkovšek)



Slika 10.10 – Živalski fosili Tomajskega apnenca (od leve proti desni: ribe *Chirocentrites* in *Enchonodus*, želva, kačjerep in amonit). Merilo: 1 cm (foto: Bogdan Jurkovšek)

10.5 Kamnolom rudistnega apnenca Lipica (geotočka 45)

Lipiški apnenec, eden izmed tipov zgornjekrednih rudistnih apnencev, vsebuje številne različke apnenca, ki se med seboj razlikujejo tako po strukturi kot po barvi. Ta apnenec predstavlja gospodarsko najbolj dragoceno kamnino na območju Krasa (Slika 10.11). Tako imena teh apnencev kot sam naravni kamen izvirajo iz vasi Lipica.

Kamnine Lipiške formacije so nastale pred približno 85 milijoni let v neposredni bližini "trat" rudistnih školjk,

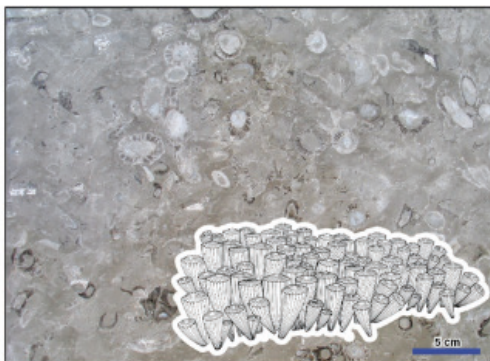
ki so bile v kredi prebivalke plitvih morskih karbonatnih platform in robnih območij oceana Tetida.

Ob zahodnem robu kamnoloma prekrivajo Lipiški apnenec mlajše in mehkejše zgornjekredne do spodnjepaleocenske apnenčaste plasti. Zaradi tega je površje proti Lipici manj zakraselo, med apnenčastimi plastmi so pogosto plasti premoga. Premog so na tem območju kopali v 19. in začetku 20. stoletja.

Slika 10.11 – Kamnolom Lipica 1 leži severovzhodno od znane Kobilarne Lipica. V tem kamnolomu izkoriščajo velike bloke masivnega krednega apnenca. Kamnolom se nahaja v gospodarsko najperspektivnejšem delu formacije Lipiškega apnenca v severnem krilu Lipiške sinklinale, velike skledaste gube z osjo, ki je rahlo nagnjena proti jugovzhodu (foto: Matevž Novak)



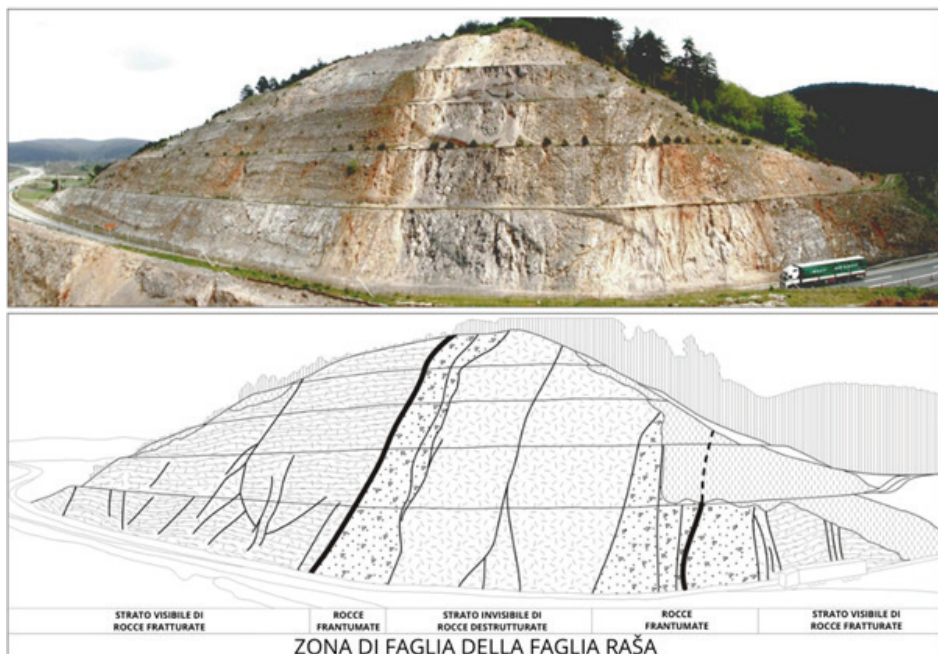
Slika 10.12 – Danes v kamnolomu Lipica 1 pridobivajo dve vrsti apnenca. Prvi je svetlo olivno siv, homogen, drobno- ali debelo-zrnat tip Lipica unito (enotni). Ima le nekaj milimetrov velike fosile ali fosilne fragmente (levo). Drugi tip je sestavljen iz bolj drobnazrnatih osnov, ki vsebuje predvsem rudistne školjke, pa tudi druge fosilne ostanke različnih velikosti. Zaradi prereзов rudistnih lupin, ki spominjajo na cvetove, ta različek imenujemo tip Lipica fiorito (rožasti) (desno). V obeh različkih apnenca so poleg rudistov pogoste foraminiferje, spužve in skeletni deli drugih prebivalcev toplega, prevetrenega plitvega morja nekdajne Jadransko-Dinarske karbonatne platforme (foto in risba: Bogdan Jurkovšek)



10.6 Prelomna cona Raškega preloma (geotočka 38)

Skozi Zunanje Dinaride v jugovzhodni Sloveniji poteka več dolgih regionalnih prelomov v smeri SZ - JV, ki so nastali v preteklih geoloških obdobjih. Eden izmed njih je Raški prelom (Slika 10.13), poimenovan po reki Raši, ki teče na obrobju kraške planote. Raški prelom poteka skoraj v ravni črti od roba Južnih Alp pri ita-

lijanskem Huminu do Ilirske Bistrice in naprej proti jugovzhodu, verjetno čez Velebit. Je eden od prelomov, po katerih je Severnojadranski tektonski blok bočno zamaknjen in podrinen pod Južne Alpe. Glede na položaj potresnih žarišč se domneva, da je Raški prelom danes jugovzhodno od Vremščice potresno aktiven, manj zanesljiva pa je potrebna aktivnost ob tem prelomu na območju Krasa in Furlanije.



Slika 10.13 – Na odseku avtoceste Zajčica pri Senožečah vidimo prerez skoraj 100 metrov širokega prelomnega pasu. Z razgledne točke na drugi strani avtoceste, kjer je pojasnjevalna tabla, vidimo tipično conarno razporejenost deformacij kamnin znotraj notranje in zunanje prelomne cone. V notranji prelomni coni vidimo zdrobljeno kamnino, ki ji sledi porušena kamnina, v kateri ni ohranjena plastnatost. V razpokani kamnini zunanje prelomne cone je prvotna plastnatost apnenca še vidna. Severovzhodni tektonski blok (levo) sestavljajo plasti zgornjekrednega rudistnega apnenca, jugovzhodni blok (desno) pa plastnati zgornjekredno - spodnjepaleocenski apnenec (foto: Ladislav Placer, Bogomir Celarc; risba: Ladislav Placer)

11. GEOLOŠKA UČNA POT: Od fliša do fliša čez kraško antiklinalo po Jakobovi poti

Avtorja: Matevž Novak in Bogdan Jurkovšek

Strokovna sodelavca: Jernej Jež, Petra Žvab Rožič

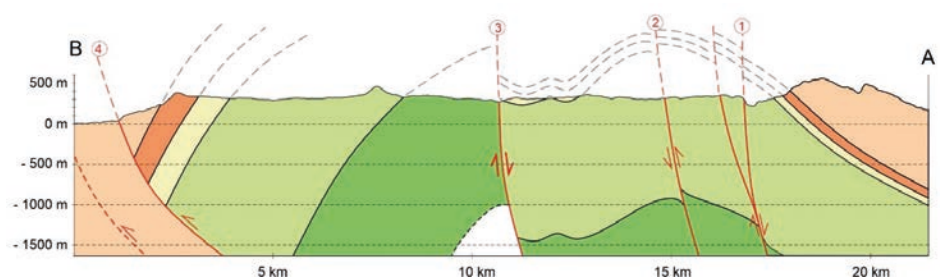
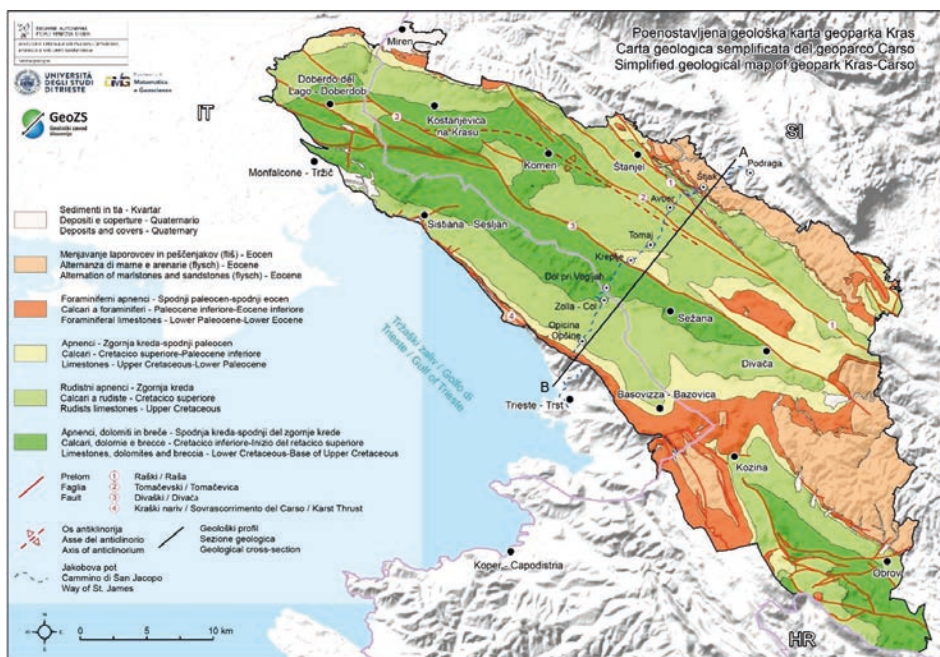
11.1 Uvod

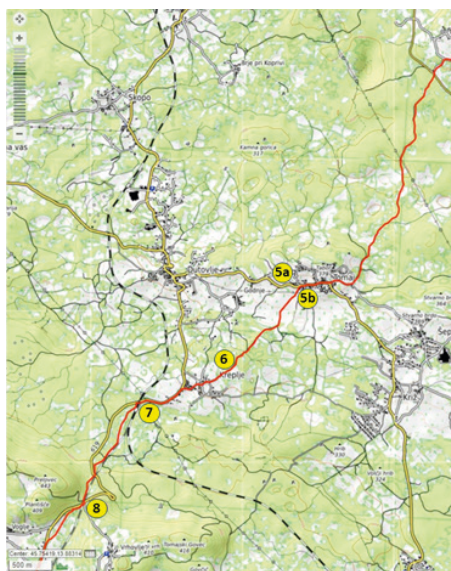
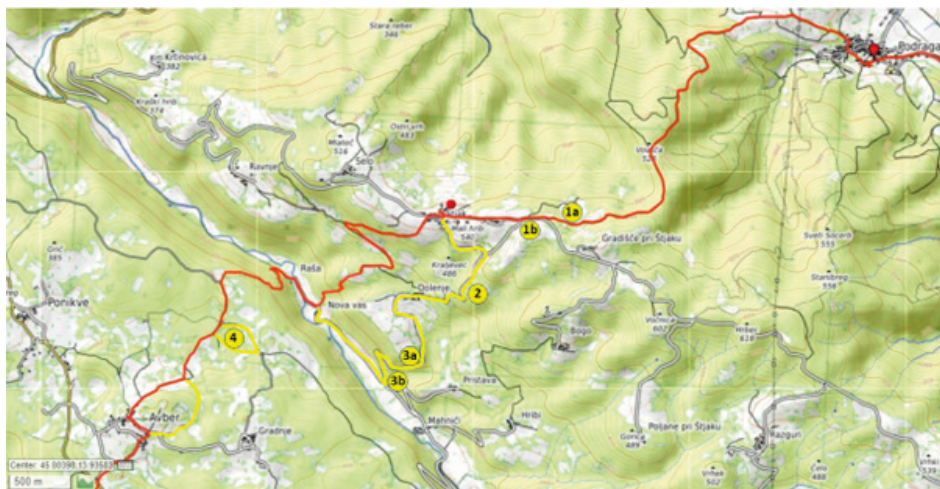
Glavni cilj te učne poti je seznani-ti obiskovalce z osnovno geološko strukturo geoparka s prečkanjem kraške antiklinale od fliša Vipavske do-line do fliša Tržaškega zaliva. Obisko-valci lahko simetrijo, ki je značilna za antiklinalne gube, najbolje spozna-jo tako, da prečkajo antiklinalo pra-vokotno na njeno os. Edina obstoječa pot, ki popolnoma ustreza temu po-goju, je Jakobova pot. Primorska veja te poti vodi od najmlajših flišnih kam-nin v severovzhodnem krilu gube, čez starejše karbonatne kamnine kraške planote v središču gube in nazaj do najmlajših flišnih kamnin v jugozahodnem krilu (glej traso poti na geološki karti na sliki 11.1). Čeprav ta pot ne prečka veliko geotočk geo-parka, nam jasno razkrije vse glavne geološke enote in številne druge pojave, povezane z geologijo.

Jakobova pot ima tudi druge predno-sti: je čezmejna pohodniška pot mednarodnega slovesa (znana tudi kot El Camino de Santiago), v na-ravi je dobro označena z rumenimi

puščicami in markacijami s školjko ter na prosto dostopnih zemljevidih, kjer so njene poti in profili na voljo na spletu (slika 11.2; <https://www.jakobova-pot.si/deblo-jakobove-poti-v-sloveniji/>; <http://www.jakobova-pot.si/jakobova-pot-slovenija-na-zemljevidu/>; http://www.geopedia.si/#T1973_x413196_y66220_sl_2_b4).

Slika 11.1: Jakobova pot na poenostavljeni geološki karti matičnega Krasa in geološki prerez. Upoštevajte, da je merilo prereza navpično povečano za faktor 2, da je antiklinalna struktura boljje vidna (Karta prirejena po Bensi et al., 2022; profil narisal M. Novak).





Zemljevid iz OpenTopoMap.org.
 Rumena črta prikazuje odstopanja
 od trase pohodniške Jakobove poti



Markacija Jakobove
 poti z rumeno školjko

Slika 11.2: Učna pot z opazovalnimi točkami

Primorska veja Jakobove poti, ki se razteza od vasi Štjak do Trsta, je dolg skoraj 25 km. Izvedba vodenega ogleda z opazovanjem in razlago, ki bi v enem dnevu pokril celotno dolžino, bi bila precej zahtevna, če ne celo nemogoča. Kljub temu ima vsak krajši odsek poti edinstvene geološke zanimivosti, ki jih je mogoče raziskovati posamično. Da pa bi dosegli cilj predstavitve osnovne geološke strukture Krasa obiskovalcem, jo je treba razložiti v kontekstu kraške antiklinale. V pomoč vodnikom je tukaj nekaj vizualnih pripomočkov s preprostimi razlagami. Podrobnejše informacije o tektonskih procesih, ki so oblikovali kraško antiklinalo, najdete v poglavju 5.2: Današnja geološka zgradba Krasa.

Nastanek antiklinalne strukture najlažje opišemo z modeli na sliki 11.3. V tem procesu so plasti kamnin, ki so bile sprva odložene vodoravno (1), med orogenezo izpostavljene kompresijskim tektonskim silam in postopoma pride do plastične deformacije, pri čemer nastane guba. Nastala izbočena (konveksna) guba se imenuje antiklinala (2), medtem ko se njeno nasprotje, navzdol upognjena (konkavna) guba, imenuje sinklinala. Površinska erozija postopoma odstranjuje "izboklino" in razkriva globlje plasti, ki so postopoma vse starejše od kril (bokov) proti središču antiklinale (3).

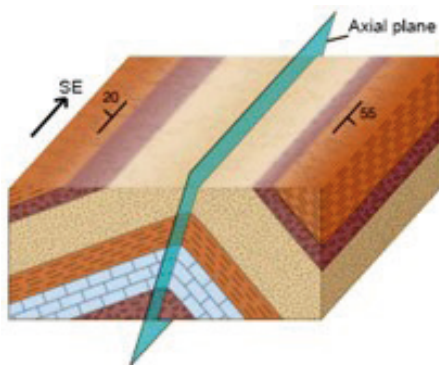
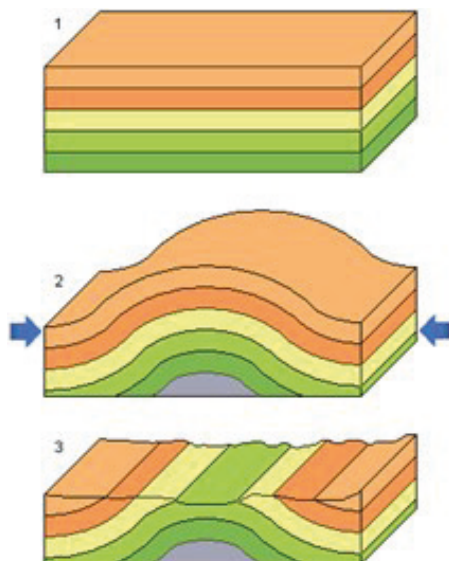
Celotna planota matičnega Krasa je velika antiklinalna guba, katere daljša os poteka v smeri severozahod-jugovzhod. Tak je najlažje razumljiv opis strukture, ki jo bodo obiskovalci opazovali na tej poti.

Za bolj podrobno razlago pa primerjajte erodirano površje modela 3 na sliki 11.3 s poenostavljeno geološko karto geoparka na sliki 11.1. Geološke enote na karti zaradi več razlogov niso poravnane tako vzporedno in pravilno kot na poenostavljenem modelu. Prvi razlog je, da je antiklinala asimetrična, kar pomeni, da osna ravnina ni navpična, temveč nagnjena, zaradi česar je eno krilo bolj strmo od drugega (slika 11.4). V primeru kraške antiklinale je krilo, ki se spušča proti jugozahodu, bolj strmo kot krilo, ki se spušča proti severovzhodu.

Dodaten razlog za asimetrijo je nagnjena temenska linija, kar pomeni, da je greben antiklinale nagnjen od vodoravnega položaja (slika 11.5). V primeru kraške antiklinale se temenska linija pod rahlim kotom spušča proti jugovzhodu. Zaradi tega se proti severozahodu z erozijo razkrivajo vedno starejše geološke enote.

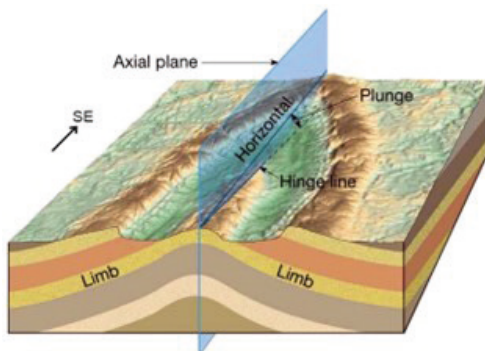
Največ škode popolni simetriji pa povzroča dejstvo, da kraška antiklinala ni preprosta guba, temveč antiklinorij, imenovan **Tržaško-Komenski antiklinorij**. Antiklinorij je velika antiklinala, ki je znotraj zvita v manjše gube, tako antiklinale kot sinklinala.

Slika 11.3: Proces nastajanja erodirane antiklinale: 1. Vodoravne kamninske plasti pred deformacijo; 2. Kompresijske sile upognejo plasti in nastane antiklinala; 3. Površinska erozija antiklinale odkrije starejše kamnine v njenem jedru, medtem ko se na njenih krilih nahajajo mlajše kamnine. Prirejeno po: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Folds.png>



Slika 11.4: Nagnjena antiklinala
(Thompson Higher Education, 2007)

Slika 11.5: Antiklinala, ki tone (prirejeno po Pearson Prentice Hall, Inc., 2005)



le. Poleg tega je celoten antiklinorij razkosan na manjše tektonske bloke s številnimi strmimi prelomi, med katerimi prevladujejo Divaški, Tomačevski in Raški prelom, vsi v smeri SZ-JV (glej sliko 11.1).

Še to; kraške antiklinale ni mogoče videti v naravi, niti od daleč, na primer z letala ali na satelitskih posnetkih. Opazimo jo lahko le s strukturnimi meritvami orientacije kamninskih plasti in s poznavanjem starosti vsake geološke enote, prikazane na geološki karti. Zato na vodenje ogleda ne pozabite vzeti kopije geološke karte.

11.2 Opis učne poti in opazovalnih točk

Primorska veja Jakobove poti vstopa na območje geoparka na hribu Vovšča (526 m n. v.) med vasema Podraga v Vipavski dolini in Štjak na grebenu Vrhé.

Točka 1 – Fliš pri Štjaku

Celoten greben Vrhé je zgrajen iz flišnih plasti, ki se na tej strani kraške planote imenujejo Vipavski fliš. Izraz fliš se ne nanaša na kamnino, temveč na značilno zaporedje različnih kamnin, ki se izmenjujejo na značilen način (za razlago nastanka fliša glej poglavje 4.5). Na točki 1a (slika 11.8) lahko opazujemo menjavanje tankih plasti rjavkasto sivega laporovca in peščenjaka. Plasti peščenjaka so trše in običajno štrlijo ven kot ozke knjižne police, medtem ko je mehkejši laporovec skoraj povsod razdrobljen. Fliš je običajno močno podvržen preperevanju in pogosto tvori debelo preperinsko odejo, ki je idealna za vinograde, sadovnjake in druge vrste kmetijskih zemljišč. To lahko opazujemo vse naokrog Štjaka. Vendar ima to tudi slabe strani na strmejših pobočjih, kjer preperinski pokrov zlahka splazi navzdol. Zgodovinski dogodek zemeljskega plazu s pobočja nad vasjo Podraga februarja 1969 je podrobno opisal D. Radinja (1971). Pod vplivom tlačnih tektonskih sil se tanke plasti fliša zlahka plastično upognejo v drobne gube ali popolnoma zdrobijo. Takšne deformacije lahko vidimo tik nad glavno cesto na točki 1b (slika 11.9).

Bodite pozorni, da so flišne plasti rahlo nagnjene proti SV, saj tvorijo najbolj zunanjo enoto na severovzhodnem krilu kraške antiklinale. Fliš je zgodnjeocenske starosti,

PRIPOROČILO VODNIKOM

Uporaba osnovne geološke opreme

Večina kamnin na Krasu, ki ležijo ob cesti, ni videti posebej zanimiva: precej brezoblični apnenci, ki naključnemu opazovalcu nimajo kaj pokazati. Za mnoge geologe je spomin na šok in vznemirjenje ob majhnem odkritju, ko so svežo, mokro površino vzorca apnenca prvič pogledali skozi ročno lupo, še vedno svež. Za takšna doživetja obiskovalcev ne bi smeli prikrajšati. Da bo njihova geološka izkušnja še bolj vznemirljiva in vaša razlaga prepričljivejša, toplo priporočamo uporabo treh osnovnih kosov geološke terenske opreme: geološkega kladiva, ročne lupe in majhne stekleničke s kapalko z razredčeno klorovodikovo kislino (slika 11.6).

Najpogostejše **geološko kladivo** ima topo glavo, ki se uporablja za odlom kamnin in lomljenje na majhne vzorce, da si lahko ogledamo svežo površino. Ostra konica kladiva je namenjena le za lažje kopanje v nevezanih ali preperelih kamninah.

Pozor: kovina, ki se uporablja za izdelavo navadnih kladiv, je preveč krhka in pri udarcu se z nje lahko odkrušijo ostri drobci (dober razlog za nošenje zaščitnih očal). Geološka kladiva so izdelana iz posebej trdnega jekla.

Ročno povečevalno steklo, imenovano tudi **ročna lupa**, geologom omogoča, da natančno pregledajo kamnine in prepoznajo majhne fosile in minerale. Najpogostejše imajo majhno 10-kratno povečevalno steklo, zloženo v kovinsko ali plastično ohišje. Ročno lupo pravilno uporabljate tako, da jo držite blizu očesa, nato pa primikate vzorec kamnine proti leči, dokler dobro ne izostrite površine (slika 11.7).

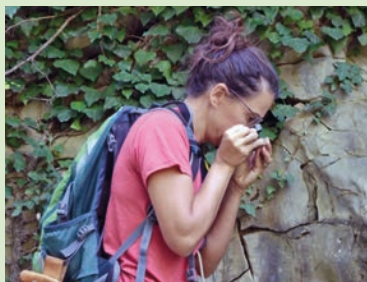
Nasvet: Kamnine je treba pregledovati na sveži površini vzorca, ki ga dobimo tako, da kamnino odbijemo z geološkim kladivom. Če površino navlažimo, fosilne in mineralne strukture jasno izstopijo in niso več zamegljene na suhi površini. Večina geologov je navajena vzorec polizati, vendar bi bila v skupini obiskovalcev to precej neprimerna metoda. Zato priporočamo uporabo vode iz steklenice ali, še bolje, majhne plastične stekleničke z razpršilom.

Razredčena klorovodikova kislina (10 % HCl) se uporablja za izvedbo tako imenovanega kislinkega testa za razlikovanje najpogostejših karbonatnih kamnin, dolomita in apnenca. Z majhno dozirno stekleničko (steklenička s kapalko) na površino sveže kamnine kapnemo kapljico 10 % HCl in opazujemo, ali pride do reakcije sproščanja mehurčkov ogljikovega dioksida. Mehurčki kažejo na prisotnost karbonatnih mineralov, kot sta kalcit in dolomit. Apnenec se od dolomita, ki reagira zelo šibko ali sploh ne, razlikuje po močni reakciji.

Nasvet: gospodinjski kis je lahko varna, poceni in lahko dostopna "kislina" za prepoznavanje kalcita in dolomita. Kis je razredčena očetna kislina (približno 5-10 %), ki šibko reagira s kalcitom v apnencu.



Slika 11.6: Osnovna geološka oprema (Foto: M. Novak)



Slika 11.7: Pravilen način uporabe ročne lupe (Foto: M. Novak)



Slika 11.8: Rahlo nagnjene flišne plasti izmenjujočih se peščenjakov in laporovcev na točki 1a (Foto: M. Novak)

Slika 11.9: Močno nagubane in zdrobljene flišne plasti na točki 1b (Foto: M. Novak)



star okoli 50 milijonov let, in je tako najmlajša od geoloških enot geoparka, če ne upoštevamo kvartarnih pobočnih gruščev in naplavin. Od tu nas bo pot najprej popeljala na potovanje skozi geološki čas "po geološkem stolpcu navzdol" (slika 11.10) skozi vse starejše kamnine proti središču kraške antiklinale. To je tudi potovanje iz globin oceanskega bazena do prijetno toplega plitvega morja na Jadransko-dinarski karbonatni platformi, ki je prekipovalo od življenja.

Iz Štjaka ima Jakobova pot dve alternativni trasi v dolino Raše, pešpot po pobočju do Nove vasi, za kolesarje pa cesto skozi vas Dolenje. Vse opisane enote je mogoče opazovati na obeh trasah, vendar predlagamo izbiro ceste, saj so kamninske plasti boljje vidne v cestnih usekih.

Prehod iz plitvega morskega sedimentacijskega okolja v globok flišni bazen je bil postopen, zato lahko po zapustitvi Štjaka opazujemo menjanje horizontov debelih apnenčastih plasti, laporastih apnencev in flišnih plasti. To litostratigrafsko enoto imenujemo Prehodne plasti.

Točka 2 – Foraminiferni apnenec v Dolenju

Od zadnjega ostrega cestnega ovinka pred Dolenjim vse do vasi lahko opazujemo večinoma neizrazito plastnat svetlosiv do siv apnenec. Na prepereli površini je pogosto mogoče celo s prostim očesom opaziti številne drobne fosile. Da pa bi si te mikrofosile ogledali v polnem sijaju, moramo začeti uporabljati opisano geološko opremo. Z geološkim kladivom odbite majhen košček od apnenčeve plasti ali prosto ležeče skale, navlažite svežo površino in si jo oglejte skozi ročno lupo. V večini primerkov boste videli številne čudovite strukture. Večina teh so hišice (apnenčaste lupine) foraminifer (glej poglavje 3.2). Spadajo bodisi med zelo majhne miliolide, ki so videti kot majhni beli cvetovi vrtnic (slika 11.11), bodisi v eno od večjih skupin foraminifer, alveolinide, ki so videti kot majhne bele odbojkarske žoge (slika 11.12), ali numulitide, ki so videti kot majhne ustnice (slika 11.13) (kako so videti skozi mikroskop, si oglejte na slikah 17 in 18).

Na prepereli površini kamnine imajo numuliti pozitiven relief (izstopajo s površine), medtem ko imajo alveoline in miliolide negativen relief (vdrte so pod raven površine). To je posledica različne sestave njihovih hišic. Alveoline in miliolide imajo porcelanaste kalcitne hišice (triplastna stena visoko magnezijevega kalcita z naključno usmerjenimi igličastimi kristali kalcita, ki tvorijo debelo

KREDA			PALEOGEN		starost	kamnine	opazovalne točke	lito-stratigrafske enote	litološki stolpec	okolje nastanka	debelina [m]
			EOCEN			menjavanje laporovcev in peščenjakov (fliš)	1 12	Fliš	 okopnitve	oceanski bazen	> 400
			PALEOGEN					Prehodne plasti			
						foraminiferni apnenci	2 11	Miliolidni in Alveolinsko-numulitni apnenec		odprta platforma	80-450
						apnenci	6	Liburnijska formacija		morsko do sladkovodno	30-450
			ZGORNJA KREDA		Divjaški prelom	rudistni apnenci	3 4 5	Lipiška formacija		kras	500-1000
							10	Sežanska formacija		odprta platforma	
							7 9	Repenska formacija		medplimska platforma	
							8	Povirska formacija		platforma med-plimska	
			SPODNJA KREDA			apnenci, dolomiti in breče	8	Člen Repen	 dolomitizacija	nadplimsko - krasko	350-1100
								Člen Zolla		laguna	
								Brška formacija			

Slika 11.10: Točke na učni poti, označene v geološkem stolpcu geoparka (Br – breča, K – Komenski apnenec, T – Tomajski apnenec (po: Jurkovšek in sod., 2016 in Consorti in sod., 2021))

osrednjo plast ("porcelan")), numuliti pa imajo hialinske hišice, ki jih tvorijo zelo majhna med seboj povezana zrna kalcita z nizko do visoko vsebnostjo magnezija. Ker je stratigrafski razpon številnih vrst foraminifer zelo kratek, jih uporabljamo za določanje relativne starosti kamnin, v katerih se pojavljajo. Na podlagi opaženih foraminifer – za te apnence so značilne združbe s prevladujočimi kroglastimi alveolinami, ki predstavljajo spodnje (starejše) dele enote poznopaleocensko-zgodnjeeocenskega Foraminifernega apnenca.

Z nekaj sreče lahko na istem odseku ceste najdemo tudi druge majhne fosile, kot so vejnate korale, ma-

hovnjaki in koralinaceje (rdeče alge) ter dazikladaceje (zelene alge). Ob SV robu Krasa ti organizmi skupaj s školjkami, polži in iglokožci tvorijo lečasta telesa svetlosivega do belega masivnega koralno-algnega apnenca. Nastal je na majhnih grebenih v notranjem delu plitve Jadransko-dinarske karbonatne platforme.

Nedaleč od Dolenja bomo prečkali naslednjo mlajšo geološko enoto, apnence najmlajše krede do paleocenske starosti. Ta enota, ki ustreza Liburnijski formaciji, je bolje razkrita v okolici Krepelj, zato si jo bomo ogledali na točki 6.

Slika 11.11: Miliolidne foraminifere na polirani površini (Foto: B. Jurkovšek)





Slika 11.12: Alveolinidne foraminifere na polirani površini (Foto: B. Jurkovšek)

Slika 11.13: Apnenec z alveolinami (levo) in numulitinami rodov Assilina in Operculina (desno) (Foto: M. Novak)



Točka 3 – Rudistni apnenec in prelomna cona Raškega preloma na pobočjih doline Raše

Kjer cesta iz Dolenja zavije proti zahodu, se odpre dolg odsek sivega apnenca (točka 3a). Od daleč je mogoče videti temne, obročnem podobne strukture. To so prerezi rudistnih školjk, ki so eden najpogostejših in najbolj značilnih fosilov Geoparka (za opis glej poglavji 3.1 in 8). Sprva vidimo večinoma polomljene lupine, naprej ob poti pa so odlično ohranjene (slika 11.14). Takšno bogastvo rudistnih školjk je značilno le za dve litostratigrafski enoti, in sicer za Lipiško in Repensko formacijo, ki v italijanskem delu Krasa ustrezata zgornji formaciji Aurisina in formaciji Zolla. Vendar so rudisti v Repenski formaciji drugačni in precej večji (glej točko 9a). Prečni prerezi tistih, ki jih vidimo tukaj, imajo pogosto bodičaste ali pokrožne izrastke, tako da so videti kot cvetovi ali zvezde. Ti so značilni za zgornjekredno Lipiško formacijo (staro približno 85 milijonov let). Bodite pozorni, da so apnenčeve plasti še vedno nagnjene proti SV, kar razkriva, da smo še vedno na severovzhodnem krilu antiklinale.

Bolj ko se približujemo dolini Raše, bolj so plasti apnenca razpokane in blizu vznožja pobočja so že močno zdrobljene. Vstopamo v skoraj 100 metrov široko prelomno cono Raškega preloma. Ko cesta doseže dolino Raše, vidimo, da se dolina razteza v skoraj ravni črti v smeri SZ-JV. To

je smer tako imenovanih dinarskih struktur, ki so posledica dinarske orogenetske faze (glej poglavji 5.1 in 10). Od mesta, kjer stojimo (točka 3b; slika 11.15), bi lahko sledili Raškemu prelomu proti severozahodu skozi Kobdilj in Štanjel v dolino Branice in naprej v Furlanijo, proti JZ pa mimo Senadol in južno od Vremščice do Ilirske Bistrice ter verjetno čez Velebit. Toda kako je ta prelom, ki je tako dobro izražen v morfologiji površja, v resnici videti in kaj počne?

Predstavljajte si, da gledate tridimenzionalni model pod svojimi nogami. Videli bi močno zdrobljene plasti apnenca Lipiške formacije, ki so prerezane s skoraj navpično ploskvijo, nagnjeno približno 80° proti SV. Ta površina je glavna prelomna ploskev prelomne cone Raškega preloma. Zdaj si predstavljajte, da ste ta proces opazovali v preteklosti. Videli bi, da celotno območje na drugi strani prelomne ploskve drsi mimo vas na desno. Če bi skočili čez prelomno ploskev, bi se seveda ozemlje na nasprotni strani tudi premikalo v desno. Prelomi, ki na ta način zamikajo dva tektonska bloka, se imenujejo desnozmični prelomi. Raški prelom velja za aktivno tektonsko strukturo, kar pomeni, da lahko kadar koli sproži potres.

Na točki 3b zapustimo kolesarsko Jakobovo pot, ki se nadaljuje proti vasi Mahniči, in ostro zavijemo proti Novi vasi, nazaj na označeno pešpot. Raški prelom v dolini Raše poteka vzdolž

*Slika 11.14: Apnenčaste plasti, polne rudi-
stnih lupin na točki 3a (Foto: M. Novak)*



Slika 11.15: Morfološki izraz Raškega preloma v dolini Raše na točki 3b (Foto: M. Novak)



njenega jugozahodnega roba in ponekod celo seka izbočene dele jugozahodnih pobočij. Takšen je primer Avberske rebri med Novo vasjo in Rašo, kjer nas pot popelje po pobočju navzgor.

Točka 4 – Opuščeni kamnolomi v okolici vasi Avber

Ko dosežemo vrh planote, najdemo oznake za Pot kavadurjev. Kavadur je lokalni izraz za delavca v kamnolomu, ki je v težkih pogojih z ročnim orodjem in z enostavnimi pripomočki lomil kamnite bloke in jih pripravljaj za nadaljnjo obdelavo. Ta petkilometrška krožna pot nas popelje do nekaterih od 15 majhnih kamnolomov ali *jav*, kot jim pravijo domačini, ki so med 1. in 2. svetovno vojno obratovali v okolici vasi Avber (tukaj je zemljevid z opazovalnimi točkami: https://www.avber.eu/pot_kavadurjev.html). Danes jih večinoma prerašča vegetacija, v nekaterih pa samo še veliki kupi razsutega kamenja (domačini jim rečejo imenujejo *griže*) pričajo o kamnolomski dejavnosti.

Svetujemo, da sledite oznakam Poti kavadurjev, saj se njen vzhodni del skoraj ujema z Jakobovo potjo in nas bo s krajšimi obhodi pripeljala do Avbra. Na naši 4. točki (ustreza 3. točki Poti kavadurjev) bomo v ostankih Plaviščeve jave preučili različke apnenca.

Videli boste, da je struktura apnenca enaka kot na prejšnji točki in tudi ru-

distne školjke boste našli. Še vedno smo v Lipiški formaciji. Vendar je barva apnenca, ki ga vidimo tukaj, veliko temnejše siva do skoraj črna. Ta vrsta apnenca, imenovana tudi Kazeljski apnenec ali Avbrski apnenec, se nahaja na širšem območju med vasmi Ponikve, Avber, Gradnje in Kazlje. Nastal je v zaprtih morskih lagunah ali na njihovih robovih, z občasno nizko vsebnostjo kisika, kjer se je ohranilo veliko organskih snovi, ki so se drobno razpršile med sedimentna zrna. Ta primes daje apnencu temno barvo. Če ga razbijemo z geološkim kladivom, zaznamo močan vonj po bitumnu. Večinoma vidimo enakomerno debelo-kristalasti apnenec, sestavljen iz popolnoma zdrobljenih lupin rudistov, razdrobljenih na milimetrška zrna. V nekaterih plasteh pa so lupine rudistov dobro ohranjene (sliki 11.16 in 11.17). To sta enaki vrsti apnenca kot njuna svetlejša bratranca, ki ju še vedno intenzivno pridobivajo v velikih kamnolomih v Lipici. Prvi je znan kot "enotni" ali "*unito*" apnenec, drugi, katerega rudistni preseki spominjajo na cvetove, pa se imenuje "rožnati" ali "*fiorito*" apnenec (glej poglavje 10).

Zaradi redkosti, dobrih lastnosti in okrasne vrednosti se ta apnenec uporablja predvsem kot butični kamen za manjše dekorativne elemente v cerkvah (oltarji, stebri, kipi) in v imenitnejših stavbah. Dober primer je notranjost župnijske cerkve sv. Elije (1823) v vasi Kopriva.



Slika 11.16: Prerez rudistne trate v apnencu severovzhodno od Kazelj (Foto: B. Jurkovšek)

Na poti od Avbra do Tomaja ne bomo videli velikih razlik v kamninah. Ko hodimo po Kraški planoti, lahko uživamo v najbolj značilni kraški pokrajini, razgibanem površju, preluknjanem z vrtačami in preprede-

nem s suhimi zidovi. Toda nekaj pomembnega se bo kmalu spremenilo. Približno na polovici poti do Tomaja redko izražene apnenčaste plasti spremenijo svojo orientacijo. Njihov blag naklon proti JZ nam pove, da smo zdaj na drugi strani antiklinale, na njenem jugozahodnem krilu. Osnovno ravnino (tj. središče) antiklinale smo prečkali približno 400 metrov južno od glavne ceste med Ponikvami in Dobravljami, vendar tega v naravi ni mogoče opaziti. V uvodu v učno pot smo prebrali, da bomo v središču antiklinale videli najstarejše kraške kamnine. Toda če pogledamo geološki stolpec, vidimo, da je Lipiška formacija še daleč od njegovega dna. Brez skrbi, tektonski prelom nas bo kmalu premaknil tja.

Slika 11.17: Polirana plošča Avbrskega apnenca z rudistno vrsto Eoradiolites avberi iz vasi Gradnje (Foto: B. Jurkovšek)



Točka 5 – Ploščasti apnenec v Tomaju

Na pobočju hriba, na katerem leži Tomaj, vstopimo v zelo posebno geološko enoto, Tomajski ploščasti apnenec. Ploščasti apnenec je tankoplastnat, običajno temno obarvan, bituminozen, laminiran in drobnozrnat apnenec. Plasti so običajno debele od 1 do 10 cm. Laminacija je drobna struktura znotraj plasti, ki jo sestavljajo zelo tanke lamele (debele ~ 1 mm).

Ena od značilnosti Tomajskega ploščastega apnenca je prisotnost roženca, običajno v obliki gomoljev, tankih leč ali tankih plasti (glej poglavje 8). Zlahka ga prepoznamo po voskastem sijaju, školjkastem lomu z zelo ostrimi robovi in po reliefu na prepereli površini apnenca. Še en dober način za razlikovanje roženca od drugih (karbonatnih) kamnin, ki ga obkrožajo, je preprost "test razenja". Roženec ne razi le stekla, ampak pusti raze tudi na jeklenem geološkem kladivu. Druga značilnost Tomajskega apnenca je številčnost in velika raznovrstnost fosilov, ki jih predstavljajo morski plazilci, ribe, amoniti, planktonski brezstebelni krinoidi in rastlinski ostanki (glej poglavji 4.2 in 10).

Tomajski apnenec se pojavlja v prostorsko omejenih sedimentnih telesih (lečah in horizontih), debelih od nekaj metrov do 40 metrov, znotraj drugih debeloplastnih apnencev

(glej poglavje 4.2). Ker na naši poti ni dobrih izdankov za preučevanje Tomajskega apnenca, si bomo ta apnenec in njegov arhitekturni pomen ogledali v dveh znamenitostih kulturne dediščine.

Ploščasti apnenec je verjetno eden najstarejših gradbenih materialov na območju matičnega Krasa. V preteklosti je na tem območju delovalo veliko manjših kamnolomov, domačini pa so pogosto s krampi in vzvodi preprosto lomili apnenčeve plošče kar na površju in jih nato uporabljali za gradnjo suhih kamnitih zidov, strešno kritino in tlakovce. Plošče, ki so jih uporabljali za strešno kritino, so bile običajno velike od 15 x 20 cm do 30 x 35 cm in debele od 2 do 5 cm. Eden najlepših primerov sakralne stavbe, pokrite s ploščami (v lokalnem jeziku *škrle*) iz Tomajskega apnenca, je cerkev Device Marije (slika 11.18), le korak stran od naše poti (točka 5a). Takšni primeri avtohtone kraške arhitekture so zelo ogroženi.

Zaradi strogih varnostnih standardov in drugih predpisov, povezanih z rudarjenjem, kamnolomi ter ohranjanjem in varovanjem narave, tradicionalna uporaba kamna danes ni več mogoča. Pri obnovi ali gradnji hiše na tradicionalen način je veliko težav, med drugimi pomanjkanje znanja o tem, kako to storiti, pravne omejitve in zakonit dostop do gradbenih materialov. Zaradi naštetih razlogov se gradbeni kamen pogosto upo-



Slika 11.18: Cerkev Device Marije v Tomaju (Foto: M. Novak)

rablja neustrezno ali se nadomešča z neavtohtonim kamnom in drugimi materiali. Značilni kamniti arhitekturni elementi takšnih stavb so pogosto poškodovani, uničeni ali propadajo. Izguba takšne kamnite stavbne dediščine je velika grožnja kraški kulturni krajini.

Ko bomo zapustili Tomaj, bomo šli mimo še ene kamnite strukture kulturnega pomena. Suhi kamniti zid, zgrajen iz Tomajskega apnenca z lepo vidno laminacijo in lečami roženca (točka 5b; slika 11.19). Veščina suhozidne gradnje, znanje in tehnike, je bila leta 2018 vpisana na Unescov seznam nesnovne kulturne dediščine človeštva.

Obdelovalne površine južno od Tomaja rodovitnost dolgujejo prav Tomajskemu apnencu. Njegova prepešina, rdečkasto rjava jerovica (*terra rosa*), ki vsebuje roženec, je še posebej primerna za gojenje vinske trte. Ko pot zapusti polja, naletimo na novo geološko enoto.

Slika 11.19: Suhi kamniti zid na točki 5b in detajl temnih plasti roženca v laminiranih blokih Tomajskega ploščastega apnenca (Foto: M. Novak)



Točka 6 – Apnenci na kredno-paleogenški meji v Krepljah

Siv do temnosiv apnenec, ki je večinoma lepo plastnat, se ne razlikuje veliko od Tomajskega apnenca in spremembo bi zlahka spregledali, če ne bi bili pozorni. Šele natančno opazovanje nas bo pripeljalo do ugotovitve, da v teh apnencih nikjer ni roženecv. So pa v njih fosili, ki razkrivajo pravo naravo teh apnenecv. Mogoče je najti plasti s tankimi lupinami rudistov, pogostejše pa so plasti s številnimi lupinami drugih skupin mehkužcev (školjk in polžev). Vendar pa lepo izražene tanke plasti apnenca na točki 6 (slika 11.20) skrivajo drobne predstavnike zelo zanimive skupine fosilov. Če jih želite najti, odložite kos apnenca, zmočite površino in si jo oglejte skozi ročno lupo. Opazili boste veliko majhnih krogcev s temnejšimi robovi. Če boste imeli srečo, boste te fosile našli tudi naravno izlužene na prepereli površini. V tem primeru lahko vidite pravo jajčasto obliko teh fosilov s spiralno zavitimi rebri (slika 11.21). To so razmnoževalni organi zelenih alg iz družine haracej,

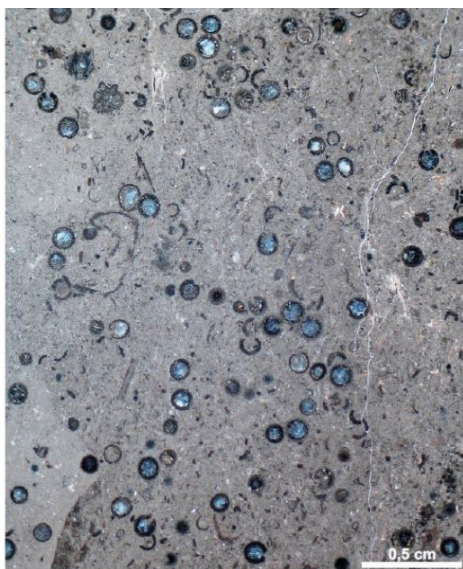
enakovredni semenom pri kopenskih rastlinah. Fosilizirajo se njihove kalcificirane oospore, imenovane girogoniti. Zanimivo je, da so haracejske alge živele v sladkovodnih in brakičnih okoljih. To vemo zaradi njihovih danes živečih sorodnikov, ki jih poznamo pod imenom parožnice, ker se lahko obložijo z apnenčasto skorjo. Ti apnenci, ki pripadajo Liburnijski formaciji so se res odlagali v izmenično plitvomorskih, brakičnih in sladkovodnih okoljih. Na nekaterih mestih na Krasu, na primer v Vremskem Britofu, so nakopičenja pooglenelih ostankov makroflore iz sladkovodne in brakične faze sedimentacije privedla do nastanka plasti premoga.

Opazovani apnenec Liburnijske formacije je poznokredne do zgodnjepaleocenske starosti (star približno 65 milijonov let). To pomeni, da se res oddaljujemo od središča antiklinale proti mlajšim geološkim enotam. Poglejte tudi, da so apnenčeve plasti nagnjene proti jugozahodu, kar potrjuje, da smo na jugozahodnem krilu antiklinale.



Slika 11.20: Plastnati apnenec Liburnijske formacije na točki 6 (Foto: M. Novak)

Slika 11.21: Naravno izluženi girogoniti haracej na prepereli površini haracejskega apnenca (levo) in v polirani apnenčevi plošči (desno) (Foto: B. Jurkovšek)



Točka 7 – Divaški prelom v Krepljah

Na zadnjem ovinku ceste pred železniškim podvozom v Krepljah naše geološko potovanje doživi dramatičen zasuk. Ko se približujemo podvozu, so apnenčeve plasti najprej močno razpokane, ko pridemo do ovinka pa v popolnoma zdrobljeni kamnini ni več videti nobene plastnatosti (slika 11.22). Če se spomnite, kako je bila videti prelomna cona Raškega preloma na točki 3, boste zlahka prepoznali podobnost. Nahajamo se v notranji prelomni coni nove močne tektonske strukture, Divaškega preloma. In kot da bi bil železniški podvoz nekakšen časovni stroj, ko pridemo na drugi ven, stojimo na spodnjekrednih kamninah, ki so 45 milijonov let starejše. Kaj se je torej zgodilo?

Čeprav je Divaški prelom zdaj desnozmčni prelom je nastal, tako kot tudi Raški prelom, kot normalni prelom v eocenu, pred nastankom antiklinale (glej razlago v poglavju 5.1). Njune oslabiljene tektonske cone so se ponovno aktivirale v bočno zamikanje razmeroma pred kratkim, v tektonski fazi, imenovani Neoalpinska, na prehodu iz miocena v pliocen ("še" pred približno 5 milijoni let). V obdobju normalnega premikanja se je celotna severovzhodna "polovica današnje Kraške planote" glede na jugozahodno polovico pogreznila za več sto metrov. Tako se s prečkanjem Divaškega preloma

"povzpne" do spodnjekrednih apnencev in dolomitov Povirske formacije, ki so v geološkem stolpcu približno 1.440 metrov nižje. Če je to težko razumeti, se spomnite, da hodimo po površju antiklinale, katere vrh je odstranila erozija. Da sta zdaj Liburnijska formacija na eni strani preloma in veliko starejša Povirska formacija na drugi strani na isti ravni, se je moral severovzhodni tektonski blok precej pogrezniti.

Čeprav je za porušeno simetrijo Kraške antiklinale najbolj kriv Divaški prelom, si bomo prav zahvaljujoč temu prelomu lahko ogledali tudi nekatere najstarejše kamnine na Krasu, saj bomo od tu na novo začeli pot od središča antiklinale do njene zunanje geološke enote na jugozahodnem krilu.



Točka 8 – Apnenec, dolomit in breča spodnje krede na Prevalu Prelovec

Ko se vzpenjamo proti Prevalu Prelovec, vidimo zmerno dobro razvite plasti srednje do temno olivno sivega apnenca. Tu in tam se vmes pojavljajo tanki paketi in plasti temnosivega bituminoznega dolomita.

Tam, kjer pot doseže cesto čez sedlo, stoji majhna kamnita kapelica (pil), ob njej pa so skale z grudasto površino. Če pogledamo natančneje, bomo videli, da so grude oglati kosi kamnine, ki so zlepljeni z drobnozrnatim vezivom (slika 11.23). Takšno debelozrnato sedimentno kamnino imenujemo breča. Če grudo razbijete s kladivom, boste videli rumenkasto sivo površino.

Slika 11.22: Zdrobljen apnenec v notranji prelomni coni Divaškega preloma na točki 7 (Foto: M. Novak)

Kako lahko ugotovite, ali gre za apnenec ali dolomit? Se spomnite kislinkega testa iz uvoda? Kapljica 10 % HCl na sveži površini ne bo povzročila mehurčkov, kar kaže, da so ti kosi kamnine dolomit. Takšna plast dolomitne breče se pojavlja v Povirski formaciji na meji med spodnjo in zgornjo kredo (starost 100 milijonov let) na celotni Kraški planoti. Njen izvor razlagajo kot tektonsko in diagenetsko oblikovan v več fazah tektonskega prelamljanja. Spodnji del Povirske formacije in enota dolomitne breče ustrezata italijanskemu apnencu Monte Coste in formaciji Monrupino.



*Slika 11.23: Dolomitna breča na točki 8
(Foto: M. Novak)*

*Slika 11.24: Paleokraški pojavi na točki 8
(Foto: M. Novak)*



Na tej točki je še en zelo zanimiv pojav. Oglejte si usek na začetku višje, ožje ceste, ki se z glavne odcepi proti Vrhovljam. Horizont sive dolomitne breče seka več debelih, skoraj navpičnih žil rumenkastega materiala. Našli boste kose dolomita, ki so prepleteni s sigo (slika 11.24; glej tudi poglavje 8). To je očitno kraški pojav. Vendar se kraško preperevanje v tem primeru ni zgodilo pred kratkim, temveč daleč v geološki preteklosti. Pojavom, kot so starodavne kraške votline, zapolnjene s sedimenti in sigo, pravimo paleokras. Ker so lahko nastali le na kopnem, pričajo o obdobjih nizke gladine morja, ko so deli Jadransko-dinarske platforme okopnili (glej poglavje 4.1). Na tej točki našega potovanja skozi geološko preteklost smo se torej najbolj približali temu, da bi prilezli iz vode.

Jakobova pot se nadaljuje po pretežno dolomitnih plasteh zgornje Povirske formacije in prečka mejo z Italijo. Na italijanski strani pot v naravi ni označena, zato ji moramo slediti na zemljevidu.

Točka 9 – Rudistni apnenci v okolici vasi Zolla-Col

Obdan z dolomitom je vrh hriba Tabor, na katerem stoji čudovita trdnjava Repentabor (Rocca di Monrupino), zgrajen iz apnenca iz najnižjega dela enote Rudistnega apnenca. V Sloveniji se imenuje Repenska formacija, v Italiji pa člen Zolla Nabrežinskega

(Aurisina) apnenca. Ker so geološke značilnosti tega apnenca in panoramski razgled s trdnjave opisani v italijanskem priročniku (glej 4. točko 2. poti), bomo omenili samo kip razglednika (*Statua della vedetta*), ki stoji pod obzidjem (točka 9a; slika 11.25).

V apnencu, iz katerega je izklesan ta kip, z lahkoto prepoznate znano fosilno skupino rudistnih školjk. Vendar če primerjamo njihove prečne in vzdolžne prereze s tistimi, ki smo jih

Slika 11.25: Repenski apnenec v kipu na točki 9a (Foto: M. Novak)



videli v Lipiškem apnencu, so ti veliko večji. Skupaj s precej tanjšimi in temnejšimi lupinami drugih školjk (večinoma pripadajo vrsti *Chondrodonta joannae*; glej poglavje 3.1) dajejo temu svetlosivemu apnencu tako značilen videz, da ga zlahka prepoznamo, kjer koli ga vidimo. In vidimo ga lahko veliko, saj se pogosto uporablja kot okrasni kamen za talne in stenske obloge v notranjih in zunanjih prostorih. Imenuje se Repenski apnenec ali Repen Classico Zolla po Colu, mestu pod hribom Tabor. Zaradi svoje zelo drobnozrnate strukture je eden najobstojnejših naravnih kamnov Krasa, zato ga pridobivajo v številnih kamnolomih prav na tem območju. Številni kamnolomi pa ne obratujejo več.

Priporočamo, da se s hriba odpravite po južni cesti mimo repentabskega pokopališča in obiščete geološko zanimive kamnite stolpe Repenskih sten, ki so opisane na točki 3 italijanske poti št. 2. Ko se vračate na glavno cesto skozi Col, je tik pred križiščem lep dolg izdanek Repenskega apnenca. Njegove plasti se rahlo spuščajo proti JZ, kot bi tudi pričakovali na jugozahodnem krilu antiklinale. V smeri proti jugu hitro prečkamo ozek pas Repenske formacije, ki na tem območju ni debelejša od 500 metrov. Naslednja postojanka je že v mlajši formaciji enote Rudistnih apnencev. V Sloveniji jo imenujemo Sežanska formacija, v Italiji pa predstavlja spodnji del Nabrežinskega apnenca. Ta apnenec je še bolj poznan kot

Repenski apnenec, zato je točka 9b, kamnolomi Cola, posvečena nekaterim od številnih mest izkopavanj. Za razlago glej opis točke 3 italijanske poti št. 2.

Točka 10 – Rudistni apnenci pri Opčinah-Opicini

Po Jakobovi poti ob glavni cesti do Opčin-Opicine vidimo številne goličice apnenca Sežanske formacije. Običajno tvori srednje debele do debele plasti, ki so precej revne z večjimi fosili, rudistne školjke, kjer se pojavijo, pa so večinoma zdrobljene. Najbolje jih vidimo v cestnih usekih dveh podvozov pod železniško progo (slika 11.26).

Takoj po izhodu iz zadnjega železniškega podvoza nas obkrožajo najmlajše kamnine enote Rudistnih apnencev. Te kamnine že poznate. Pripadajo Lipiški formaciji. In tako smo spet v najstarejši geološki enoti, na katero smo naleteli v središču razlomljene Kraške antiklinale SV od Divaškega preloma. Tu se pojavljajo v jugozahodnem krilu, in sledijo jim, kot v zrcalni sliki severovzhodnega krila, mlajši apnenci Liburnijske formacije, Foraminiferni apnenec in Fliš, ki jih že poznamo. Prvima dvema enotama tu ne bomo posvečali posebne pozornosti, saj so izdanki zaradi mestne infrastrukture redki.

Fig. 11.26: Apnenec Sežanske formacije s horizontom zdrobljenih rudistnih školjk na točki 10 (Foto: M. Novak)



Točka 11 – Alveolinsko-numulitni apneneci pri obelisku v Opčinah-Opicini

Plasti apnenca, na katerih stoji obelisk v Opčinah-Opicini, je vse polno belih pik. Še lepše kose te kamnine lahko najdemo v kamnih s preperelo površino okoli obeliska (slika 11.27). Če si jih pozorno ogledate, boste takoj prepoznali alveolinidne foraminifere, enake tistim, ki smo jih videli na točki 2. Spremljajo jih majhni lečasti numuliti. Vrnili smo se torej v spodnji del Alveolinsko-numulitnega apnenca, kjer numuliti še niso dosegli velikih velikosti.

Naj omenimo še eno kamnino, ki se nam ponuja na ogled v obliki nizkih kamnitih stebričkov ograje okoli obeliska. Ti so skoraj v celoti sestavljeni iz odlomkov rudistnih školjk, ki dajejo zelo značilen videz apnencu, poznanem pod imenom Nabrežinski (Au-

risina) apnenec. Ta apnenec pripada zgornjemu delu enote, ki ustreza Lipiški formaciji. Pridobivali so ga že Rimljani v znamenitem kamnolomu *Cava Romana* v Nabrežini-Aurisini, nedaleč severozahodno od tod (glej poglavje 4.2 in 6).

Točka 12 – Prehodne plasti in Fliš vzdolž ceste v Trstenik-Terstenico

Da bi si lahko dobro ogledali kamnine, ki bodo zaključile naše vznemirljivo geološko potovanje, moramo nekoliko skreniti z Jakobove poti. Namesto da bi se spustili v Trst, se odpravimo po cesti Via Bonomea proti zahodu, v Trstenik-Terstenico. V dolgem cestnem useku sledimo Alveolinsko-numulitnemu apnencu. Dobro razvite plasti so razmeroma strmo (okoli 40 stopinj) nagnjene proti JZ (slika 11.28). To nam pove, da smo v spodnjem delu krila naše antiklinale – poglejte



*Slika 11.27: Plasti Alveolinsko-numulitnega apnenca in detajl preperele površine
(Foto: M. Novak)*

model 11.2 in videli boste, da so plasti v središču antiklinale vodoravne. Ista geološka enota je razgaljena ob cesti *Strada Napoleonica* in je opisana na točki 6 italijanske učne poti št. 2, približno 4 km SZ od tod.

Tam, kjer se pobočje izravna, se apnenčeve plasti nenadoma končajo in pojavi se nova kamnina. Smo na stiku z rumenkasto-sivim laporcem. V zadnjih, tj. najmlajših apnenčevih plasteh lahko najdemo lepe vzdolžne preseke velikih numulitov. Podobno kot na točki 1 je laporvec zdrobljen in močno preperel. Preperele površine so skoraj bele (slika 11.29). Zdaj smo v enoti, imenovani Prehodne plasti. Te že spominjajo na fliš, vendar med laporcem še ni plasti peščenjaka. Ta enota je v tem delu Krasa zelo tanka in nezvezna.

Ko nadaljujemo po pobočju navzdol, so izdanki zelo redki, vendar tu in tam izstopajo za fliš značilne plasti peščenjaka, večina kamnitih zidov pa je iz flišnih blokov. Tako imenovani Tržaški fliš tvori skoraj celotno obalo Tržaškega zaliva.



Slika 11.28: Najvišje plasti Alveolinsko-numulitnega apnenca ob cesti Via Bonomea z velikimi numuliti (Foto: M. Novak)

*Slika 11.29: Prehodni laporovci na stiku s Foraminifernim apnencem na točki 12
(Foto: M. Novak)*



Na koncu zanimivega geološkega potovanja

In tako smo spet tam, kjer smo začeli naše geološko potovanje. Čeprav pot, ki smo jo prehodili, ni bila krožna, temveč ravna, nas je skoraj simetrična struktura Kraške antiklinale pripeljala nazaj v isto geološko enoto. Če se ozremo nazaj in se spomnimo, kako smo lahko določili starost posamezne geološke enote, se nam razkrije zanimiv paradoks. Nekatere največje geološke strukture, kot je naša velika Kraška antiklinala, lahko odkrijemo le s pomočjo nekaterih najmanjših fosilnih bitij, kot so naše enocelične foraminifere.

12. REFERENCE IN DODATNI VIRI

Poljudno-strokovne publikacije s preglednimi opisi geoloških vsebin matičnega Krasa:

Bensi S., Novak M., Otoničar B., Calligaris C., Cucchi F., Zini L., Bonini L., Barone V., Škrjanec S., Piano C. (eds), 2022: Geopark Kras = Il geoparco del Carso Classico = The Classical Karst geopark. Geological Survey - Central Directorate for Environmental Protection, Energy and Sustainable Development of the Autonomous Region of Friuli Venezia Giulia, 2022, Trst-Trieste; Geopark_Kras_SLO.pdf (regione.fvg.it)

Consorti L., Arbullo D., Bonini L., Fabbi S., Fanti F., Franceschi M., Frijia G., Pini G.A., 2021: The Mesozoic palaeoenvironmental richness of the Trieste Karst. 90. Congresso della Soc. Geol. It. - Trieste, 14-16 settembre 2021, Pre congress Field Trip N. 4. Periodico semestrale del Servizio Geologico d'Italia, ISPRA e della Società Geologica Italiana Geol. Field Trips & Maps 13/2.2, 40 pp; The Mesozoic palaeoenvironmental richness of the Trieste Karst (units.it)

Cucchi F., Pirini Radrizzani C., Pugliese N., 1989: The carbonate stratigraphic sequence of the Karst of Trieste (Italy). Mem. Soc. Geol. Ital. 40 (1987), 35–44.

Cucchi F., Finocchiaro F., Muscio G. (eds.), 2009: Geositi del Friuli Venezia Giulia, Ed. DiSGAM-Università di Trieste – R.A. Friuli Venezia Giulia, Tipografia Arti Grafiche Friulane/Imoco spa, Udine, 383 pp.

Cucchi F., Finocchiaro F., Zini L., 2010: Karst Geosites in NE Italy. In: Andreo B., Carrasco F., Duran J.J., La Moreaux J.W. (eds.), Advances in Research in Karst Media, 393–398.

Jurkovšek, B. & Kolar-Jurkovšek, T., 2002: Kras – pokrajina terana in fosilov: kaj kažejo najnovejša raziskovanja. Kras, 45, 37-39, Ljubljana.

Jurkovšek B. & Kolar-Jurkovšek T., 2021: Fosili Slovenije: pogled v preteklost za razmislek o prihodnosti = Fossils of Slovenia. Ljubljana, Geološki zavod Slovenije, 264 str.

Jurkovšek B., Cvetko Tešović B., Kolar-Jurkovšek T., 2013: Geologija Krasa = Geology of Kras. Ljubljana, Geološki zavod Slovenije, 205 str.

Pavlovec R., Pleničar M., Drobne K., Ogorelec B., Šušteršič F., 1989: History of geological investigations of the Karst (Kras) region and the neighbouring territory (Western Dinarides). Mem. Soc. Geol. Ital. 40 (1987), 9–20, Roma.

Geološke karte Krasa in pripadajoči tolmači:

Cucchi F. & Piano C. (eds.), 2013: Carta geologica del Carso Classico (tratta dalla Carta di sintesi geologica alla scala 1:10.000 – Progetto GEO-CGT) e Brevi Note Illustrative della Carta Geologica del Carso Classico Italiano con Fanucci, F., Pugliese N., Tunis G., Zini L. (eds), Direzione centrale ambiente energia e politiche per la montagna, Servizio Geologico, Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, Trieste.

Cucchi F. & Zini L., 2002: Carta geomorfologica e strutturale del Carso Triestino alla scala 1:50.000. In: Hohenegger J., Melis R., Pervesler P., Pugliese N. (eds.), Field Excursion Guide of the Third Int. Congr. "Environmental Micropaleontology, Microbiology and Meiobenthology" - EMMM'2002 Trieste, 45 pp.

Jurkovšek B. 2010: Geološka karta severnega dela Tržaško-komenske planote 1 : 25.000, tolmač. = Geological map of the Trieste-Komen Plateau 1:25,000, explanatory book. Ljubljana, 72 pp.

Jurkovšek B., Toman M., Ogorelec B., Šribar L., Drobne K., Poljak M. & Šribar L., 1996: Formacijska geološka karta južnega dela Tržaško-komenske planote 1 : 50.000. = Geological Map of the Southern part of the Trieste-Komen plateau (Slovenia), 1:50,000. Inštitut za geologijo, geotehniko in geofiziko, Ljubljana, 143 pp.

Jurkovšek B., Biolchi S., Furlani S., Kolar-Jurkovšek T., Zini L., Jež J., Tunis G., Bavec M., Cucchi F., 2016: Geology of the Classical Karst Region (SW Slovenia–NE Italy). Journal of Maps 12, 352–362, 1 supl.; Full article: Geology of the Classical Karst Region (SW Slovenia–NE Italy) (tandfonline.com)

Placer L., 2015: Poenostavljena strukturno-geološka karta Krasa Kras, (slovensko), Carso (italjansko) = geografska enota. Geologija 58/1, 89–93; Poenostavljena strukturno-geološka karta Krasa Kras, (slovensko), Carso (italjansko) = geografska enota | Geologija (geologija-revija.si)

Znanstveni članki in monografije z opisi geološke zgradbe in posameznih skupin fosilov matičnega Krasa:

Barattolo F., Bressan G., Burelli G., Carulli G.B., Cucchi F., Drobne K., Ogorelec B., Pirini C., Poli E., Pugliese N., Romano R., 2005: Cretaceous/Tertiary boundary and Paleocene deposits of Trieste Karst and Slovenia. Studi Trent. Sci. Nat., Acta Geol. 80 (2003), 39–64, Suppl. 1. Caffau M., Pleničar M., Pugliese N., Drobne K., 1998: Late Maastrichtian rudists and microfossils in the Karst region (NE Italy and Slovenia). Geobios, Mem. Spec. 22, 37–46.

Calligaris R., 1992: I pesci fossili dei calcari ittiolitici di Comeno e di facies a questa correlabili conservati nelle collezioni del Museo civico di Storia Naturale di Trieste. Atti del Museo Civico di Storia Naturale di Trieste 44, 57–111.

Cavin L., Jurkovšek B., Kolar-Jurkovšek T., 2000: Stratigraphic succession of the Upper Cretaceous fish assemblages of Kras (Slovenia). Geologija 43/2, 165–195.

Debeljak I., Košir A., Buffetaut E., Otoničar B., 1999: A preliminary note on dinosaurs and non-dinosaurian reptiles from the Upper Cretaceous carbonate platform succession at Kozina (SW Slovenia). Razprave 40, 3–25.

Debeljak I., Košir A., Buffetaut E., Otoničar B., 2002: The Late Cretaceous dinosaurs and crocodiles of Kozina (SW Slovenia): a preliminary study. *Mem. Soc. Geol. Ital.* 57, 193–201.

Dobruskina I., Jurkovšek B., Kolar-Jurkovšek T., 1999: Upper Cretaceous flora of Slovenia. *Annales* 9/2, 243–256.

Dragičević I., & Velić I., 2002: The northeastern margin of the Adriatic carbonate platform. *Geologia Croatica* 55/2, 185–232.

Drobne K., Ogorelec B., Pleničar M., Zucchi-Stolfa M.L., Turnšek D., 1988: Maastrichtian, Danian and Thanetian beds in Dolenja vas (NW Dinarides, Yugoslavia). Mikrofacies, foraminifers, rudists and corals. *Razprave 4. razr. SAZU* 29, 149–224.

Drobne K., Ogorelec B., Pleničar M., Barattolo F., Turnšek D., Zucchi Stolfa M.L., 1989: The Dolenja Vas section, a transition from Cretaceous to Palaeocene in the NW Dinarides, Yugoslavia. *Mem. Soc. Geol. Ital.* 40, 73–84.

Gorjanović-Kramberger C. 1895: Fossilne ribe Komena, Mrzleka, Hvara i M. Libanona uz dodatak o oligocenskim ribama Tüffera, Zagora i Trifalja. *Djela jugoslavenske Akademije znanosti i umjetnosti* 16, 1–67.

Jurkovšek, B. & Kolar-Jurkovšek, T., 1995: Zgornjekredni skat Rhinobatos iz Lipiške formacije pri Dobravljah (Tržaško-komenska planota, Slovenija). *Annales* 7, 161-170, Koper.

Jurkovšek B. & Kolar-Jurkovšek T., 2007: Fossil assemblages from the Upper Cretaceous Komen and Tomaj Limestones of Kras (Slovenia). *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie - Abhandlungen* 245/1, 83–92.

Košir A., Goričan Š., Debeljak I., Otoničar B., Turnšek D., 1999: Vodnik po ekskurziji ob 50. obletnici ustanovitve Paleontološkega inštituta Ivana Rakovca ZRC SAZU. Ljubljana, Založba ZRC SAZU, 20 pp.

Ogorelec B., Dolenc T., Cucchi F., Giacomich R., Drobne K., Pugliese N., 1995: Sedimentological and geochemical characteristics of carbonate rocks from the K/T boundary to Lower Eocene on the Karts area (NW Adriatic platform). *Proc. of 1st Croatian Geol. Congress, Opatija*, 415–42.

Ogorelec B., Dolenc T., Drobne K., 2007: Cretaceous–Tertiary boundary problem on shallow carbonate platform: carbon and oxygen excursions, biota and microfacies at the K/T boundary sections Dolenja vas and Sopada in SW Slovenia, Adria CP. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 255/1-2, 64–76.

Otoničar B., 2007: Upper Cretaceous to Paleogene forbulge unconformity associated with foreland basin evolution (Kras, Matarsko Podolje and Istria; SW Slovenia and NW Croatia). *Acta Carsologica* 36/1, 101–120.

Placer L., Vrabec M., Celarc B., 2010: Osnove razumevanja tektonske zgradbe NW Dinari-dov in polotoka Istre. *Geologija* 53/1, 55–86;

Pleničar M., 2005: Upper Cretaceous Rudists in Slovenia. = Zgornjekredni rudisti v Sloveniji. SAZU 39, 255 pp.

Pleničar, M. & Jurkovšek, B., 1997: Rudisti iz Lipiške formacije v kamnolomu Lipica I = Rudists from the Lipica Formation in the Lipica I quarry. Annales 11, 115-140, Koper.

Radinja D., 1971: Usad nad Podrago v Vipavski dolini: primer porušenega prirodnega ravnotežja v flišni submediteranski pokrajini. Geografski zbornik 12, 265-318.

Scotese C.R., 2014: Atlas of Paleogene Paleogeographic Maps (Mollweide Projection), Vol. 1 and 2, The Cenozoic and The Cretaceous, PALEOMAP Atlas for ArcGIS, PALEOMAP Project, Evanston, IL; Home Page (scotese.com)

Znanstveni članki in monografije z opisi geomorfologije in hidrogeologije matičnega Krasa:

Aljančič M., Brenčič M., Gams I., Kranjc A., Lajovic A., Lowe D.J., Planina T., Sket, B., Šušteršič F. (eds.), 1998: Škocjanske jame - The Škocjanske jame caves. Naše jame 40, Bulletin of the Speleological Association of Slovenia.

Civita M., Cucchi F., Eusebio A., Garavoglia S., Maranzana F., Vigna B., 1995: The Timavo hydrogeologic system: an important reservoir of supplementary water resources to be reclaimed and protected. Acta Carsologica 24, 169-186.

Cucchi F., Zini L., Calligaris C., 2015: Le acque del Carso Classico/Vodonosnik klasičnega Krasa. Progetto/Projekt HYDROKARST, Edizioni Università di Trieste, 181 pp.

Gabrovšek F. & Peric B., 2006: Monitoring the flood pulses in the epiphreatic zone of karst aquifers: the case of Reka river system, Karst plateau, SW Slovenia. Acta Carsologica 35/1, 35-45.

Gams I., 2003: Kras v Sloveniji – v prostoru in času. Založba ZRC, Ljubljana, 516 pp.

Knez M., Otoničar B., Petrič M., Pipan T., Slabe T. (eds.), 2020: Karstology in the Classical Karst. Springer, Advances in karst science, 222 pp.

Kranjc A. (ed.), 1997: Kras - Slovene Classical Karst. Založba ZRC, Ljubljana, 254 pp.

Kranjc A., 1999: Uvod. In: Kranjc A. (ed.), Kras – pokrajina, življenje, ljudje. Založba ZRC, Ljubljana, 9-17.

Kranjc A., 2002: Zgodovinski pregled in opis jam (A Historical Overview and Description of the Caves). In the monograph Park Škocjanske jame (The Škocjan Caves Park), Škocjan Caves Park publi.

Mihevč A., 2001: Speleogeneza Divaškega krasa. Založba ZRC, Ljubljana, 180 pp.

Zupan Hajna N., 2021: Karst, Caves and People. Založba ZRC, Ljubljana, 173 pp.

Poljudno-strokovne publikacije z opisi kraškega kamna in kamnite kulturne dediščine matičnega Krasa:

Belingar E. (ed.), 2014: Priročnik kraške suhozidne gradnje. Park Škocjanske jame, Škocjan, 31 pp.

Biolchi S., Cucchi F., Pieri F., Devoto S., Furlani S., Tunis G., Zini L., Gerdol S., Bavec M., Kolar-Jurkovšek T., Jež J., Jurkovšek B., Milanič B., Novak M., Šolc U., Peternelj K., Guštin M., Premrl B., 2014: *Platy limestones: 10 case studies in the Classical karst*. Trieste: Dipartimento di matematica e geoscienze, Università degli studi di Trieste, 48 pp.

Carulli G.B. & Onofri R., 1966: *I marmi del Carso*. Ed. Del Bianco, Udine.

Cucchi F. & Gerdol S., 1986: *I marmi del Carso triestino*. Ed. Camera di C.I.A.A. di Trieste, 195 pp.

Jurkovšek B., 2000: Kamnarstvo je del tradicije Krasa. *Kras* 37, 38–39.

Mirtič B., Mladenovič A., Ramovš A., Senegačnik A., Vesel J., Vižintin N. 1999: *Slovenski naravni kamen*. Ministrstvo za znanost in tehnologijo Republike Slovenije; Restavratorski center Republike Slovenije, 131 str., Ljubljana

Novak M. (ed.), 2015: *RoofOfRock Final Thematic Report*. Geological Survey of Slovenia, Dubrovnik. <https://roofofrock.geo-zs.si/Publication/index.html>

Novak M., Biolchi S., Čebren Lipovec N., Jež J., Peternelj K., Šolc U., Golež M. (eds.), 2015: *Roof of rock*. Ljubljana, Geološki zavod Slovenije; Dubrovnik, Neretva Regional Development Agency Dunea, 181 pp.

Pavlovec R. & Vesel J., 1992: Flowstone as Natural Stone. *Acta Carsologica* 21, 185–191.

Renčelj S., 2002: *Kras: kamen in življenje*. Koper, Libris, 162 str.

Vesel J., 1979: Repen. *Geologija* 22/1, 117–126.

Vesel J., 1987: Razširjenost nahajališč in stanje raziskanosti arhitektonsko-gradbenega kamna v Sloveniji. *Geol. zbornik* 8, 1–11.

Spletni viri:

Global Geoparks Network: <http://www.globalgeopark.org/>

Museo di Storia Naturale: <https://museostorianaturaletrieste.it/civic-museum-of-natural-history/>

Projekt Kras-Carso: <https://www.krascarso-carsokras.eu/sl>

Projekt RoofOfRock: <https://roofofrock.geo-zs.si/Publication/index.html>

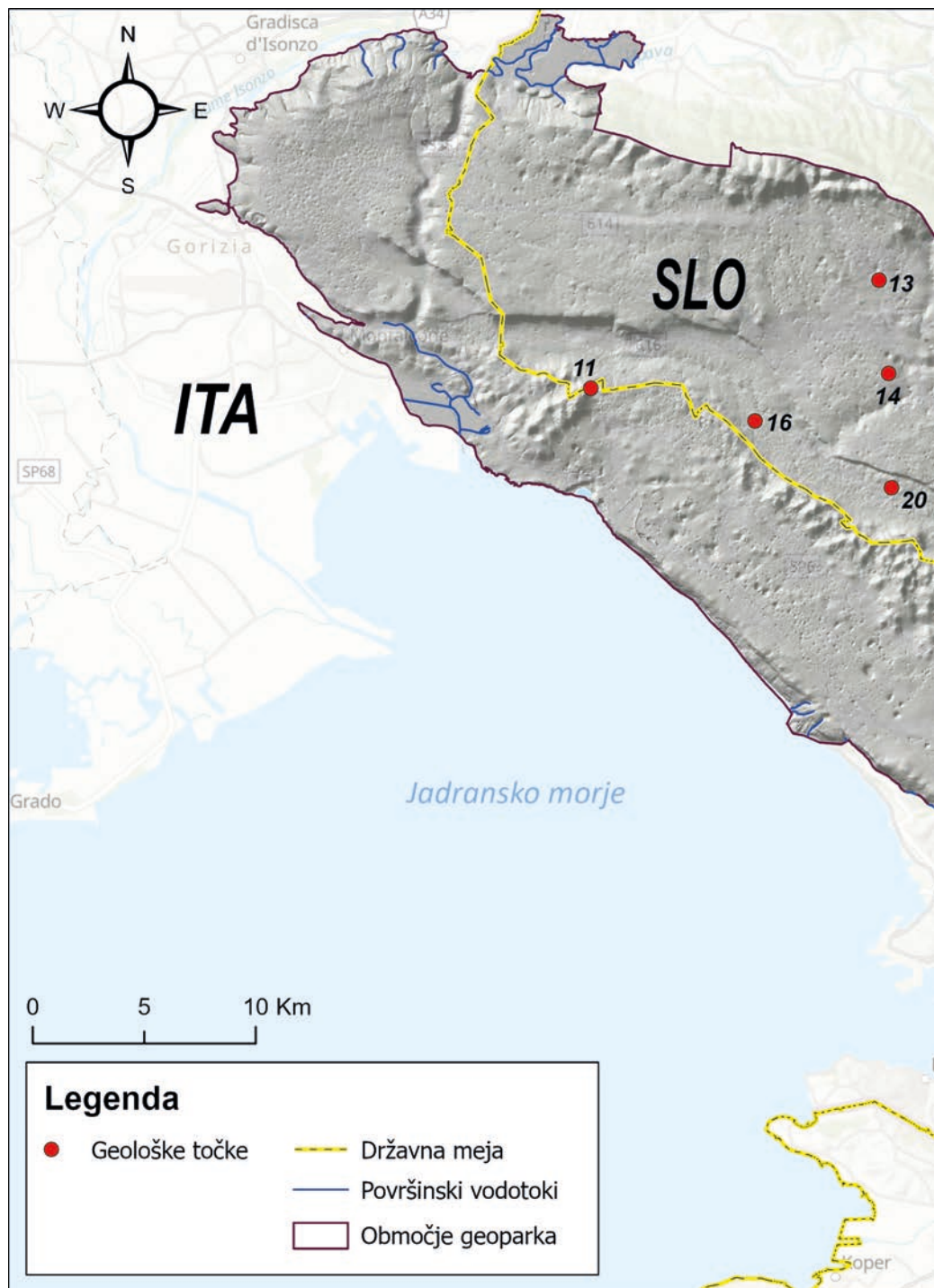
UNESCO Global Geoparks (UGGP): <https://en.unesco.org/global-geoparks>

Visit Kras: <https://www.visitkras.info/>

13. SEZNAM IN ZEMLJEVID GEOLOŠKIH TOČK

Št. geološke točke	Geološka točka
11	Brezno na Grmadi (Grofova jama)
12	Paleokraške in paleotalne oblike na območju Trstelskih brd
13	Komen-Šrkbina - nahajališče fosilnih vretenčarjev v Komenskem apnencu
14	Vrtača pod obzidjem Debele Griže - Volčji Grad
15	Mali Dol
16	Nahajališče sige pri Gorjanskem
17	Golica Komenskega apnenca v Skopem
18	Kamnolom Kopriva z rudistnim apnencem
19	Dolina Raše s pritoki
20	Veliki (Brestoviški) Dol
31	Kamnolom Repenskega apnenca Doline
32	Geološki profil zgornjekrednih plasti Sežana-Vrhovlje
33	»Fantomski kras« (dedolomit) v Povirski formaciji pri Sežani
34	Skrilolom Kazlje v Tomajskem ploščastem apnencu
35	Profil Dolenja vas pri Senožečah s kredno-paleo-gensko mejo
36	Prelomna cona Divaškega preloma
37	Senadolski dol
38	Prelomna cona Raškega preloma
39	Senožeče-Gabrče - rudistni krpasti greben
43	Bestažovca
44	Drobne kraške oblike: žlebiči, škraplje, škavnice kamniti gobi... (Živi muzej Krasa)
45	Kamnolom rudistnega apnenca Lipica 1

46	Vilenica
47	Premogovniki črnega premoga pri Lipici
49	Kačna jama
50	Risnik - udornica med Škocjanskimi jamami in Kačno jamo
51	Denudirana jama v Lipovih dolinah
52	Slepa dolina Reke in udornice pri Škocjanskih jamah
53	Škocjanske jame
54	Jama na Prevali 2 (Mušja jama)
55	Profil Vremski Britof s foraminifernim apnencem Liburnijske formacije
59	Beško – Ocizeljski jamski sistem
60	Paleokraško brezno z ostanki dinosavrov pri Kozini
61	Slepe doline v Matarskem podolju (Brezovica, Odolina...)
62	Divaška jama
63	Jama Dimnice



ZEMLJEVID GEOLOŠKIH TOČK NA SLOVENSKEM MATIČNEM KRASU

621

