

PRIRODOSLOVNI MUZEJ SLOVENIJE



MUSEUM HISTORIAE NATURALIS SLOVENIAE

SCOPOLIA

Revija Prirodoslovnega muzeja Slovenije

Journal of the Slovenian Museum of Natural History

Suppl. 5 | 2010



Kraljestvo Tethide The Kingdom of Tethys

CODEN SCPLEK - ISSN 0351-0077

SCOPOLIA

Suppl. 5 | 2010

SCOPOLIA Suppl. 5 / 2010

Glasiło Prirodoslovnega muzeja Slovenije, Ljubljana

Journal of the Slovenian Museum of Natural History, Ljubljana

Izdajatelj / *Edited by:*

Prirodoslovni muzej Slovenije, Ljubljana, Slovenija /

Slovenian Museum of Natural History, Ljubljana, Slovenia

Sofinancirata/ *Subsidised by:*

Ministrstvo za kulturo in Javna agencija za knjigo Republike Slovenije. / *Ministry of Culture and Slovenian Book Agency.*

Urednik / *Editor:*

Boris KRYŠTUFEK

Uredil/ *Edited by:*

Janez GREGORI

Uredniški odbor / *Editorial Staff:*

Breda ČINC-JUHANT, Igor DAKSKOBLER, Janez GREGORI, Miloš KALEZIĆ (SB),
Mitja KALIGARIČ, Milorad MRAKOVČIĆ (HR), Jane REED (GB), Ignac SIVEC, Kazimir
TARMAN, Nikola TVRTKOVIĆ (HR), Al VREZEC, Jan ZIMA (ČR)

Naslov uredništva in uprave / *Address of the Editorial Office and Administration:*

Prirodoslovni muzej Slovenije, Prešernova 20, p.p. 290, SI – 1001 Ljubljana, Slovenija /

Slovenian Museum of Natural History, Prešernova 20, PO.B. 290, SI - 1001 Ljubljana, Slovenia

Račun pri UJP / *Account at UJP:*

01100-6030376931

Avtorji / *Authors:*

Tomaž HITIJ, Jure ŽALOHAR, Bogomir CELARC, Matija KRIŽNAR, Silvio RENESTO,
Andrea TINTORI

Recenzent / *Reviewer:*

Matevž NOVAK

Lektorica za slovenščino / *Reader for Slovene:*

Tina LUŠINA BASAJ

Lektor za angleščino / *Reader for English:*

Henrik CIGLIČ

Oblikovanje / *Design:*

Boris JURCA

Tisk / *Printed by:*

Schwarz d.o.o., Ljubljana

Izideta najmanj dve številki letno, naklada po 600 izvodov

The Journal appears at least twice a year, 600 copies per issue.

Natisnjeno / *Printed:*

december / *December 2010*

Naslovnica/ *Front cover:*

Riba iz rodu *Placopleurus* (T-994), Robanov kot, Strelovška formacija, dolžina 33 mm.

Fish of the Placopleurus genus (T-994), Robanov kot Valley, Strelovec Formation, length 33 mm.

foto / *Photo:* Jure ŽALOHAR

Scopolia (0351-0077)

Scopolia Suppl. (ISSN 0354-0138)

Revija je v podatkovnih bazah / *Journal is covered by* : COBIB, BIOSIS Previews, Referativnyi Zhurnal, Zoological Record, Abstract of Mycology

SCOPOLIA Suppl. 5, 2010

Kraljestvo Tetide

Okamneli svet triasnih vretenčarjev
Kamniško-Savinjskih Alp



The Kingdom of Tethys

The Fossilized World of Triassic Vertebrates
from the Kamniško-Savinjske Alps

Tomaž Hitij
Jure Žalohar
Bogomir Celarc
Matija Križnar
Silvio Renesto
Andrea Tintori



Ljubljana, 2010

Avtorji fotografij: Jure Žalohar, Tomaž Hitij,
The authors of photos: Bogomir Celarc, Matija Križnar,
Nina Turnšek, Miloš Miler,
Ciril Mlinar Cic in Stefano Rossignoli.

Avtorji stratigrafskih stolpcev, Jure Žalohar, Matija Križnar,
tektonskih in paleogeografskih kart: Tomaž Hitij in Bogomir Celarc.
*The authors of stratigraphic columns,
tectonic and paleogeographic maps:*

Avtorji risb in rekonstrukcij: Matija Križnar, Tomaž Hitij,
The authors of the drawings Tamara Korošec in Jano Milkovič.
and reconstructions:

CIP - Kataložni zapis o publikaciji
Narodna in univerzitetna knjižnica, Ljubljana

567/569(234.323.6)"615.1"

KRALJESTVO TETIDE : okameneli svet triasnih vretenčarjev
Kamniško-Savinjskih Alp = The kingdom of Tethys : the
fossilized world of Triassic Vertebrates from the
Kamniško-Savinjske Alps / [avtorji Tomaž Hitij ... [et al.] ;
uredil Janez Gregori ; avtorji fotografij Jure Žalohar ... [et al.]
; avtorji stratigrafskih stolpcev, tektonskih in paleogeografskih
kart Tomaž Hitij in Bogomir Celarc ; avtorja risb Matija Križnar
... et al.]. - Ljubljana : Prirodoslovni muzej Slovenije =
Slovenian Museum of Natural History, 2010. - (Scopolia, ISSN
0351-0077. Supplementum, ISSN 0354-0138 ; 5)

ISBN 978-961-6367-23-3

1. Vzp. stv. nasl. 2. Hitij, Tomaž 3. Gregori, Janez, 1941-

253566208

Vsebina/Contents

Predgovor	1
Introduction	3
Utrinek z nekega potepanja <i>Tomaž Hitij</i>	4

TRIAS

Permsko-triasno izumrtje - kako (skoraj) uničiti življenje na Zemlji? <i>Tomaž Hitij</i>	10
Prvi sunek	11
Drugi sunek – konec starega in začetek novega	11
Kaj je trias? <i>Jure Žalohar</i>	15
Vsezemlja – Vsemorje: Zemlja v triasu	15
Sedimentacijske razmere v triasu in juri	18
Alpski prostor v triasu	20
Podnebje v triasu	23
Podnebje v triasu na ozemlju današnje Slovenije	24
Življenje v triasu <i>Matija Križnar</i>	26
Rastlinstvo v triasu	27
Živalstvo v triasu	28

GEOLOŠKA ZGRADBA KAMNIŠKO-SAVINJSKIH ALP

Pregled dosedanjih najdb triasnih vretenčarjev iz Slovenije <i>Matija Križnar</i>	36
Pregled dosedanjih geoloških raziskav v Kamniško-Savinjskih Alpah <i>Bogomir Celarc</i>	39
Geološka zgradba Kamniško-Savinjskih Alp <i>Jure Žalohar in Bogomir Celarc</i>	43
Lega in nastanek in Kamniško-Savinjskih Alp	43
Stratigrafski pregled	47

DVOŽIVKA IZ MATKOVEGA KOTA

Spodnjetriasne plasti v slovenskih Alpah <i>Jure Žalohar in Bogomir Celarc</i>	54
Skitske plasti v Kamniško-Savinjskih Alpah	55
Fosili spodnjetriasnih plasti v Kamniško-Savinjskih Alpah <i>Tomaž Hitij</i>	56
Spodnjetriasna dvoživka (Amphibia) iz Matkovega kota	57

VLADARJI MORJA V ANIZIJU

Anizijske plasti Kamniško-Savinjskih Alp <i>Jure Žalohar in Bogomir Celarc</i>	64
Anizijski dolomit	64
Sledovi anizijskih tektonskih premikov	64
Nastanek triasnih anoksičnih bazenov	66
Horizont Velike planine - dom triasnih morskih pošasti <i>Tomaž Hitij, Matija Križnar,</i> <i>Jure Žalohar, Silvio Renesto in Andrea Tintori</i>	68
Čudovita morska lilija (Crinoidea) iz Horizonta Velike planine	71
Vodni plazilci (Sauropterygia) iz Horizonta Velike planine	74
Pahiplevrozavri (Pachypleurosauria)	75
Rekonstrukcija sedimentacijskega okolja	82

STRELOVŠKA FORMACIJA – TRIASNI PALEONTOLOŠKI ZAKLAD

Stratigrafske značilnosti Strelovške formacije <i>Bogomir Celarc in Jure Žalohar</i>	86
Nevretenčarji (Invertebrates) Strelovške formacije <i>Matija Križnar in Tomaž Hitij</i>	91
Kačjerepi (Ophiuroidea)	91
Ostvarji (Limulidae)	95
Dekapodni raki (Decapoda)	98
Tilakocefalni raki (Thylacocephala)	103
Ribe Strelovške formacije <i>Tomaž Hitij in Andrea Tintori</i>	108
Rod <i>Habroichthys</i>	111
Rod <i>Placopleurus</i>	113
Rod <i>Eosemionotus</i>	115
Rod <i>Saurichthys</i>	119
Rodova <i>Furo</i> in <i>Sangiorgioichthys</i>	124
Plazilci Strelovške formacije <i>Tomaž Hitij in Silvio Renesto</i>	132
Pahiplevrozavri (Pachypleurosauria)	132
Plakodonti (Placodontia)	136
Ihtiozavri (Ichthyosauria)	137
Rekonstrukcija sedimentacijskega okolja Strelovške formacije <i>Jure Žalohar in Tomaž Hitij</i>	141
Ostanki rastlin tipa <i>Voltzia</i>	143
Celestin	143
Odlaganje dolomita	143
Kje so se torej odložile plasti Strelovške formacije?	144

OBDOBJE LADINIJA – ČAS VELIKIH SPREMEMB

Ladinijske plasti v Kamniško-Savinjskih Alpah in Južnih Karavankah <i>Bogomir Celarc</i>	
<i>in Jure Žalohar</i>	148
Idrijska tektonska faza	148
Vulkanske kamnine	150
Ukovške breče	150
Začetek odlaganja bazenskih plasti	152
Bazenske plasti v Kamniško-Savinjskih Alpah	152
Bazenske plasti v Južnih Karavankah	153
Bogastvo fosilov v ladinijskih plasteh Kamniško-Savinjskih Alp in Južnih Karavank	
<i>Tomaž Hitij, Matija Križnar in Jure Žalohar</i>	157

KOROŠIŠKA FORMACIJA – ZADNJI LADINIJSKI ANOKSIČNI DOGODEK

Zgornjeladinijske plasti in fosili v Kamniško-Savinjskih Alpah <i>Jure Žalohar, Bogomir Celarc</i>	
<i>in Tomaž Hitij</i>	172
Fosili Korošiške formacije	173
Rekonstrukcija sedimentacijskega okolja	177

ZGORNJETRIASNI GORSKI MASIVI

Zgornjetriasne plasti Slovenskih Alp <i>Jure Žalohar in Bogomir Celarc</i>	180
Karnij	180
Julske plasti v Kamniško-Savinjskih Alpah	181
Rabeljski dogodek	182
Martuljski apnenci v Kamniško-Savinjskih Alpah	183
Norij in retij	185
Zgornjetriasno izumrtje v družbi »velikih pet« <i>Tomaž Hitij</i>	188
Primerjava s triasnimi nahajališči po svetu <i>Andrea Tintori in Tomaž Hitij</i>	192
Summary	194
Zaključek	196



Jesenski pogled proti Turski gori iz Kamniške Bistrice.
Autumn view towards Turska gora from the Kamniška Bistrica Valley.

A photograph of a mountain valley. In the foreground, there is a dense forest of trees with brown and yellow leaves, suggesting autumn. The middle ground shows a wide valley floor covered in a mix of dark rocks and patches of snow or ice. In the background, there are high, rugged mountains with steep, rocky slopes and some snow. The sky is a pale, overcast blue.

H
Historia magistra vitae.

Z
Zgodovina je učiteljica življenja.





Predgovor

Marsikdo se sprašuje, kaj nas žene v blatne jarke, mrzle potoke, vroče peskokope, visoko v gorske, težko dostopne grape. Žene nas želja po odkrivanju novega, želja po spoznavanju in razumevanju preteklosti. S spoznavanjem in razumevanjem preteklosti namreč lažje razumemo sedanjost in predvidimo prihodnost!

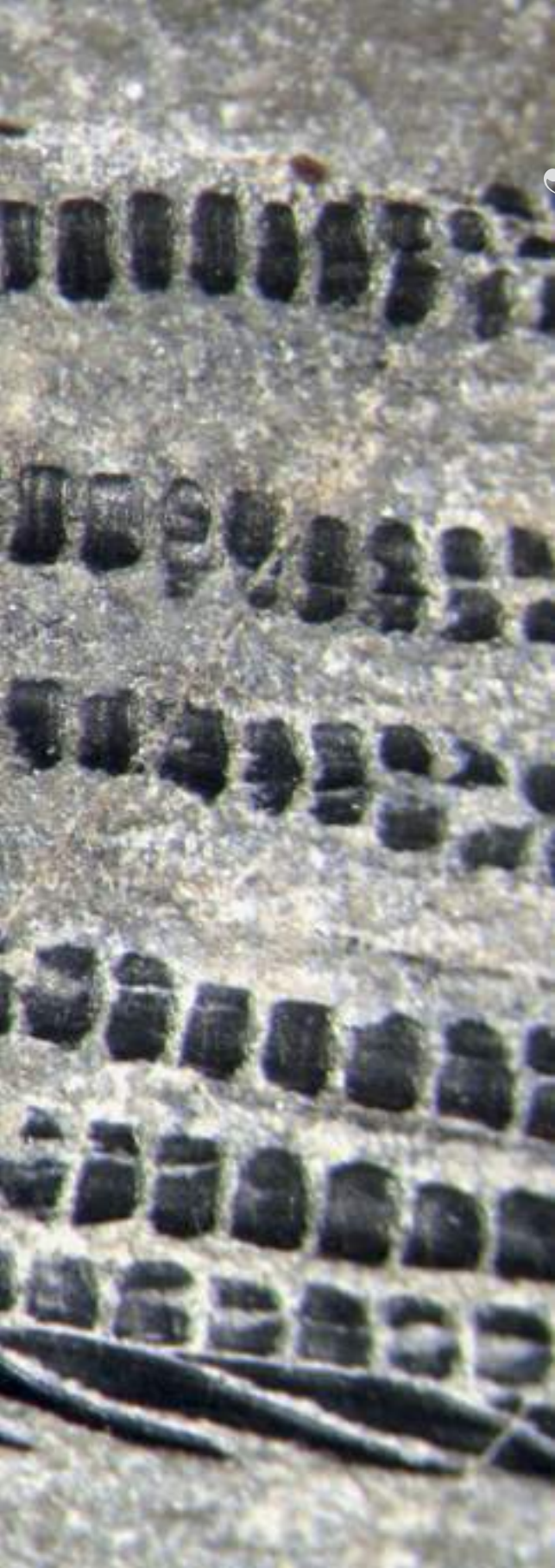
Zgodba o triasu se je začela v Tunjiškem gričevju, v času naših izkopavanj miocenskih fosilnih žuželk in najstarejših morskih konjičkov na Zemlji. Ob teh drobnih živalcah, ki so pogosto komaj vidne s prostim očesom, se je Jure nekega dne pošalil, da bomo kmalu pozabili na konjičke, ko bomo iskali dinozavre po Alpah. Toda ta misel se je zdela neverjetna in oddaljena, triasne kamenine tam visoko v gorah pa so bile za nas zbiralce še pred nekaj leti le »tist ta bel kamen«, v katerem ni prav veliko zanimivih in lepih fosilov. Zdelo se nam je zelo nenavadno, da je lahko razmeroma dolgo obdobje, ki je pri nas zapustilo ogromne, več 1000 metrov debele kamnite skladovnice Kamniško-Savinjskih Alp, Karavank in Julijskih Alp, tako siromašno s fosili. Vendar smo se motili.

V knjigi vam bomo poskušali predstaviti slovenski trias v novi luči. Predstavljamo vam presenetljive najdbe iz zadnjih let, ki bodo v prihodnosti verjetno precej spremenile pogled geologov na slovenski trias. Upamo, da boste ob listanju in prebiranju knjige začutili vsaj delček tistega, kar smo začutili mi, ko smo v nedostopni grapi, kamor stopi le gamsja noga, zagledali ...

Raziskovanje v grapi
pod Rjavčkim vrhom.

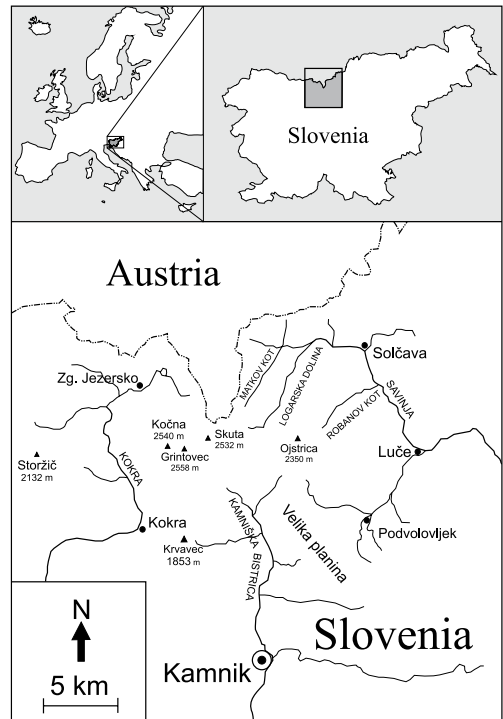
Research work carried out in the
ravine under Mt Rjavčki vrh.





Introduction

This issue of *Scopelia* is dedicated to new fossil sites and fossil material from the Early and Middle Triassic beds of the Kamniško-Savinjske Alps, Slovenia. Between the years 2006 and 2010, several fossil rich horizons with well preserved plant, mollusk, decapod, brachiopod, echinoid, ophiuroid, crinoid, fish, amphibian, and reptile remains were discovered in the Lower and Middle Triassic beds of the Kamniško-Savinjske Alps. To date, the new fossil sites yielded the most abundant Triassic marine vertebrate fauna from Slovenia.



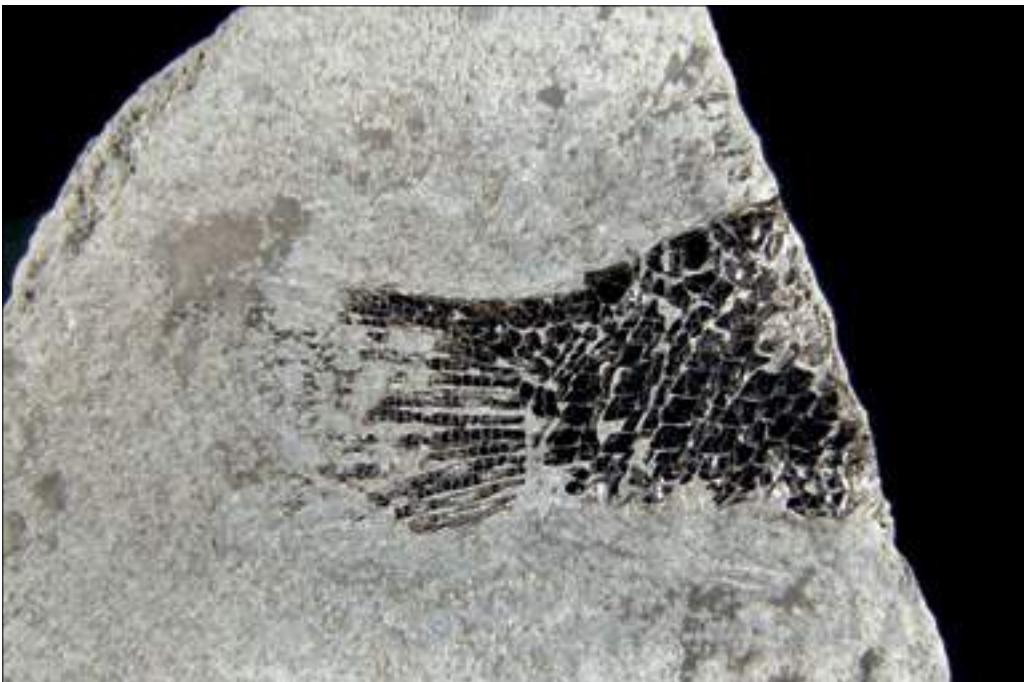
Detajl repa ribe iz rodu *Eosemionotus* iz Strelovške formacije (T-1015).

A detail of the fish tail of the genus *Eosemionotus* from the Strelovec Formation (T-1015).

Utrinek z nekega potepanja

V dolino Kamniške Bistrice smo pogosto zahajali. V strugi Kamniške Bistrice ter v njenih pritokih smo v oligocenskih plasteh nabirali fosilne ribe in debela dreves. Prišla je zima 2006 in v gorah je zapadla večja količina snega. Jure mi je omenil, da se je sprožilo nekaj večjih plazov, zato sem se odločil, da grem pogledat. Pri pregledovanju plazovitega terena sem v snegu zagledal črne plošče. Glede na to, da smo v podobnih, vendar mlajših ploščah oligocenske starosti našli fosilne ribe, sem zaslutil, da bi bilo lahko tudi v tem primeru enako. A žal sreče z ribami nisem imel. Na splazeli sneg, ki se je počasi topil, sem se večkrat vrnil. Naposled mi je v debelih rumenih ploščah le uspelo najti nekaj, za kar sem takrat menil, da so ribje luske (bili so drobni ramenonožci). Ves navdušen

sem prepričeval Jureta, naj si pride pogledat nahajališče. Naposled je Jure popustil in s sabo pripeljal še Matija. Kakor se je že večkrat zgodilo, je bila prav Matijeva srečna roka tista, ki je pobrala drobno sivo ploščico, na kateri je bila polovica ribe. Kar nismo mogli verjeti. Tu so triasne ribe! A kosov, ki bi bili primerni za še kakšno najdbo, je bilo v okolici zelo malo. Treba bo poiskati primarni izdanek, morda nekje visoko v hribih. Jure in Matija sta me prepričevala, naj ne upam preveč, ker je izdanek lahko previsoko in da je lahko teren nedostopen. Vendar sem bil odločen izdanek najti. Nekaj dni za tem sem se odpravil po grapi navzgor. Nisem prišel daleč, kajti pot mi je zaprla dobrih 50 metrov visoka, popolnoma gladka stena. Uspelo mi je najti prehod, kjer bi steno lahko zaobšel, in odločen sem se bil



Prva riba iz Strelovške formacije. *Eosemionotus* sp. (T-943), dolžina 25 mm.

First fish from the Strelovec Formation. *Eosemionotus* sp. (T-943), length 25 mm.

vrniti. V drugem poskusu mi je uspelo priti že kar visoko. Iskal sem prehod nazaj v grapo, vendar se mi je zdelo pobočje prenevarno. Naposled sem se obrnil, kajti bil sem sam in teren mi ni bil domač.

V tretjem poizkusu se mi je Jure pridružil. Bila sva odločena, da najdeva plasti z ribami. V domišljiji sva si že predstavljala ogromen plaz, na katerem bodo kar ležale plošče z ribami. Vzpenjala sva se po strmem terenu in oprimki iz bukovih korenin so postajali zelo koristni. Naposled sva le kakih 50 m nad mestom, kjer sem se zadnjič obrnil, zagledala plošče. Čutila sva, da so ribe že blizu. A v ploščah ni bilo ničesar. Sledila sva jim v smeri proti grapi in za borovci se nama je nenadoma odprla ogromna grapa, polna črnih plošč. Po borovih vejah sva se spustila vanjo in gledala, kje bi lahko bile

ribe. Vendar jih na najino začudenje ni bilo. Bil sem preveč pogumen, ko sem na robu skalnega previsa pregledoval teren. Nenadoma mi je zdrsnilo in na srečo sem se uspel ujeti. Malo je manjkalo, da bi si zvil gleženj. Popraskan, a s spoznanjem, da moraš biti pri stopanju po plazu iz plošč pazljivejši kot sicer, sem se vrnil k Juretu. Prečila sva manjši grebenček v drugi krak grape in se obrnila po njem navzdol. Rib spet ni bilo in nadaljevanje spusta nama je preprečil manjši skok. Uspelo nama je najti prehod in že sva bila spet v gozdu. Tokrat na drugi strani grape. Pri sestopanju nama je uspelo najti neugleden kos z nekaj ribjimi koščicami. RIBE Vendar so! Odločila sva se in se spustila v nižji del grape, da bi preverila, če bova imela tam kaj več sreče. Ko sva prišla vanjo, ga je Jure nenadoma zagledal. Še preden



Izdanek Strelovške formacije nad dolino Kamniške Bistrice.

Outcrop of the Strelovec Formation above the Kamniška Bistrice Valley.



Tomaž Hitij (levo) in Jure Žalohar (desno) in pred prvo najdbo triasnega plazilca v Kamniško-Savinjskih Alpah po 132 letih.

Tomaž Hitij (left) and Jure Žalohar (right) in front of the Triassic reptile found for the first time after 132 years in the Kamniško-Savinjske Alps.



S težko skalo na hrbtu po neznanih poteh v dolino.

With a heavy rock on the back walking along unknown paths down to the valley.

je uspel zavpiti, sem ga zagledal tudi jaz. Tam, točno na sredini grape. Nisva mogla verjeti! Oba sva se začela na glas dreti. Reptil! AAAA! Reptil! Na nekaj manj kot 40-kilogramskem kosu je bil repni del morskega plazilca. Po fotografiranju sva se spraševala, kako naj ga spraviva v dolino. V Juretov nahrbtnik sva prestavila vso mojo opremo. Sam pa sem plazilca zavil v bundo in ga komaj stlačil v svoj nahrbtnik. Nahrbtnik sem nato postavil v pokončni položaj. V sedečem položaju sem si ga zapel in se dvakrat »zaguncal«, da sem se postavil na vse štiri. Kolena so malo potrpela in kmalu se mi je uspelo postaviti v polpokončni položaj. »A bo šlo?!« - »Bo,« sem odgovoril in se po štirih podal v strm breg, ki je vodil iz grape. Kam pa zdaj? Nazaj po isti poti in s tako težkim nahrbtnikom? Treba je bilo najti novo pot navzdol. Poskušala sva prečiti pobočje in priti do markirane poti. Ker nisva vedela, kaj naju še čaka, sva lahko le upala,

da bo teren prehoden. »To je edina možnost,« sva se oba strinjala. Jure mi je posodil svoje palice in v položaju stoletnega starca sem mu sledil navzdol. Na nekaterih mestih je bilo res zelo strmo in bukove korenine so opraskanim rokam ponovno prišle zelo prav. Jure je neutrudno iskal najlažjo pot in končno sva si skozi grmičevje utrla pot do markirane planinske poti. Počutil sem se, kot da bi z luknjastega makadama zavil na štiripasovno avtocesto. Ko sva prišla do avtomobila, sva oba vedela, da se je Juretova prerokba: »Boš videl, ko bova iskala dinozavre po Alpah, takrat bova pozabila na te majhne morske konjičke,« uresničila. Trajalo je nekaj dni, da sva se umirila po tem presenetljivem odkritju. Jure pa me od takrat naprej vedno draži, kako sem izgledal takrat, ko sem moral v nahrbtniku nositi tisto ogromno skalo.

Tomaž Hitij



Triasni vodni plazilec na nahajališču (T-801). Strelovška formacija, dolžina 14 cm.

A Triassic reptile specimen *in situ* (T-801). Strelovec Formation, length 14 cm.



Trias

The Triassic

Za številne je trias zgolj začetek dobe dinozavrov, vendar je veliko več kot to. Prav v triasu so se zgodili prvi koraki na poti proti vzpostavitvi današnjega kopenskega ekosistema. Trias je bil talilni lonec starega in novega. Prelahko je sanjariti o pogledih na čudovite nenavadne živali in gledati na svet v triasu kot na nekaj zelo odmaknjenega in povsem drugačnega. Vendar se moramo zavedati, da so takrat živali prav tako dihale kisik, morale so se prehranjevati in živeti v soodvisnosti. Prav zato lahko v svojih predstavah o takratnem svetu, v katerem so vladale številne nenavadne živali, iščemo podobnosti s svetom, kakršnega poznamo danes. Tako začetek kot konec triasnega obdobja sta zaznamovana z velikima katastrofama, ki sta povzročili množično izumiranje.

Nahajališče fosilnih vretenčarjev v plasteh Strelovske formacije v Robanovem kotu.

The outcrop with fossil vertebrates in the beds of the Strelovec Formation in the Robanov kot Valley.

Permsko-triasno izumrtje - kako (skoraj) uničiti življenje na Zemlji?

Tomaž Hitij

The Permian-Triassic extinction event

The beginning as well as the end of the Triassic period was characterized by a mass extinction event. The Permian-Triassic extinction event was the Earth's severest extinction event, with up to 96 % of marine species and 70 % of terrestrial vertebrate species becoming extinct (BENTON, 2005). The fossil evidence shows that the extinction was a process, which lasted several million years and ended with a strong pulse at the end of the Permian period. Most probably, there were two major extinction pulses few million years apart (WARD *et al.*, 2005; JIN *et al.*, 2000; RAMPINO *et al.*, 2000). The boundary between the Middle and Upper Permian has for long been known as a period of sea regression (HALLAM & WIGNALL, 1999). It is supposed that there is an evident correlation between this regression and the first extinction pulse, since the sea regression caused large and biologically diverse shallow-water marine areas on carbonate platforms to disappear (JIN *et al.*, 1994; HALLAM & WIGNALL, 1999; SHEN & SHI, 1996; HALLAM & WIGNALL, 1997). However, the second extinction pulse was much more devastating. It caused the extinction of about 80 % of marine species alive at that time, whilst the other losses occurred during the first pulse or the interval between the pulses (STANLEY & YANG, 1994). The second extinction pulse started with the flood basalt eruptions, which produced the Siberian Traps. The initial global warming caused by the eruption of approximately 2 million km³ of volcanic material melted frozen gas hydrate bodies in the ocean floor (REICHOW *et al.*, 2002). The methane rich in ¹²C rose to the surface of the oceans in huge bubbles. The released methane increased global warming, consequently melting further gas hydrate reservoirs. The process continued in a positive feedback spiral – the “runaway greenhouse” phenomenon. Some sort of threshold was probably reached, pushing the ecosystems far beyond the natural equilibrium. The system spiraled out of control, leading to the biggest crash in the history of life (WIGNALL, 2001; ERWIN *et al.*, 2002; WHITE, 2002; BERNER, 2002).

V času perma pred približno 260 milijoni let bi Zemljo iz vesolja težko prepoznali. Vse velike kopenske mase so bile združene v en superkontinent, ki je segal od »pola do pola« – kontinent Pangea. Pangeo je obdajal ocean Panthalassa. V sredino velike Pangee se je z vzhoda zajedalo morje Paleotetida. V zahodnem delu Paleotetide pa so se v bližini ekvatorja nahajali deli ozemlja današnje Slovenije. Če bi se spustili na Zemljo, bi na kopnem lahko prepoznali najrazličnejša okolja od bujnih pragozdov, rdečih vročih puščav pa vse do Antarktiki podobnih

ledenih prostranstev. Na prvi pogled je bilo skoraj vse tako kot je dandanes – skoraj. Ko bi stopili nekoliko bližje, bi opazili, da je živi svet drugačen. V zgornjem permu je kopno poseljevala množica najrazličnejših primitivnih plazilcev terapsidov in ogromnih dvoživk, ki so živele ob rekah in gozdovih. Gozdove so tvorile velike praprotnice, družbo pa so jim delali nekoliko redkejši iglavci in ginkovci. V morjih so koralni grebeni tvorili bogata življenjska okolja; školjke, morske lilije, ramenonožci najrazličnejših oblik in velikosti, jate nenavadnih rib z oklepi iz drobnih lusk

in amoniti. Le redko je blatno dno prečesaval kak trilobit, kot le še daljni spomin na stare čase. V teh zapletenih in bogatih ekosistemih so živali in rastline živele v medsebojni odvisnosti v stalni borbi za preživetje.

Prihajal pa je že veter sprememb, čas, ko bo staro zamenjalo novo. Čas največje katastrofe v zemeljski zgodovini, zaradi katere bo izginilo kar 96 % vseh morskih vrst in 70 % vrst kopenskih vretenčarjev (BENTON, 2005). To je permsko-triasno izumrtje, ki mu upravičeno pravimo tudi »veliko umiranje«.

Prvi sunek

Dolgo že poznamo ta prelomni dogodek v Zemljini zgodovini, a smo do nedavnega o vzrokih vedeli le malo. Najnovejša strokovna literatura nam ponuja veliko novih odgovorov in še več vprašanj ter različnih interpretacij. Še vedno ostaja nekaj nejasnosti glede poteka, časa in trajanja izumiranja, ker le-to ni prizadelo vseh skupin živali naenkrat. Izumiranje je različne skupine živali in rastlin v različnih obdobjih ob koncu perma prizadelo različno močno (BENTON, 2005). Dokazi nakazujejo, da je bilo izumiranje proces, ki je trajal nekaj milijonov let, končal pa se je z najmočnejšim sunkom v zadnjem milijonu let perma (WARD *et al.*, 2005; JIN *et al.*, 2000; RAMPINO *et al.*, 2000). Teorija (STANLEY & YANG, 1994), ki jo še vedno podpirajo nekateri novi članki (RE-TALLACK *et al.*, 2006), pravi, da sta bila za izumiranje kriva dva večja sunka, ki sta se zgodila v presledku 5 milijonov let. Po tej teoriji se je prvi sunek zgodil na prehodu iz srednjega v zgornji perm (STANLEY & YANG, 1994). Plitvododne morske favne karbonatnih okolij so bile še posebej močno prizadete. Tako so številne fuzulinidne foraminifere, iglokožci, ramenonožci, mahovnjaki in korale postali žrtve prvega vala izumiranja (OTA & ISOZAKI, 2006; SHEN & SHI, 2002; WANG & SUGIYAMA 2000; JIN *et al.*, 1994). Izumrli so tudi vsi, razen enega samega rodu plazilcev podreda Dinocephalia (RE-TALLACK *et al.*, 2006).

Prehod iz srednjega v zgornji perm je že dolgo poznan kot interval morske regresije (upada morske gladine) (HALLAM & WIGNALL, 1999). Povezava med morsko regresijo in izumrtjem je zelo močna in večina študij kaže, da je prav velika izguba tega najbogatejšega morskega okolja povzročila prvi sunek izumiranja (JIN *et al.*, 1994; HALLAM & WIGNALL, 1999; SHEN & SHI, 1996; HALLAM & WIGNALL, 1997).

Drugi sunek – konec starega in začetek novega

Po prvem močnejšem valu izumiranja je sledilo vmesno obdobje, temu pa zadnji končni sunek, ki je bil veliko močnejši in je povzročil še dodatnih 80 % izgub med morskimi vrstami, ki so preživele prvi sunek in vmesno obdobje (STANLEY & YANG, 1994). Čeprav je bilo po odkritju vzroka za izumrtje dinozavrov na meji med kredo in terciarjem veliko predvidevanj, da je trk ogromnega bolida povzročil tudi permsko-triasno izumrtje, dandanes za to ni nobenih prepričljivih dokazov. Najden ni bil noben velik meteoritski krater podobne starosti in prav tako ni nobenih prepričljivih sledi o trku v sedimentnih kamninah iz permsko-triasne meje (FRENCH & KOEBER, 2010). Danes je splošno sprejeto, da so glavni krivci za izumrtje ob koncu perma siloviti vulkanski izbruhi na področju današnje Sibirije, ki so po ocenah izbruhali kar 2 milijona km³ bazaltne lave (REICHOW *et al.*, 2002). Naj za primerjavo navedemo izbruh Tambore leta 1815 (največji zabeležen vulkanski izbruh), ki je izbruhnil »pičlih« 160 km³ vulkanskega materiala in povzročil vulkansko zimo ter posledično najhujšo lakoto v 19. stoletju (OPPENHEIMER, 2003). Lava orjaških vulkanskih izbruhov na področju današnje Sibirije je prekrila 1,6 milijona km² veliko področje vzhodne Rusije in ustvarila plast vulkanskih kamnin z debelino od 400 m pa vse do 3000 m (BENTON & TWITCHETT, 2003). Te ogromne sibirske izbruhe so z novimi radiometričnimi metodami datirali točno na permsko-triasno mejo (pred 251 milijoni let).

Starostni razpon bazalta od dna pa do vrha plasti je 600.000 let, kar gledano v geološkem smislu pomeni, da se je dogodek zgodil tako rekoč preko noči (BOWRING *et al.*, 1998; RENNE *et al.*, 1995; MUNDIL *et al.*, 2001). Nekateri znanstveniki so trdili, da je izbruhe povzročil trk ogromnega bolida, ki naj bi se zaril globoko v zemeljsko skorjo današnje Sibirije (JONES *et al.*, 2002). Vendar narava teh izbruhov v ničemer ne kaže, da se je to zgodilo. Nobenih dokazov ni, da bi trk bolida povzročil kateri koli izbruh na Zemlji ali na katerem koli drugem planetu (ERWIN *et al.*, 2002; WHITE, 2002).

Povsod po svetu so v kamninah na permsko-triasni meji ugotovili, da je prišlo do znatnega povečanja vsebnosti lahkega ogljikovega izotopa ^{12}C (HALLAM & WIGNALL, 1997; WIGNALL, 2001; ERWIN *et al.*, 2002; WIGNALL & TWITCHETT, 1996; WIGNALL & TWITCHETT, 2002). Geologi in drugi raziskovalci, ki se ukvarjajo z atmosferskimi modeli, so se zelo trudili pojasniti vzrok za tako močno povečanje. Niti nenadno uničenje vsega življenja na Zemlji in posledično spiranje ^{12}C v oceane niti ves ogljikov dioksid, ki se je sprostil pri orjaških vulkanskih izbruhih na področju današnje Sibirije, ne bi zadostovala za povečanje vsebnosti ^{12}C , ki so ga izmerili. Nekaj je manjkalo in ta povzročitelj je moral biti dovolj močan, da je lahko premagal vse normalne atmosferske uravnalne mehanizme. Danes so si znanstveniki enotni (WIGNALL, 2001; ERWIN *et al.*, 2002; WHITE, 2002; BERNER, 2002), da je edini do sedaj znani možni povzročitelj metan, ki se nahaja v obliki zamrznjenih plinskih hidratov na morskem dnu. Globalno segrevanje, ki so ga povzročili orjaški vulkanski izbruhi na področju današnje Sibirije, je povzročilo sproščanje metana iz zamrznjenih hidratov in ogromne količine metana, bogatega s ^{12}C , so se dvignile z oceanskega dna na površje. Metan, ki se je sprostil, je še dodatno segreval ozračje in po principu pozitivne povratne zanke so se topile še večje količine zamrznjenih plinskih hidratov. Prišlo je do t. i. pobeglega učinka tople grede. Neke vrste prag, do katerega so lahko naravni mehanizmi uravnavali in zniževali količino ogljikovega dioksida, je bil

presežen in smrtonosna spirala, ki se je začela odvijati s sproščanjem metana, je pripeljala do največjega zloma v zgodovini življenja na Zemlji (BENTON & TWITCHETT, 2003).

Zgornjepermske kamnine tik pod mejo s triasom kažejo, da je v morju kar mrgolelo od življenja. Močno so bioturbirane, kar kaže na vrsto bentoških živali, ki so živele, se hranile in gibale v sedimentu. Po izumrtju pa se je, nasprotno, zelo razširilo odlaganje temno obarvanih sedimentov, polnih pirita z redkimi sledmi lazenja in redkimi ostanki nevretenčarjev (BENTON & TWITCHETT, 2003). Ta opažanja skupaj z geokemičnimi dokazi kažejo na izrazito spremembo pogojev na oceanskem dnu iz dobro prežračenega morskega dna v močno pomanjkanje kisika (WIGNALL & TWITCHETT, 1996; WIGNALL & TWITCHETT, 2002). Povečana kislost in anoksične razmere so bile najusodnejše za organizme s kalcitnim ali aragonitnim skeletom, kot so na primer korale, mahovnjaki in ramenonožci. Manjši vpliv pa so spremembe imele na organizme, ki imajo sposobnost fiziološkega uravnavanja izmenjave plinov (na primer školjke) (FRASER, 2006). Pred katastrofo je bila oceanska favna razdeljena na različna vrstno bogata biogeografska področja. Po njej pa je celotne oceane in morja poseljevala le peščica oportunističnih vrst (REICHOW *et al.*, 2002).

Izumiranje na kopnem in v morju je potekalo hkrati (TWITCHETT *et al.*, 2001). Pred katastrofo je bilo življenje na kopnem izjemno raznoliko. Kopenska terapodna favna (dvoživke in plazilci) je dosegla visoko stopnjo raznovrstnosti in kompleksnosti, ki se lahko primerja celo s kompleksnostjo današnjih sesalskih skupnosti (BENTON, 2005; RETALLACK, 1999). Številne skupine rastlin so tvorile raznolika življenjska okolja. Del flore je bil endemičen, kar kaže na geografsko diferenciacijo glede na klimatska območja (RETALLACK, 1999). Izumiranje terapodov je nekoliko bolje dokumentirano v Južni Afriki, kjer kaže, da je bilo izumiranje hitro (SMITH & WARD, 2001). Na kopnem je z marsikaterega področja spralo prst, tako da so bile glive edini preživeli organizmi. V Italiji in Izraelu so ugotovili, da ostanki gliv pred

katastrofo predstavljajo 10 % peloda in spor. V plasteh iz časa katastrofe in po njen pa dosežejo ostanki gliv skoraj 100 % vseh spor in peloda (ESHET *et al.*, 1995).

Življenje na Zemlji je bilo pred 251,4 milijoni leti že skoraj popolnoma uničeno. Na srečo je 5 % vrst preživel (RAUP, 1979). Trajalo je celih 100 milijonov let, da se je svetovna biodiverziteteta na stopnji družin povrnila na stopnjo pred izumrtjem (HALLAM & WIGNALL, 1997). Na srečo je bilo okrevanje okolja hitrejše in zapletene grebenske združbe so se pojavile že v srednjem triasu, približno 10 milijonov let po katastrofi (BENTON & TWITCHETT, 2003). Za začetek triasa je bila značilna zelo majhna raznolikost morske in tudi kopenske favne. Okolje v začetku triasa je bilo tako prazno igrišče, ki komaj čaka na eksplozijo evolutivske aktivnosti (FRASER, 2006).

Delež izumrlih rodov morskih nevretenčarjev po skupinah na meji med permom in triasom.

Foraminifere	97 %
Radiolariji	99 %
Koralnjaki	96 %
Mahovnjaki	79 %
Ramenonožci	96 %
Školjke	59 %
Polži	98 %
Glavonožci	97 %
Morske lilije	98 %
Blastoidi	100 %
Trilobiti	100 %
Morski škorpijoni	100 %
Ostrakodi	59 %

- BENTON, M. J., TWITCHETT, R. J. 2003: How to kill (almost) all life: the end-Permian extinction event. *Trends in Ecology and Evolution*, 18 (7): 358–365.
- BENTON, M. J. 2005: *When Life Nearly Died: The Greatest Mass Extinction of All Time*. Thames & Hudson.
- BERNER, R. A. 2002: Examination of hypotheses for the Permo–Triassic boundary extinction by carbon cycle modeling. *Proc. Nat. Acad. Sci. U. S. A.*, 99: 4172–4177.
- BOWRING, S. A., ERWIN, D. H., JIN, Y. G., MARTIN, M.W., DAVIDEK, K., WANG, W. 1998: U/Pb zircon geochronology and tempo of the end-Permian mass extinction. *Science*, 280: 1039–1045.
- ERWIN, D. H., BOWRING, S. A., JIN, Y. 2002: End-Permian mass extinctions: a review. *Geol. Soc. Am. Spec. Pap.*, 356: 363–383.
- ESHET, Y., RAMPINO, M. R., VISSCHER, H. 1995: Fungal event and palynological record of ecological crisis and recovery across the Permian–Triassic boundary. *Geology*, 23 (11): 967–970.
- FRASER, N. C. 2006: *Down of the Dinosaurs: life in the Triassic*, Indiana University Press.
- FRENCH, B. M., KOEBER, C. 2010: The convincing identification of terrestrial meteorite impact structures: What works, what doesn't, and why. *Earth-Science Reviews*, 98: 123–170.
- HALLAM, A., WIGNALL, P. B. 1997: *Mass Extinctions and Their Aftermath*. Oxford Univ. Press, Oxford.
- HALLAM, A., WIGNALL, P. B. 1999: Mass extinctions and sea-level changes. *Earth-Science Reviews*, 48: 217–250.
- JIN, Y. G., WANG, Y., WANG, W., SHANG, Q. H., CAO, C. Q., ERWIN, D. H. 2000: Pattern of Marine Mass Extinction Near the Permian–Triassic Boundary in South China. *Science* 289 (5478): 432–436.
- JIN, Y., ZHANG, J., SHANG, Q. 1994: Two phases of the end-Permian mass extinction. *Can. Soc. Pet. Geol. Mem.*, 17, 813–822.
- JONES, A. P., PRICE, G. D., PRICE, N. J., DECARLI, P. S., CLEGG, R. A. 2002: Impact induced melting and the development of large igneous provinces. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 202 (3-4): 551–561.
- MUNDIL, R., METCALFE, I., LUDWIG, K. R., RENNE, P. R., OBERLI, F., NICOLL, R. S. 2001: Timing of the Permian–Triassic biotic crisis: implications from new zircon U/Pb age data (and their limitations). *Earth and Planet. Sci. Lett.*, 187 (1-2): 131–145.
- OPPENHEIMER, C. 2003: Climatic, environmental and human consequences of the largest known historic eruption: Tambora volcano (Indonesia) 1815. *Progress in Physical Geography*, 27 (2): 230–259.

- OTA, A., ISOZAKI, Y. 2006: Fusuline biotic turnover across the Guadalupian–Lopingian (Middle–Upper Permian) boundary in mid-oceanic carbonate buildups: Biostratigraphy of accreted limestone in Japan. *Journal of Asian Earth Sciences*, 26 (3-4): 353–368.
- RAMPINO, M. R., PROKOPH, A., ADLER, A. 2000: Tempo of the end-Permian event: High-resolution cyclostratigraphy at the Permian–Triassic boundary. *Geology*, 28 (7): 643–646.
- RAUP, D. M. 1979: Size of the Permo–Triassic bottleneck and its evolutionary implications. *Science*, 206: 217–218.
- REICHOW, M. K., SAUNDERS, A. D., WHITE, R. V., PRINGLE, M. S., AL'MUKHAMEDOV, A. I., MEDVEDEV, A. I., KIRDA, N. P. 2002: $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dates from the West Siberian Basin: Siberian flood basalt province doubled. *Science*, 296: 1846–1849.
- RENNE, P. R., BLACK, M. T., ZICHAO, Z., RICHARDS, M. A., BASU, A. R. 1995: Synchrony and causal relations between Permo–Triassic boundary crises and Siberian Flood Volcanism. *Science*, 269: 1413–1416.
- RESTALLACK, G. J. 1999: Postapocalyptic greenhouse paleoclimate revealed by earliest Triassic paleosoils in the Sydney Basin, Australia. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 111: 52–70.
- RESTALLACK, G. J., METZGER, C. A., GREAVER, T., JAHREN, A. H., SMITH, R. M. H., SHELDON, N. D. 2006: Middle–Late Permian mass extinction on land. *Bulletin of the Geological Society of America*, 118 (11-12): 1398–1411.
- SHEN, S., SHI, G. R. 1996: Diversity and extinction patterns of Permian Brachiopoda in South China. *Hist. Biol.*, 12: 93–110.
- SHEN, S., SHI, G. R. 2002: Paleobiogeographical extinction patterns of Permian brachiopods in the Asian-western Pacific region. *Paleobiology*, 28: 449–463.
- SMITH, R. M. H., WARD, P. D. 2001: Pattern of vertebrate extinctions across an event bed at the Permian–Triassic boundary in the Karoo Basin of South Africa. *Geology*, 29: 1147–1150.
- STANLEY, S. M., YANG, X. 1994: A Double Mass Extinction at the End of the Paleozoic Era. *Science*, 266 (5189): 1340–1344.
- TWITCHETT, R. J., LOOY, C. V., MORANTE, R., VISSCHER, H., WIGNALL, P. B. 2001: Rapid and synchronous collapse of marine and terrestrial ecosystems during the end-Permian biotic crisis. *Geology*, 29 (4): 351–354.
- WANG, X. -D., SUGIYAMA, T. 2000: Diversity and extinction patterns of Permian coral faunas of China. *Lethaia*, 33 (4): 285–294.
- WARD, P. D., BOTHA, J., BUICK, R., DE KOCK, M. O., ERWIN, D. H., GARRISON, G. H., KIRSCHVINK, J. L., SMITH, R. 2005: Abrupt and Gradual Extinction Among Late Permian Land Vertebrates in the Karoo Basin, South Africa. *Science*, 307 (5710): 709–714.
- WHITE, R. V. 2002: Earth's biggest 'whodunnit': unravelling the clues in the case of the end-Permian mass extinction. *Philos. Trans. R. Soc. London, Ser. B*, 360: 2963–2985.
- WIGNALL, P. B. 2001: Large igneous provinces and mass extinctions. *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.*, 53: 1–33.
- WIGNALL, P. B., TWITCHETT, R. J. 1996: Oceanic anoxia and the end Permian mass extinction. *Science*, 272: 1155–1158.
- WIGNALL, P. B., TWITCHETT, R. J. 2002: Extent, duration, and nature of the Permian–Triassic superanoxic event. *Geol. Soc. Am. Spec. Pap.*, 356: 395–413.

Kaj je trias?

Jure Žalohar

What is Triassic?

After the Permian-Triassic extinction event, the Triassic period began. It was the first period of a new era – the Mesozoic. The Triassic extended from 251 to 199 million years ago and is subdivided into the Lower (Early), Middle and Upper (Late) Triassic. All the land was joined into one supercontinent called Pangea. The overall uplift of the Pangea, regression of the near land seas, and formation of mountain chains and high plateaus had a strong influence on the Triassic sedimentologic and climatic conditions (ZHARKOV & CHUMAKOV, 2001; GOLONKA, 2007). As a consequence of such paleogeographic settings, dry deserts and sedimentary basins spread all over the Pangea, while the land-surface water runoff decreased considerably. The polar ice-caps melted and large areas with arid to semi-arid climate spread all over the Pangea, whilst the size of areas with humid climate decreased. Vast land areas of the Pangea positioned along the equator were ideal for the development of Triassic monsoon (FRASER, 2006). In the sea, numerous carbonate and evaporite-carbonate platforms were formed (ZHARKOV & CHUMAKOV, 2001).

In the Triassic, the Slovenian region was a part of a large Adriatic-Apulian microplate (STAMPFLI *et al.*, 2002; TARI, 2002). This region was subject to extensional tectonics accompanied by strong subaeric and sedimentary volcanism. In the Upper Carnian, the Dachstein carbonate platform spread all over the region. A relatively peaceful period followed until the Lower Cretaceous, when the convergence and inversion in the wider area of the Tethys began (HAAS *et al.*, 1995; TARI, 2002; GAETANI *et al.*, 2003). This process has lasted already 95 million years and has caused the formation of large mountain chains of the Himalaya and of course – the Alps.

Po permsko-triasnem izumrtju je nastopilo novo geološko obdobje, imenovano trias. Trias je prvo geološko obdobje v srednjem zemeljskem veku - mezozoiku. Ime »trias« je leta 1834 skoval Friederich Von Alberti po tridelni razdelitvi kamninskih skladov v Nemčiji (latinsko trias pomeni triada). Triasno obdobje se je začelo pred približno 251 milijoni let in se je končalo pred približno 199 milijoni let. Razčlenimo ga na tri dele: na spodnji (zgodnji), srednji in zgornji (pozni) trias, v geološki literaturi pa je v uporabi še podrobnejša razčlenitev.

Vsezemlja – Vsemorje: Zemlja v triasu

V triasu je bilo vse kopno na Zemlji združeno v en sam »superkontinent« Pangea (gr. *pan* vse,

Gaia Zemlja), ki je nastal že v starem zemeljskem veku (paleozoiku), natančneje v karbonu (GOLONKA, 2007). Južni del Pangee, imenovan Gondvana, je vključeval današnje kontinente Južno Ameriko, Afriko, Indijo, Avstralijo in Antarktiko. Severni del Pangee, imenovan Lavrazija, pa je vključeval Severno Ameriko, Baltik, Sibirijo in Kazahstan. Pangea se je razprostirala vse od južnega pola preko ekvatorja do severnih geografskih širin okoli 75°-85° (ZHARKOV & CHUMAKOV, 2001). V poznem paleozoiku so vzdolž obal Pangee nastale subdukcijske cone (območja podiranja litosferskih plošč), ki so predstavljale t. i. Pangein ognjeni obroč. Ta je bil aktiven v triasu in je bil povezan z intenzivnim vulkanizmom, širjenjem kopnih območij in nastankom dolgih in ozkih podmorskih t. i. zaločnih bazenov, (ang.

»back-arc basins«). Zaločni bazeni nastajajo v conah subdukcije. Danes se jih veliko nahaja v zahodnem delu Pacifika. Tak je na primer Marijanski jarek.

Na vzhodu se je v Pangeo kot ogromen zaliv zajedalo morje Neotetida (Neotetis), ki se je v triasu še nadalje širilo na račun zapiranja starejšega oceana Paleotetida (Paleotetis). Ocean, ki je obkrožal Pangeo, se je imenoval Panthalassa ali »Vsemorje«. Že ob koncu perma se je ogromna Cimmerijska litosferska plošča

(vključevala je današnjo Turčijo, zahodni in centralni Iran, severni Tibet ter Burmo in Malezijo) začela odmikati od Gondvane in se približevati Lavraziji. Pri tem se je med Gondvano in Cimmerijsko ploščo začela formirati Neotetida. Ta se je v mezozoiku razprostirala na istem mestu kot v paleozoiku Paleotetida.

Natezno napetostno stanje na območju Neotetide je nastopilo že v zgornjem karbonu, razpiranje (rifting) pa se je začelo nekoliko



Kamniško-Savinjske Alpe s Klemenče jame nad Logarsko dolino.

The Kamniško-Savinjske Alps from Klemenča jama above the Logarska dolina Valley.

kasneje, in sicer v spodnjem permu (GAETANI *et al.*, 2003). Cimmerijska plošča je potovala proti Lavrazijski plošči vse do srednje jure, ko se je Paleotetida dokončno zaprla. Pri tem je prišlo do t. i. cimnerijske orogenetske faze, ko je pri subdukciji vsa oceanska skorja Paleotetide potonila pod Cimmerijsko.

Superkontinent Pangea je v spodnjem triasu začel razpadati. Razpadanje je potekalo v več fazah. Intenzivnost razpiranja in razpadanja se je povečala v zgornjem triasu (noriju).

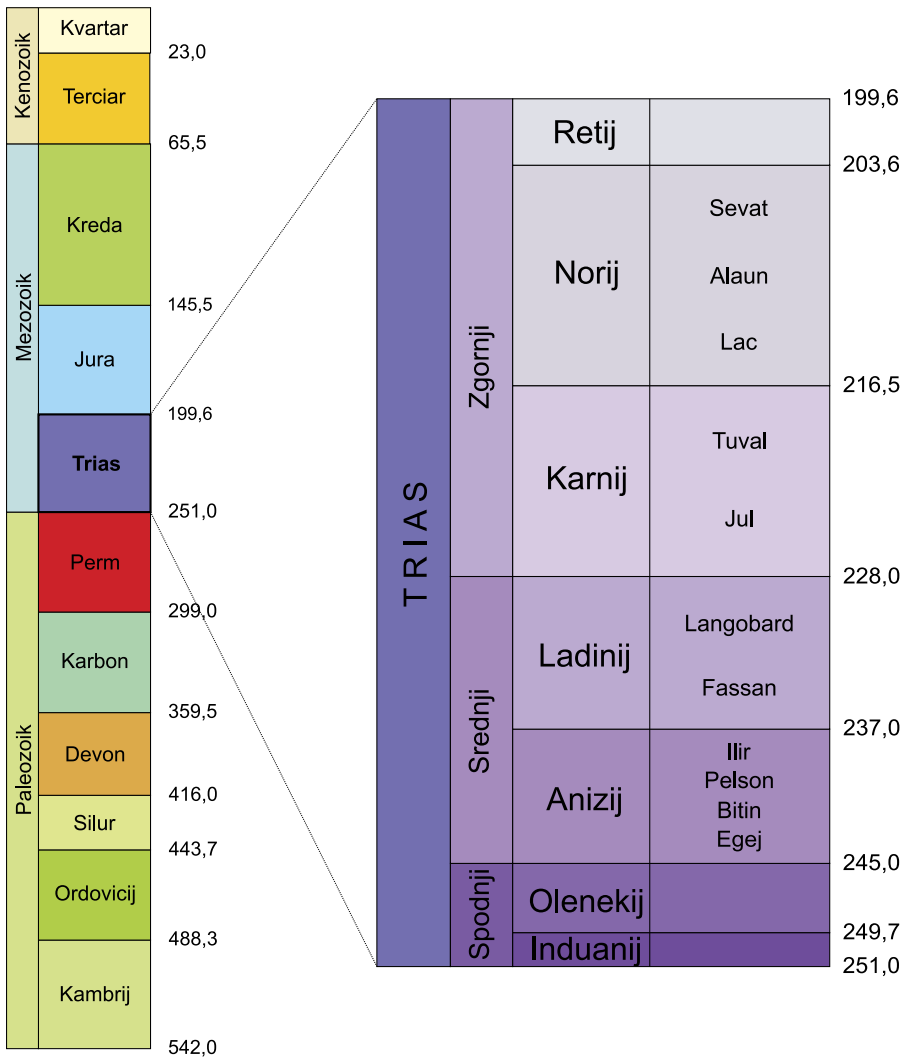
Prva faza se je začela v triasu in se nadaljevala med spodnjo in srednjo juro, druga je bila v spodnji kredi, tretja pa ob začetku novega zemeljskega veka - kenozoika. Ta razčlenitev in interpretacija faz seveda ni edina, zato znanstveniki razpadanje Pangee interpretirajo nekoliko različno. Med juro in kredo je razpadla Gondvana in potisnila Afriko in Indijo proti severu preko območja Tetide, pri tem pa se je odprl Indijski ocean. Zaradi gibanja Afriške litosferske plošče proti severu



se je Tetida v kenozoiku zapirala in postala le ozek morski prehod, ki je povezoval Atlantski in Indijski ocean. Danes se Indija, Indonezija in Indijski ocean nahajajo na mestu, kjer je bila nekoč Tetida. Turčija, Irak in Tibet pa pripadajo Cimmerijski litosferski plošči. Ostanki Tetide so danes Sredozemsko, Črno, Kaspijsko in Aralsko morje.

Sedimentacijske razmere v triasu in juri

Paleogeografski razvoj Pangee in spremembe v sedimentacijskih okoljih od perma do spodnje triasa so povezane z zelo počasnim splošnim dvigom superkontinenta, regresijo (umikanjem) obrobnih morij, nastajanjem priobalnih in notranjih kolizijskih gorovij in visokih planot ter



Geološka časovna lestvica in razdelitev triasa (prirejeno po USGS in po DALLA VECCHIA, 2008).
 Geological time scale and subdivision of the Triassic (according to USGS and DALLA VECCHIA, 2008).

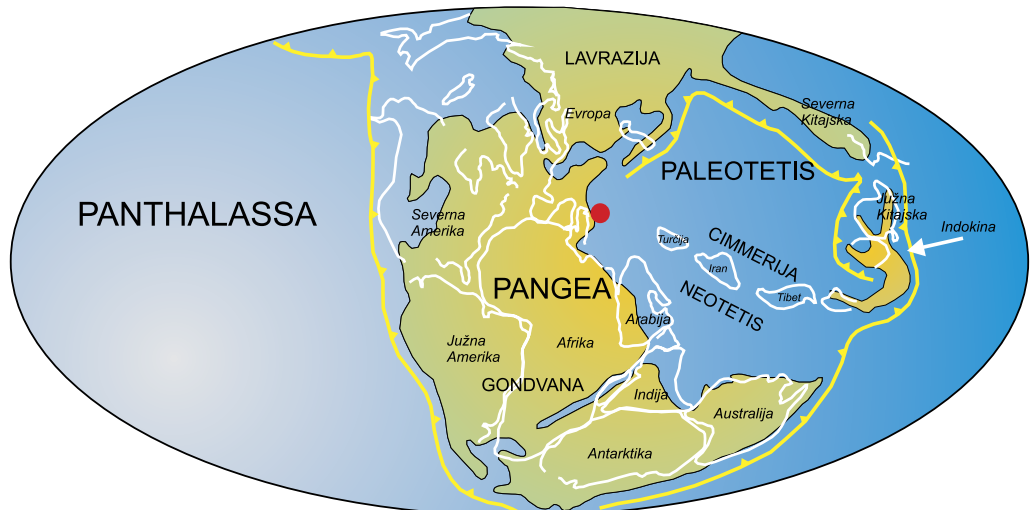
ravnin. Kot posledica takšne paleogeografije so se širom Pangee močno razširile suhe puščave in suhi sedimentacijski bazeni, površinsko odtokanje vode v morje pa se je zmanjšalo. Permsko-triasno globalno segrevanje je povzročilo izginotje ledenih pokrovov v spodnjem triasu in povečevanje območij z aridno in semiaridno klimo. Močno so se zmanjšala območja s humidno klimo, zato nikjer na nekdanji Pangei ne najdemo plasti premoga iz spodnjega triasa.

Za zgornji perm in spodnji trias je značilen zelo intenziven razvoj karbonatnih in evaporitno-karbonatnih platform (kontinentalnih polic), ki so se razprostirale med 40° in 45° severne geografske širine ter med 40° in 50° južne geografske širine ob vzhodnih in zahodnih obalah Pangee ter ob Cimmerijskem mikrokontinentu. Primerne razmere za razvoj karbonatnih platform v tropskih in zmerno hladnih temperaturnih pasovih so bile povezane z zmanjšanim kopičenjem detrita (usedlinskega drobirja) in terigenega materiala s kopnega. V zgornjem permu so imela območja s terigeno sedimentacijo zelo omejen obseg. Praviloma so bila omejena le na severno in južno obrobje Pangee,

na zmerne in polarne geografske širine s humidnimi pasovi in na tropsko-ekvatorialni vlažni pas. Razširjenost terigene sedimentacije se je nekoliko povečala v spodnjem triasu na račun močno zmanjšane karbonatne sedimentacije predvsem ob severnem in južnem robu Pangee.

Kasneje v triasu so nastale obsežne karbonatne platforme predvsem ob robu Neotetide in Paleotetide ter Cimmerijske litosferske plošče (GOLONKA, 2007). Nastajali so aljno-koralni grebensi apnenci in plitvodni platformski apnenci in dolomiti. Na prostoru zahodne Tetide so se največje karbonatne platforme razprostirale na ozemlju Apulije (današnja Italija, Jadransko morje in Dinaridi) ter dalje proti vzhodu preko Helenidov na ozemlje Taurusa (GOLONKA, 2007). Te so nastale v vseh šelfnih morjih v tropskem in subtropskem pasu. Na območju današnjih Dolomitov, Karnijskih Alp in Karavank, Durmitorja, Krasa in Dinaridov so bile zelo pogoste zlasti evaporitno-karbonatne platforme (ZHAROV & CHUMAKOV, 2001).

Kolizija Kitajskega in Cimmerijskega bloka ob koncu triasa in začetku jure je pomenila dokončno konsolidacijo azijskega dela Pangee



Paleogeografska rekonstrukcija Zemlje v srednjem triasu (poenostavljeno po SCOTESE, 2001, in ZHAROV & CHUMAKOV, 2001).

Paleogeographic reconstruction of the Earth in the Middle Triassic (simplified after SCOTESE, 2001, and ZHAROV & CHUMAKOV, 2001).

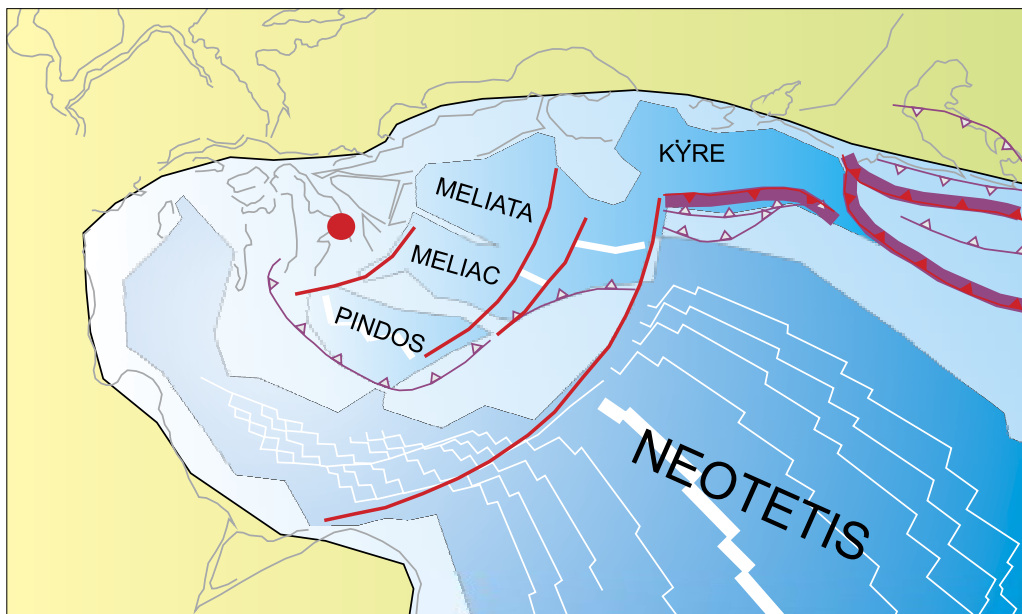
(GOLONKA, 2007). Vsi glavni kontinenti in glavne plošče so bili združeni, z izjemo nekaterih območij Tetide in severozahodnega dela Severne Amerike in Panthalasse. Razdruževanje Severne Amerike se je začelo v triasu, nadaljevalo pa se je v spodnji in srednji juri. Na območju med Afriko in Severno Ameriko je prevladovala sedimentacija kontinentalnih klastičnih kamnin, ki jo je spremljal intenziven vulkanizem. Ta vulkanizem je pripadal t. i. Centralnoatlantski magmatski provinci (GOLONKA, 2007). Alpska Tetida se je odpirala hkrati s Centralnim Atlantikom v času spodnje in srednje jure. Začetek oceanskega širjenja postavljajo v spodnjo juro (bajocij), sledila pa je faza spodnjegorskega razpiranja. V zahodnem delu Tetide se je odpiral ocean Pindos, ki se je nahajal med robovi Gondvane in vrsto mikroplošč. Neotetida se je razdelila v severni in južni del.

Karbonatna sedimentacija je prevladovala vzdolž robov Neotetide v pasu med 35° severne in 35° južne geografske širine. Severozahodni

del Neotetide je bil sestavljen iz večjega števila horstov (relativno dvignjenih blokov glede na okolico), na katerih so se formirale karbonatne platforme. Vmes so nastali jarki, ki so jih zapolnjevali globljevodni temni muljevci in skrilavci z veliko vsebnostjo organske primesi (GOLONKA, 2007). Plitvovodni platformni apnenci in globljevodni apnenci so se odlagali na pasivnih robovih šelfov na področju zahodne Neotetide. Izolirane karbonatne platforme so bile povezane z mikroploščami severne Neotetide. Notranjost platform je spremljala delna dolomitizacija, še posebno na območjih z evaporitno sedimentacijo. Grebenske združbe organizmov pa so bile takrat redke.

Alpski prostor v triasu

Slovensko ozemlje se nahaja na stiku Vzhodnih in Južnih Alp, Dinaridov in Panonskega bazena. V triasu so Južne Alpe in Dinaridi

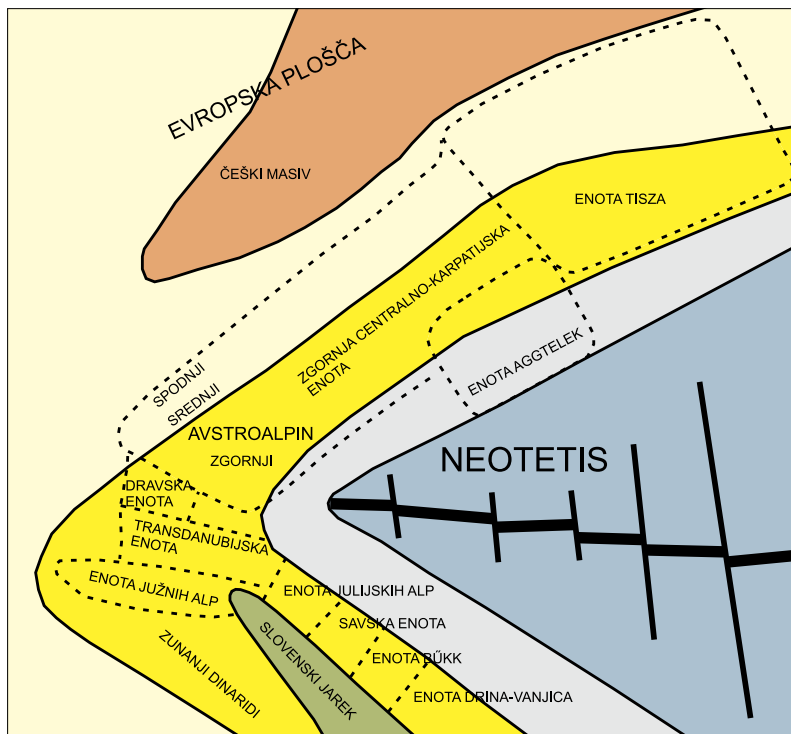


Paleogeografska rekonstrukcija Neotetide v spodnjem Noriju. Z rdečo piko je označena lega območja današnje Slovenije. Prirejeno po STAMPELI *et al.* (2002).

Paleogeographic reconstruction of the Neotethys in the Lower Norian. The red dot marks the position of present day Slovenian territory. Simplified after STAMPELI *et al.* (2002).

pripadali Jadransko-Apulijski mikroplašči, ki je predstavljala najzahodnejši del Cimmerijske strukturne enote (STAMPFLI *et al.*, 2002) in se je v zgornjem permu odcepila od Gondvane (TARI, 2002). Apulijska plošča je razdeljena na dva dela. Na jugu je Apulijski del (Italija), na severu pa Jadranski del (Dinaridi). Dinaridi pripadajo severovzhodnemu delu Jadranske mikroplašče (TARI, 2002). Oba dela sta bila v triasu udeležena v cimmerijski koliziji in sta bila del Afriške plošče vse do spodnje krede. Po variscni orogenezi v poznem paleozoiku se je Apulija nahajala v severnem šelfnem delu Gondvane in je na severovzhodu mejila na ocean Paleotetida. V poznem paleozoiku se je med notranjim delom Karpatov in Avstroalpinom (Severne Apneniške Alpe) odprl Meliata-Hallstattski ocean kot posledica kontinuirane subdukcije vzdolž vzhodnega dela evropskega roba (STAMPFLI *et al.*, 2002). Proti severu usmerjena subdukcija je povzročila odpiranje zaločnih bazenov že v karbonsko-permskem

obdobju, ta proces pa je v sredozemski regiji trajal vse do zgornjega triasa. V srednjem triasu je kontinuirana subdukcija povzročila preskok razpiranja v področje oceana Meliac, kasneje v zgornjem triasu pa še v področje oceana Pindos. Odpiranje oceanskih področij Meliata-Meliac je ustvarilo vsesplošno toplotno reorganizacijo zemeljske skorje, čemur je sledilo obsežno poglobljanje ozemlja in transgresija morja v zgornjem permu (belerofonski facies) in spodnjem triasu (STAMPFLI *et al.*, 2002; TARI, 2002). Ta morska transgresija predstavlja na našem ozemlju začetek alpskega sedimentacijskega cikla (HAAS *et al.*, 1995), višek pa je dosegla v srednjem triasu, ko je morje preplavilo širši prostor današnje Evrope. Srednjetriasno obdobje torej v tektonskem smislu predstavlja izjemno živahno obdobje. V tem času je na našem ozemlju prevladovala ekstenzijska (natezna) tektonika. Tektonska dogajanja je spremljal tudi intenziven sinsedimentni vulkanizem. Glavni vir večinoma subaerskega



Porazdelitev facielnih con v zgornjem triasu (norijski) (po HAAS *et al.*, 1995).

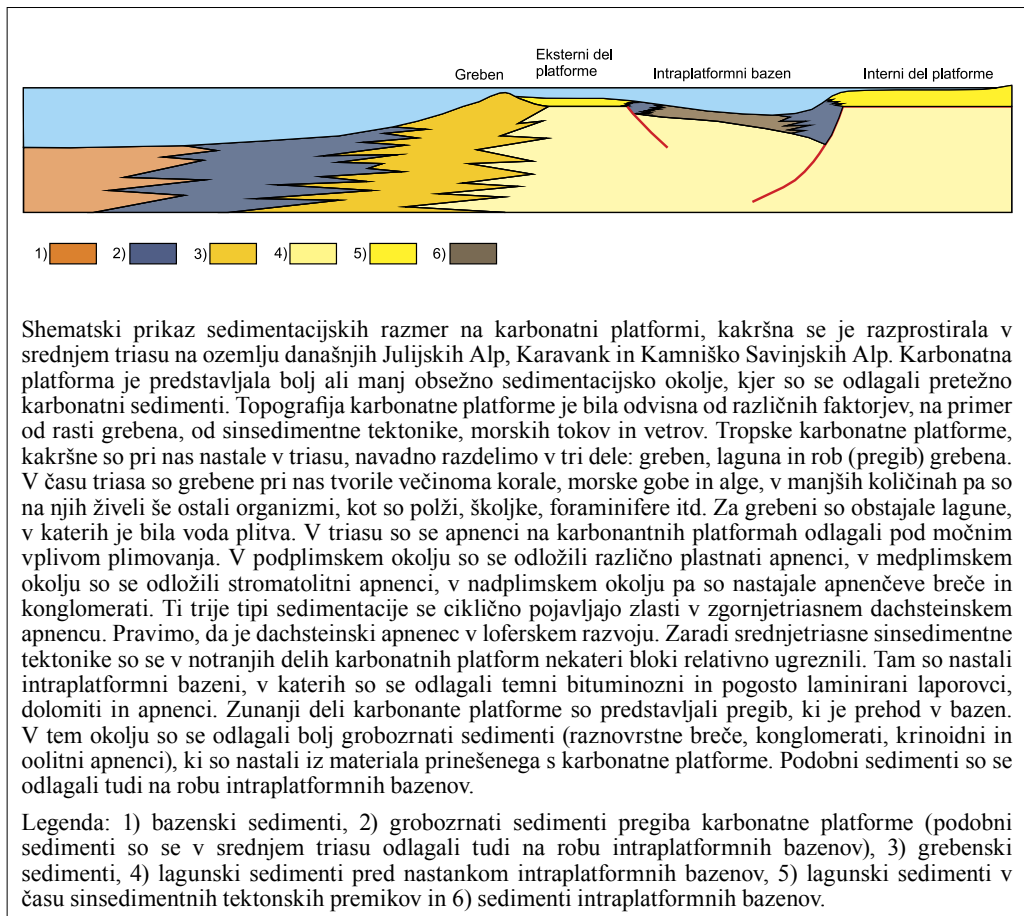
Distribution of facies zones in the Upper Triassic (Norian) (after HAAS *et al.*, 1995).

(kopenskega) vulkanizma je bil lociran južno od današnjih Južnih Alp (HAAS *et al.*, 1995). Zaradi ekstenzijske tektonike so karbonatne platforme v srednjem aniziju razpadale na manjše bloke, na prostoru Južnih Alp so nastali številni intraplatformni bazeni, karbonatne platforme pa so bile pogosto izolirane. Prostorska porazdelitev platform in bazenov je bila precej nepravilna. Morsko sedimentacijo je spremljalo nastajanje zelenih tufov »pietra verde«, ki jih pogosto najdemo v srednjetriasnih plasteh (npr. v Buchensteinski formaciji).

Za zgornji karnij je značilno predvsem širjenje Dachsteinske karbonatne platforme, ki se je dokončno izoblikovala v spodnjem in srednjem noriju (HAAS *et al.*, 1995), ko je

nastopilo relativno mirno obdobje. V širokem šelfnem območju okoli Meliata-Hallstattskega oceana se je formirala relativno enotna karbonatna platforma, na kateri je prevladovalo odlaganje Dachsteinskega apnenca. V Južnih Alpah je kot ekvivalent Dachsteinskega apnenca nastajal tudi Glavni dolomit. Do zgornjega triasa so bili na ozemlju Slovenije številni plitvi bazeni večinoma zapolnjeni, zato je severni del današnje Slovenije prekrivala relativno homogena karbonatna platforma.

Od zgornjega triasa dalje je sledila druga faza ekstenzijske tektonike, za katero je značilen preskok razpiranja v oceansko področje Pindos. Ekstenzijska tektonika je povzročila diferenciacijo karbonatnih platform (HAAS *et al.*, 1995).



V Južnih Alpah se je na primer odlagala formacija Riva di Solto, ki kaže na zaprte bazenske razmere. V Dolomitih, Julijskih Alpah in Karavankah pa je prevladovala karbonatna sedimentacija. V tem času (karnij) se je na mediteranskem območju in srednjem vzhodu Paleotetida popolnoma zaprla, odpirati pa se je začel Centralni Atlantik in nekoliko kasneje (v spodnji in srednji juri) še Alpska Tetida (STAMPFLI *et al.*, 2002). Alpska Tetida je bila podaljšek Atlantika proti vzhodno ležečemu tetidinemu področju. Med odpiranjem Centralnega Atlantika in Alpske Tetide se je oceanska skorja Meliatskega oceana začela podrivati proti jugu v povezavi s proti jugu usmerjeno subdukcijo v Kýre bazenu (današnja severna Turčija). Ta proces je v srednji juri vodil do nastanka Vardarskega oceana (STAMPFLI *et al.*, 2002).

Zaradi odpiranja Južnega Atlantika in rotacije Afriške litosferske plošče v nasprotni smeri urinega kazalca je v spodnji kredi nastopilo obdobje konvergence in inverzije na širšem prostoru Tetide (GAETANI *et al.*, 2003). Ta proces poteka že približno 95 milijonov let, od cenomanija do danes. To obdobje lahko razdelimo na dve periodi oziroma dve orogenetski fazi. Prva faza je potekala v kredi, ko se je najprej konvergenca razširila preko večine ozemlja današnje Evrope in začela se je eoalpska orogeneza. Morske povezave med Severnim morjem, zahodnoevropskimi in vzhodnoevropskimi bazeni so se postopoma zapirale. V drugi fazi v kenozoiku pa je zaradi neprekinjene konvergence prišlo do progresivne kontinentalne kolizije in nastali so gorski grebeni Pirenejev, Alp, Karpatov, Dinaridov, Pontidov, Tauridov, Maghrebidov in Zagrosa (GAETANI *et al.*, 2003).

Podnebje v triasu

Na prehodu iz perma v trias je bila klima v povprečju zmerna. Na to kaže razširjenost rastlin iz rodu *Glossopteris*, ki so uspevale v razmeroma hladnih in vlažnih območjih. Za ta čas je značilna tudi velika nesimetričnost podnebnih pasov med severno in južno poloblo (CHUMAKOV & ZHAROV, 2003). Na južni polobli

so kape polarnega ledu segale skoraj do aridnih pasov v srednjih geografskih širinah, medtem ko severna polobla najbrž ni imela polarne kape. Ob koncu perma je prišlo do povečevanja aridnosti Zemlje in povečevanja simetričnosti klimatskih razmer med severno in južno poloblo (CHUMAKOV & ZHAROV, 2003). Na tak trend je pomembno vplivala razporeditev kopnega, ki je bilo združeno v en sam ogromen superkontinent Pangeo. Oceanski tokovi v obkrožajočem oceanu Panthalassa so zato nemoteno prevajali toploto zaradi sončnega obsevanja od ekvatorja proti polom, kar je v triasu onemogočilo obstoj ledenih polarnih kap. Aridni in semiaridni pasovi na Pangei so se postopoma širili celo proti zmernim geografskim širinam, medtem ko se je ekvatorialni vlažni pas močno zožil in je segal le do geografske širine okoli 15°. Aridni in semiaridni pasovi so tako ob začetku perma zavzemali okoli 40 % kopnega, na začetku triasa pa že kar 80 % (CHUMAKOV & ZHAROV, 2003). Nekoliko vlažnejše razmere so v spodnjem triasu prevladovala v višjih geografskih širinah. Vendar je zanimivo, da je vsaj za severno poloblo takrat značilna popolna odsotnost premogovih plasti. Od perma dalje je bila klima najbolj nespremenjena v območju oceana Tetida, kjer so se spremembe kazale predvsem v spreminjanju širine posameznih podnebnih pasov.

Na območju današnje Evrope (Francije, Nemčije) so na prehodu iz perma v trias obstoj aridnih in semiaridnih razmer povezovali s prisotnostjo rdečih plasti, eolskih peščenjakov in evaporitov. Takšne plasti najdemo pogosto v spodnje- in srednjetriasnih plasteh tudi pri nas. Po klasičnih interpretacijah so bile potemtakem permske in triasne puščave rdeče, prav tako pa bi morale biti rdeče vse današnje puščave, kar seveda ni res. Modernejše interpretacije (FRASER, 2006) predvidevajo, da je nastanek rdečih plasti povezan s sezonskim izmenjavanjem suhih in vlažnih klimatskih razmer. V vzhodnem delu Severne Amerike denimo v podobnih sedimentih najdemo številne rastlinske ostanke, ostanke rakov in črvov in odtise dežnih kapljic, kar kaže na vsaj sezonski padavinski režim. Rdeča barva sedimentov zato

najverjetneje izvira iz raztapljanja železovih mineralov v vlažnem obdobju leta in s kasnejšim izločanjem rdečega hematita v suhem obdobju.

Sezonsko izmenjavanje suhih in vlažnih obdobji pojasnjujejo z nastankom monsuna. Spodnjetriasi in srednjetriasi monsun je imel le omejen obseg oziroma vpliv (CHUMAKOV & ZHAROV, 2003), pomemben pa je bil predvsem v začetnem delu zgornjega triasa, v karniju (FRASER, 2006). Razmere za nastanek monsuna so bile v triasu ugodne predvsem zaradi razporeditve kopnega. Pangea je ležala približno na sredini ekvatorja in zaradi ogromnih razsežnosti kopnega na ekvatorju so nastale velike temperaturne razlike med obalnimi in celinskimi območji. Izdatno sezonsko segrevanje zračnih mas nad kopnim je tam povzročilo območje nizkega zračnega pritiska, dvigovanje zraka in posledičen nastanek vetrov, ki so pihali od morja proti kopnemu. Vpliv monsuna je bil posebno močan ob obalah Tetide, nekoliko šibkejši pa v notranjosti kontinenta (CHUMAKOV & ZHAROV, 2003). V zgornjem triasu se je intenzivnost monsunske faze še dodatno krepila zaradi (karnijskega) razpiranja kontinenta Pangee, povečevanja količine CO₂ (zaradi povečanega vulkanizma) in posledičnega učinka tople grede (FRASER, 2006), kar je celotni atmosferi dalo še več energije.

Podnebje v triasu na ozemlju današnje Slovenije

V srednjem permu so na ozemlju Slovenije v puščavskem podnebnju nastajale grōdenske plasti, ki sestojijo predvsem iz rdečih in vijoličnordečih, redkeje zelenkastosivih, sivih in belih kremenovih peščenjakov, kremenovih konglomeratov in skrilavih glinavcev. Takrat je dviganje Pangee povzročilo obsežno okopnitev, podnebje pa je postajalo vedno bolj sušno (ZHARKOV & CHUMAKOV, 2001; STAMPELI *et al.*, 2002). V današnje okolico Bleda je segalo plitvo in toplo morje, v katerem so se odlagali sivi Neoschwagerinski apnenci z luknjičarkami, morskimi gobami in ramenozočci. Na ozemlju Severnih Karavank, ki pripadajo Alpidom, pa so se rdeči peščenjaki, konglomerati in glinavci odlagali še v zgornjem permu (HERLEC & HLAD, 2005).

Podobne klimatske razmere so se nadaljevale tudi v spodnjem in srednjem triasu. Naši kraji so bili takrat del evaporitno-karbonatnih platform v zahodnem delu Tetide. Redki, skoraj odsotni rastlinski ostanki v spodnje- in srednjetriasnih plasteh ter prisotnost evaporitnih mineralov kažejo na razmeroma vroče in suho podnebje. Občasno so bila od tega povprečnega vzorca klime odstopanja, ki jih bomo podrobneje opisali v naslednjih poglavjih.

- CHUMAKOV, N. M., ZHARKOV, M. A. 2003: Climate during the Permian-Triassic Biosphere Reorganizations. Article 2. Climate of the Late Permian and Early Triassic: General Inferences. *Stratigraphy and Geological Correlation*, 11 (4): 361–375.
- FRASER, N. C. 2006: *Down of the Dinosaurs: life in the Triassic*. Indiana University Press.
- GAETANI, M., DERCOURT, J., VRIELYNCK, B. 2003: The Peri-Tethys Programme: achievements and results. *Episodes*, 26 (2): 79–93.
- GOLONKA, J. 2007: Late Triassic and Early Jurassic palaeogeography of the world. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeontology*, 244: 297–307.
- HAAS, J., KOVÁCS, S., KRYSZYN, L., LEIN, R., 1995: Significance of Late Permian – Triassic facies zones in terrane reconstructions in Alpine – North Pannonian domain. *Tectonophysics*, 242: 19–40.
- HERLEC, U., HLAD, B. 2005: Rojstvo, rast in propad gora. Geotrip '02 v Sloveniji, Agencija RS za okolje.
- SCOTESE, C. R. 2001: Atlas of Earth History, Volume 1, Paleogeography. PALEOMAP Project, Arlington, 52 p.
- STAMPELI, G. M., BOREL, G. D., MARCHANT, R., MOSAR, J. 2002: Western Alps geological constraints on western Tethyan reconstructions. V: Rosenbraun, G., Lister, G.S. (ured.): Reconstruction of the evolution of the Alpine-Himalayan Orogen. *Journal of the Virtual Explorer*, 7: 75–104.
- TARI, V. 2002: Evolution of the northern and western Dinarides: a tectonostratigraphic approach. EGU Stephan Mueller Special Publication Series (European Geoscience Union), 1: 223–236.
- ZHARKOV, M. A., CHUMAKOV, N. M. 2001: Paleogeography and Sedimentation Settings during Permian–Triassic Reorganizations in Biosphere. *Stratigraphy and Geological Correlation*, 9 (4): 340–363.



Življenje v triasu

Matija Križnar

Life in Triassic

After the Permian-Triassic extinction event, the Earth was biologically impoverished. However, it offered numerous empty ecological niches which were waiting to be filled. The Triassic was important for many groups of animals; none of the groups, however, profited as much as the vertebrates from the 50 million years of evolution. In the Triassic, the first lissamphibians, turtles, crocodiles, pterosaurs, dinosaurs, and mammals appeared – the building blocks for later vertebrate faunas.



Rastlinstvo v triasu

Rastlinstvo triasa se je zaradi podnebnih in tektonskih sprememb spreminjalo. V spodnjem triasu je bilo življenje v morju še siromašno. Kmalu pa so morsko dno množično poselile kalcitne zelene alge (*Dasycladales*). Njihovo življenjsko okolje so bila plitva, do nekaj deset metrov globoka morja s peščenim ali muljastim dnom. V aniziju so se tako pojavile nekatere vrste rodov *Diplopora* in *Teutloporella*. V ladiniju sta bila ta dva rodova z drugimi vrstami še vedno prisotna, v karniju pa se pojavi še rod *Clypeina*.

Kopenska flora je uspevala v priobalnih območjih ter tudi na višje ležečih celinskih (kontinentalnih) predelih. Skozi celotno obdobje

triasa lahko na Lavrazijskem kontinentu spremljamo vsaj tri glavne floristične združbe, poimenovane flora *Voltzia* (tudi flora *Pleuromeia*), flora *Scytophyllum* in flora *Lepidopteris* (DOBROUSKINA, 1988). Prva združba, t. j. flora *Voltzia*, je uspevala v spodnjem triasu in aniziju. Sestavljali so jo predvsem sestoji iglavcev rodu *Voltzia*, različne preslice rodu *Equisetites* in cikade rodu *Pterophyllum* (KUSTATSCHER *et al.*, 2006a, b). V ladiniju in karniju se pojavi nova združba rastlin, in sicer flora *Scytophyllum*, ki jo predstavljajo predvsem vrste rodu *Scytophyllum* s širokimi suličastimi listi, pojavijo pa se še nove skupine rastlin, kot so npr. *Benntitales*, *Cycadocarpidiaceae* in *Dipteridaceae* (DOBROUSKINA, 1994; ROGHI *et al.*, 2006). V poznem triasu (norij



Brana iz Kamniške Bistrice.

Mt Brana from the Kamniška Bistrica Valley.

in retij) izumrejo številni predstavniki srednjetri-
asne flore. Nadomesti jo druga združba rastlin –
flora *Lepidopteris*. Zanj sta značilna rodova
Dictyophyllum in *Clathropteris*. V prehodu iz
triasa v juro se je sestava flore zaradi pestrega
tektonskega dogajanja ponovno spremenila.

Živalstvo v triasu

Nevretenčarji (Invertebrates)

Najmanjši prebivalci triasnih morij so bili različne luknjičarke ali **foraminifere (Foraminiferida)** in mreževci ali **radiolariji (Radiolaria)**. Na dnu toplih triasnih morij so uspevale različne morske gobe ali **spužve (Spongia)**. **Korale (Anthozoa)**, katerih množično izumrtje je preživela le peščica, se pojavijo s skupino **heterokoral (Scleractinia)** šele sredi triasa. Med najpogostejšimi koralami lahko omenimo rodove *Margarophyllia*, *Margarosmilia* in *Volzeia*.

Veliko izumrtje na prehodu iz perma v trias je prizadelo tudi **mehkužce (Mollusca)**. Mnoge skupine spodnjetriasnih mehkužcev so bile zastopane z le nekaj rodovi ali celo samo vrstami. Med **školjkami (Bivalvia)** so v spodnjem triasu množično uspevali predstavniki rodov *Claraia* (od induanija do spodnjega dela olenekija), *Costatoria* in *Eumorphotis*. Nekoliko pogostejše so bile školjke v srednjem triasu, kjer že najdemo značilne rodove *Enteropleura*, *Posidonia* in *Daonella*. Rod *Daonella* je zastopan predvsem z vrstama *Daonella lommeli* in *Daonella (Arzellella) tyrolensis* iz zgornjeanizijskih in ladinjskih plasti. Zgornjetriasne školjke so že zastopane z mnogo vrstami iz rodov *Halobia* (karnij do srednji norij), *Eomonotis* (srednji norij), *Monotis* (zgornji del norija), *Gruenewaldia* (ladinij in karnij), *Bakevellia*, *Myophoria*, *Trigonodus*, *Pachycardia*, *Lopha* in drugi. Zadnji štirje rodovi so pogosti predvsem v karniju, kjer je vrsta *Myophoria kefersteini* vodilna za julsko podstopnjo. Malo starejša je vrsta *Pachycardia rugosa*, ki je pogosta v zgornjem delu cordevolske podstopnje in nastopa skupaj z vrstami rodu *Trigonodus* (*Trigonodus carniolicus*, *Trigonodus bittneri*, *Trigonodus problematicus*). V dachsteinskem apnencu so pogoste

megalodontidne školjke (družina *Megalodontidae*). Podobno kot pri školjkah so v spodnjetriasnih plasteh zastopani redki, a zelo značilni predstavniki **polžev (Gastropoda)**. Med prvimi triasnimi polži najdemo vrsto *Werfenella rectecostata* s stopničasto hišico in *Natiria costata*, katere hišica ima radialna rebra in ovalno ustje. V srednjem triasu so ostanki polžev redkejši in šele v zgornjem triasu jih spet zasledimo v večjem številu. Med zgornjetriasnimi polži so najpogostejši rodovi *Worthenia*, *Zygopleura*, *Ampezzopleura* in *Omphaloptycha*. Zgornjetriasni Dachsteinski apnenec pa pogosto vsebuje tudi žepe z mnogimi ostanki polžev rodu *Discohelix* in *Loxonema*.

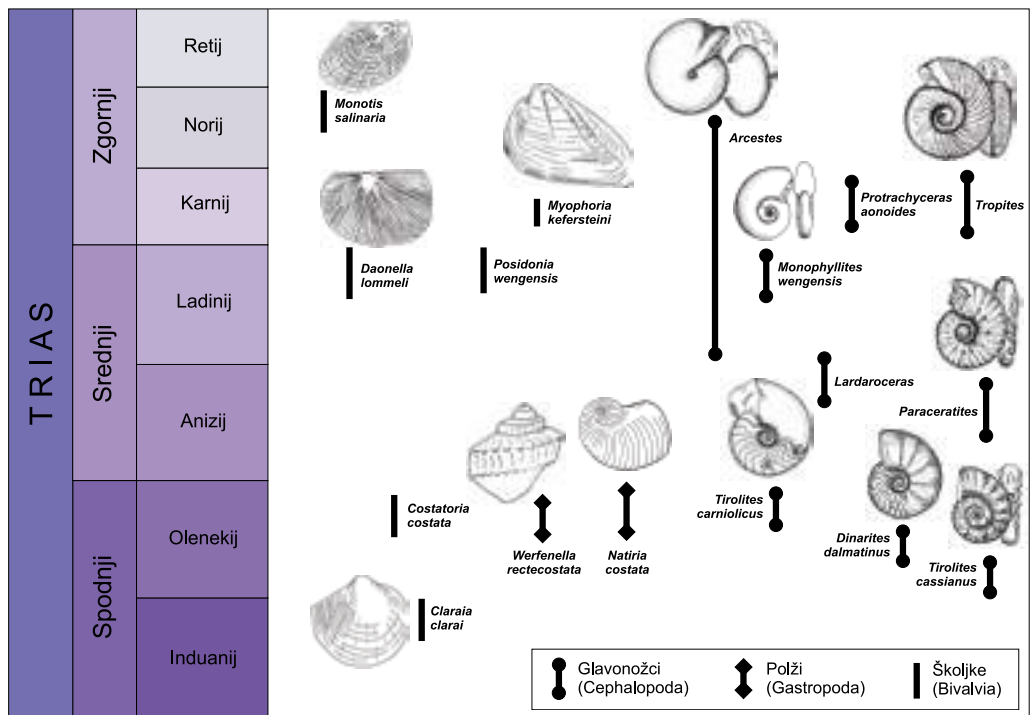
Glavonožci (Cephalopoda) so v triasu zastopani v treh skupinah, med katerimi prevladujejo **amoniti (Ammonoidea)**. Prvi predstavniki amonitov spadajo v rodove, kot so *Tirolites*, *Dinarites* in *Meekoceras*, ki se pojavljajo predvsem v zgornjih delih spodnjetriasnih plasti (induanij in olenekij). Prav tirolitesi so značilni spodnjetriasni amoniti, saj je vrsta *Tirolites cassianus* pogosta v srednjem delu olenekija. Nekoliko mlajša vrsta *Tirolites carniolicus* (skupaj s *Tirolites idrianus*), z večjo hišico in manj trni na njej, pa se pojavlja v plasteh zgornjega dela olenekija. Pestrost oblik amonitov se poveča v srednjem triasu (anizij in ladinij), kjer najdemo rodove *Balatonites*, *Paraceratites*, *Kellnerites*, *Lardaroceras*, *Sturia*, *Flexoptychites*, *Gymnites* in *Arcestes*. Vodilne vrste v aniziju so *Balatonites balatonicus*, *Paraceratites trinodosus* in konec ladinija *Protrachyceras archelaus* in *Monophyllites wengensis*. Zgornjetriasne plasti se začnejo s pojavljanjem nekaterih vodilnih amonitov, med katerimi sta rodova *Frankites* in *Daxatina* (spodnji karnij). Rod *Trachyceras* se pojavi v karniju z vrsto *Trachyceras aon* (srednji del spodnjega karnija) in nekoliko mlajšo, julsko vrsto *Trachyceras aonoides*, najdemo pa tudi primerke rodu *Carnites*. Med zgornnejulsko favno spada vodilni amonit vrste *Austrotrachyceras austriacum*. Na koncu karnija, v tuvalu pa nastopijo amoniti iz rodov *Tropites* in *Anatropites* (RAMOVŠ, 1974).

Veliko redkejši so v triasu ostanki glavonožcev iz skupine **navtiloidov (Nautiloidea)**.

Pojavljajo se oblike z večjimi hišicami in manj izrazito ornamentacijo. Ravno hišico, podobno cigari, imajo predstavniki ortocerasov, med katerimi je tudi triasni rod *Michelinoceras*. Običajno navtiloidno hišico pa ima rod *Pleuro-nautilus*, ki je bil najden tudi v Sloveniji.

Iglokožcem (Echinodermata) pripadajo **morske lilije (Crinoidea)**, ki so zelo pogoste v vseh geoloških obdobjih. Ker so njihova telesa sestavljena iz ogromnega števila ploščic, jih zelo pogosto najdemo v kamninah, mnogokrat so celo kamnotvorne. Skozi ves paleozoik so bile morske lilije zelo razširjene. Konec perma je njihovo število zelo upadlo, tako da je verjetno le nekaj vrst preživelo prehod v trias. Množično se pojavijo šele v srednjem triasu, ko ponovno zavzamejo pomembno mesto v morskih okoljih. Med prvimi triasnimi rodovi morskih lilij so *Dadocrinus*, *Holocrinus*, *Che-locrinus*, *Tollmannicrinus* in najbolj poznan rod

Encrinus z velikimi čašami. V zgornjem triasu se pojavijo še predstavniki družine Isocrinidae z rodovi *Laevigatocrinus*, *Singularocrinus* in *Tyrolocrinus* (HAGDORN, 1995), katerih predstavnike poznamo tudi iz karnijskih plasti pri Mežici. Velik del omenjenih morskih lilij je naseljeval celotno območje triasne Paleotetide, vključno z Germanskim bazenom (Muschelkalk razvoj). **Kačjerepi (Ophiuroidea)** so podobno kot morske lilije na koncu perma skoraj izumrli. Kljub močnemu zmanjšanju raznovrstnosti se že v srednjem delu spodnjega triasa množično pojavljajo na nekaterih nahajališčih. Med najbolj množične spada rod *Praeaplocoma*, katerega ostanke smo našli tudi v Sloveniji. V srednjem triasu se kačjerepi na posameznih območjih Tetide pojavljajo tudi v t. i. plasteh s kačjerepi (ang. »brittlestar beds«), ki vsebujejo zgolj njihove ostanke, ki so običajno zelo dobro ohranjeni. Najpogostejši so primerki



Biostatigrafska razširjenost nekaterih triasnih mehkužcev v Sloveniji (školjke, polži in amoniti).

Biostratigraphic range of some Triassic mollusks in Slovenia (bivalves, gastropods, and ammonites).

iz rodov *Aspidurella*, *Arenorbis* in *Ophioderma*. Kačjerepi so skozi celotno geološko zgodovino ostajali v senci drugih iglokožcev z manj kot desetimi različnimi rodovi. Razbohotili so se šele v neogenu (CLARKSON, 1986). Triasni **morski ježki (Echinoidea)** se množično pojavijo šele v karniju. Najverjetnejša prednika vseh pravilnih triasnih morskih ježkov izhajata iz rodov *Miocidaris* (induanij) in *Lenticidaris* (olenekij). V začetku zgornjega triasa se pojavi mnogo različnih rodov, ki imajo majhne korone in zelo pestro oblikovane bodice. Skoraj vsi so predstavniki cidaroidnih morskih ježkov in so zastopani s karnijskimi rodovi, kot so npr. *Triadocidaris*, *Mikrocidaris*, *Zardiniechinus*, *Leurocidaris* in *Megaporocidaris*. V noriju in retiju postanejo morski ježki spet redkejši, pojavijo pa se nove oblike iz rodov *Hemipedina* in *Pseudodiadema* (KIER, 1977).

Členonožci (Arthropoda) so pomembna skupina že od začetka paleozoika, saj sem spadajo tudi izumrli trilobiti. Začetek mezozoika, ko trilobitov ni več, je bil pomembno obdobje za razvoj ostalih skupin členonožcev, med katerimi nekatere še danes poseljujejo morja in kopno. **Ostvarji (Xiphosura)** so zelo stara skupina živali, ki se je pojavila že v paleozoiku. Izredno veliko pestrost so doživeli v devonu in karbonu, pri prehodu v mezozoik pa je njihova številčnost upadla. Najbolj poznani so ostanki ostvarjev *Mesolimulus walchi* iz jurskih ploščastih apnencev, ki jih lomijo v okolici mest Solnhofen in Eichstätt v Nemčiji. Ostvarji so živi fosili, med njimi danes lahko opazujemo še štiri vrste rodov *Limulus*, *Tachypleus* in *Carcinoscorpius*, ki se le malo razlikujejo od mezozojskih predstavnikov rodu *Mesolimulus*. Iz obdobja triasa je poznanih nekaj rodov ostvarjev (*Limulitella*, *Tarracolimulus* in *Psammolimulus*), ki se razlikujejo predvsem po velikosti in ornamentaciji oklepa. **Raki (Crustacea)** so se pojavili že v spodnjem kambriju. Delimo jih v štiri razrede, med katerimi so najbolj poznani višji raki (Malacostraca). Za biostratigrafske členitve so zelo pomembni ostrakodi (Ostracoda), ki se prav tako pojavijo v kambriju. Med triasnimi višjimi raki so pogosti predstavniki rodov *Schimperella* (družina Eucopiidae), *Dusa*

(družina Penaeidea), *Antrimpos* (družina Penaeidea), *Glyphea* (družina Glypheidae) in *Archaeopalynurus*. Ti rodovi so zastopani predvsem na območju triasne Tetide. Slabo poznani so členonožci iz skupine izumrlih **tilakocefalnih rakov (Thylacocephala)**.

Ramenonožci (Brachiopoda) so zelo stara skupina, ki po obliki lupin spominja na školjke. Že v paleozoiku so živele raznolike vrste in večji del jih ni preživel prehoda v mezozoik. Med triasnimi ramenonožci je mogoče zaslediti le nekatere primitivne oblike iz rodu *Lingula*, pogosti pa so tudi predstavniki iz skupin terebratulidnih, rinholonidnih in spiriferidnih ramenonožcev. V srednjetriasnih plasteh so pogosto najdemo ostanke rodov *Mentzelia*, *Tetractinella* in *Coenothyris*. Pogostejši so v zgornjetriasnih kamminah, kjer se pojavljajo rodovi *Amphiclina*, *Koninckina*, *Thecospira*, *Rhaetina* in *Halorella*.

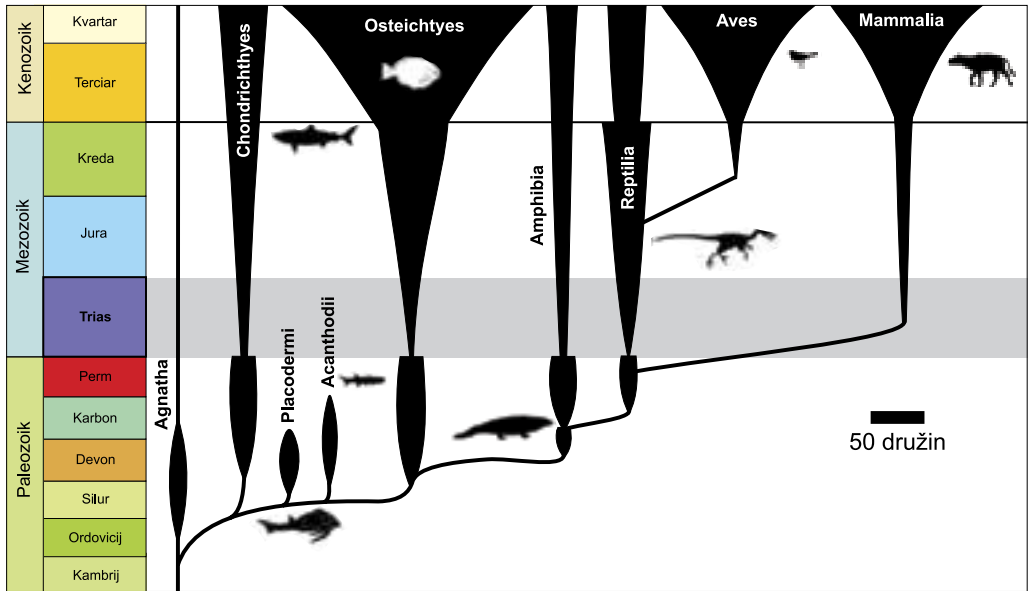
Kljub majhni velikosti so bili tudi **mahovnjaki (Bryozoa)** pomembni graditelji mnogih koralnih grebenov, pogosti pa so bili tudi na morskih tratih z algami. Navadno so njihova telesa hitro razpadla v razburkanem morju, zato le redko najdemo dobro ohranjene primerke.

Vretenčarji (Vertebrata)

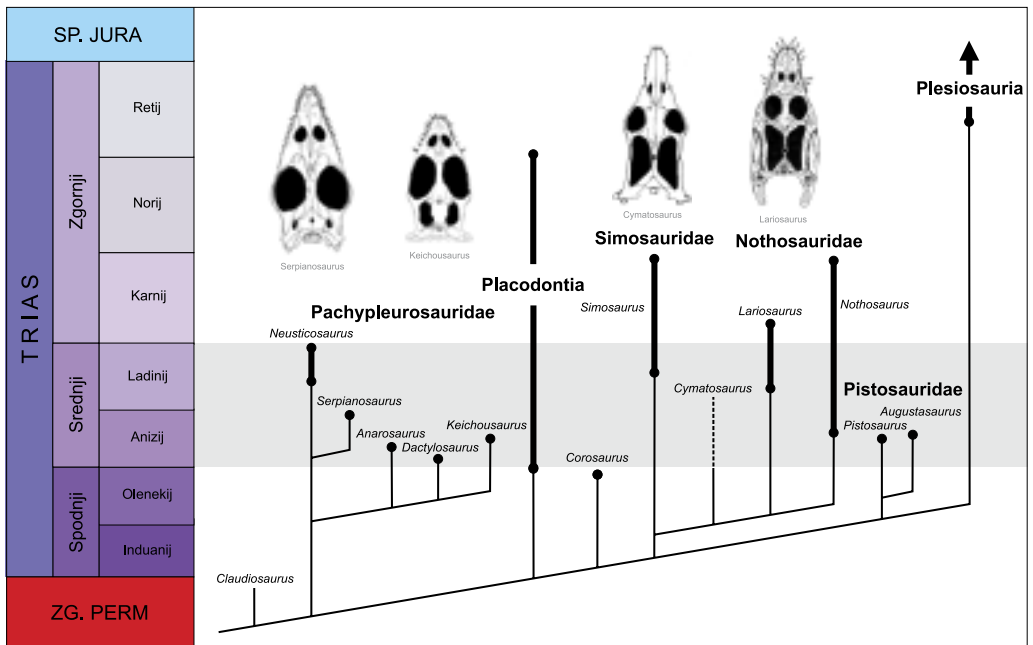
Fosilni ostanki vretenčarjev spadajo med zelo pomembne paleontološke zaklade, saj so za razliko od nevretenčarjev njihovi ostanki veliko redkejši. Nekatere skupine vretenčarjev (ribe, dvoživke in plazilci) se pojavijo že v paleozoiku, druge (sesalci in ptiči) pa dobijo priložnost za hiter razvoj kasneje in še danes naseljujejo skoraj vse koticke sveta.

Pomembni fosilni ostanki vretenčarjev, čeprav zelo majhni, so **konodonti (Conodontophorida)**, saj so za sodobno biostratigrafijo nepogrešljivi. Najpogosteje najdemo posamezne elemente njihovih čeljustnih aparatov. Za paleontologijo so zanimivi predvsem zaradi hitrega razvoja oblik, ki se pojavljajo v zelo kratkih časovnih intervalih. Izumrli so v zgornjem triasu.

Ribe (Pisces) so zavladale morju že v času devona, med prvimi prebivalkami so bile primitivne ribe oklepnice ali plakodermi (Placodermi). Ob njih so se pričele razvijati tudi druge skupine rib, kot so hrustančnice (Chondrichthyes) s



Poenostavljeni prikaz evolucije vretenčarjev (prirejeno po BENTON, 1997).
Simplified illustration of vertebrate evolution (according to BENTON, 1997).



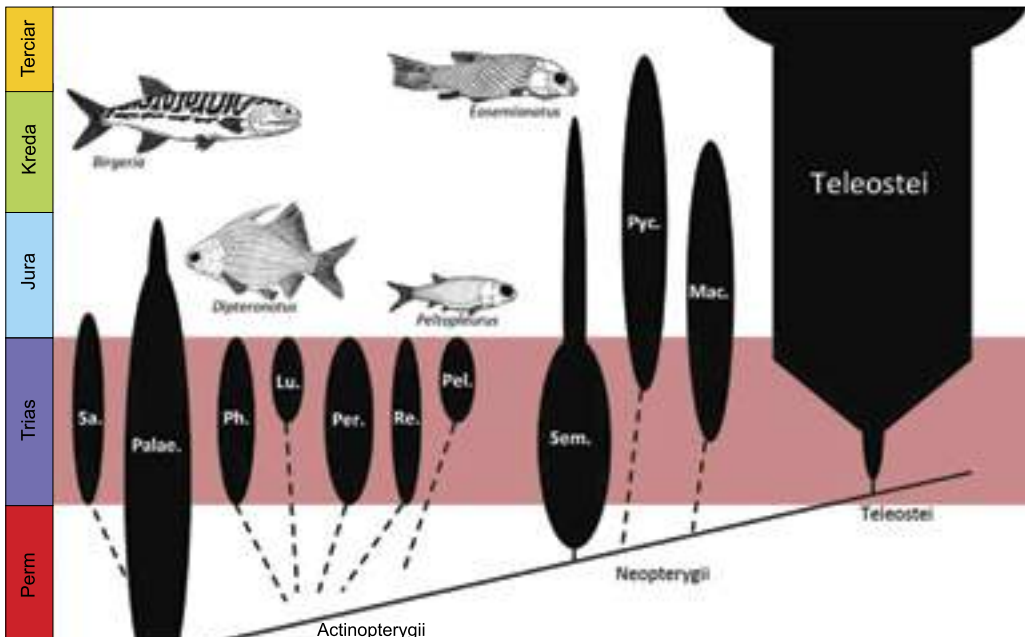
Stratigrafska razširjenost triasnih vodnih plazilcev (Sauropterygia) (prirejeno po STORRS, 1993).
Stratigraphic range of the Triassic marine reptiles (Sauropterygia) (according to STORRS, 1993).

triasnimi hibodontnimi morskimi psi (*Hybodontidea*) in kasneje s sodobnimi oblikami morskih psov in skatov. Med triasnimi predstavniki morskih psov so znane oblike z bodicami na hrbtnih plavutih in z durofagnim zobovjem za drobljenje mehkužcev. Pogosto naletimo na ostanke rodov *Acrodus*, *Asteracanthus*, *Palaeobates*, *Lissodus* in *Hybodus*, ki so najpogostejši v srednje- in zgornjetriasnih plasteh. Med seboj se ločijo predvsem po obliki in morfologiji zob, saj so njihovi kostni ostanke redki.

Ribe žarkoplavutarice (*Actinopterygii*) so prav tako zasedle svoje mesto v paleozojskih morjih, a današnje stopnjo raznolikosti so pričele dosegati šele v mezozoiku in kenozoiku s pojavom pravih kostnic (*Teleostei*). V triasnih morjih so plavale različne oblike rib, med katerimi je vidno mesto zasedal red *Palaeonisciformes* z rodem *Birgeria* in

mnogi drugi kot so *Luganoiiformes* (rod *Habroichthys*), *Peltopleuriformes* (rodova *Peltopleurus* in *Placopleurus*), *Saurichthyiformes* (rod *Saurichthys*) itd. Ob omenjenih redovih so se razvile tudi druge ribe iz skupine neopterigij (*Neopterygii*), med katerimi izstopajo *Semionotidae*, *Macrosemiidae*, *Halecomorphi* in zelo skrivnostna skupina piknodontnih rib (*Pycnodontidae*) z značilnimi durofagnim zobovjem. Poleg množice vseh naštetih rib so se pojavile že prve kostnice, ki pa so zavladaile morjem in ostalim vodnim okoljem šele konec krede (*CARROLL*, 1988).

Na kopnem so se v triasu pojavili številni predstavniki vretenčarjev. **Štirinožni vretenčarji (Tetrapodi)**, med katerimi zasledimo tudi sorodnike dvoživk, zastopajo na primer predstavniki iz družin *Brachyopidae*, *Metoposauridae*, *Plagiosauridae* in *Capitosauridae* (*CARROLL*,



Poenostavljen prikaz evolucije nekaterih mezozojskih (predvsem triasnih) skupin rib (prirejeno po *CARROLL*, 1988).

Simplified evolution of some Mesozoic fish groups (mostly Triassic) (according to *CARROLL*, 1988).

Okrajšave / abbreviations: Sa. – Saurichthyiformes; Palae. – Palaeoniscoidea; Ph. – Pholidopleuriformes; Lu. – Luganoiiformes; Per. – Perleidiformes; Re. – Redfieldiformes; Pel. – Peltopleuriformes; Sem. – Semionotiformes; Pyc. – Pycnodontiformes; Mac. – Macrosemiiformes.

1988; BENTON, 1995). Iz karbonskih prednikov pa se razvijejo tudi **amnioti (Amniota)**, ki združujejo plazilce, ptice in sesalce. Najpomembnejša skupina amniotov so **sinapsidi (Synapsida)** s triasnimi predstavniki dikinodonti (Dicynodontia) in cinodonti (Cynodontia). Prav slednji pa so najverjetneje predniki prvih sesalcev podobnih živali.

Drugi dve skupini štirinožnih vretenčarjev se delita na **anapside (Anapsida)** in **diapside (Diapsida)**. Anapsidi imajo v triasu malo predstavnikov, čeprav se v zgornjem triasu pojavijo prve živali, podobne želvam (Testudines). Diapside pa lahko uvrstimo v najuspešnejšo skupino vretenčarjev v mezozoiku. Z njimi so se pojavili prvi dinozavri, vodni in leteči plazilci, združeni v dve veliki skupini arhozavrov (Archosauria) in lepidozavrov (Lepidosauria). Iz arhozavrov so se že v srednjem

triasu razvili predniki dinozavrov (Dinosauria) in predniki krokodilov (Crocodylotarsi). Lepidozavri pa danes združujejo vse skupine plazilcev od kuščarjev do kač. Prav posebna skupina diapsidov so vodni plazilci, imenovani tudi zavropterigiji (Sauropterygia), ki jih bomo natančneje predstavili posebej, saj so plavali tudi v triasnih morjih, ki so pokrivala ozemlje današnje Slovenije.

Triasni vretenčarji so zelo pomemben mejnik v evoluciji, saj se v sedimentnih kamninah iz zgornjega triasa pojavijo že skoraj vse za nadaljnjo evolucijo najpomembnejše skupine vretenčarjev: prvi pterozavri, prvi dinozavri, prvi sesalci, želve in krokodili ter živali iz razreda Lissamphibia, ki vključuje vse danes živeče dvoživke. Ob koncu triasa so bili tako pripravljene že vsi gradniki današnje kopenske vretenčarske favne.

- BENTON, M. J., 1997: Vertebrate Paleontology: Biology and evolution. Chapman & Hall.
- CARROLL, R. L. 1988: Vertebrate paleontology and evolution. W.H. Freeman and Copmany.
- CLARKSON, E. N. K. 1986: Invertebrate palaeontology and evolution. Allen & Unwin Ltd.
- DALLA VECCHIA, F. M. 2008: Vertebrati fossili del Friuli. 450 milioni di anni di evoluzione. Pubblicazioni del Museo Friulano di Storia Naturale, 50: 5–303.
- DOBRUSKINA, I. A. 1988: The history of land plants in the Northern hemisphere during the Triassic with special reference to the floras of Eurasia. Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck, 15: 1–12.
- DOBRUSKINA, I. A. 1994. Triassic floras of Eurasia. Österreichische Akademieder Wissenschaften Schriftenreihe der Erdwissenschaftlichen Kommissionen, 10: 1–422.
- HAGDORN, H. 1995: Triassic crinoids. Zbl. Geol.Paläont., 2 (1/2): 1–22.
- KIER, P. M. 1977: Triassic Echinoids. Smithsonian Contributions to Paleobiology, 30: 1–88.
- KUSTATSCHER, E., MELLER, B., VAN KONIJNENBURG VAN CITTERT, J. H. A. 2006a: Old treasures newly discovered: *Scytophyllum bergeri* from the ladinian of the Dolomites in the historical collections of the Geologische Bundesanstalt Wien. Geo.Alp, 3: 47–54.
- KUSTATSCHER, E., VAN KONIJNENBURG-VAN CITTERT, J. H. A., GIANOLLA, P. 2006b: The Kühwiesenkopf / Monte Pra della Vacca (Prags / Braies Dolomites, Northern Italy): An attempt to reconstruct an Anisian (lower Middle Triassic) palaeoenvironment. 9. International Symposium on Mesozoic Terrestrial Ecosystems and Biota, 27-29.05.06, Manchester, Abstract and Proceedings Volume: 63–66.
- RAMOŠ, A. 1974: Paleontologija. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za naravoslovje in tehnologijo.
- ROGHI, G., KUSTATSCHER, E., VAN KONIJNENBURG VAN CITTERT, J. H. A. 2006: Late Triassic Plant from Julian Alps (Italy). Boll. Soc. Paleont. It., 45 (1): 133–140.
- STORRS, G. W. 1993: Function and phylogeny in sauropterygian (Diapsida) evolution. American Journal of Science, 293A: 63–90.





Geološka zgradba Kamniško- Savinjskih Alp

Geological structure of the Kamniško- Savinjske Alps

Kamniško-Savinjske Alpe ležijo v severnem osrednjem delu Slovenije. Na jugu leži mesto Kamnik, proti severu pa mejijo na Karavanke. Čudovita gorska veriga, imenovana tudi »kamniški kot« se vzdiguje nad Ljubljansko kotlino v obliki vrhov Grintavčevega masiva, Rink, Turske gore, Planjave, Ojstrice, čudovite Dleskovške planote in vsem znane Velike planine. Med visoke apnenčaste gore se zajedajo ledeniške alpske doline Kamniške Bistrice, Robanovega kota, Logarske doline in Matkovega kota. V svojih nedrjih Kamniško-Savinjske Alpe skrivajo mnogo skrivnih koticov, zanimivih alpskih potokov in rek, tolmunov, strmih sten, gostih gozdov, predvsem pa lepih razgledov, ki privabljajo turiste od vsepovsod. V gorah pa se je ohranil tudi dih davnine v obliki fosilnih ostankov pradavnih živali in rastlin, ki so živele v nekdanjem velikem oceanu Tetis.

Storžič z Jamnika.

Mt Storžič from Jamnik.

Pregled dosedanjih najdb triasnih vretenčarjev iz Slovenije

Matija Križnar

Review over the previous Triassic vertebrate finds from Slovenia

Prior to the new discoveries presented in this issue of *Scopolia*, not many vertebrate fossils were known from the Slovenian part of the Southern Alps. The only documented reptile from the Kamniško-Savinjske Alps was found in the year 1874 by Guido Stache on the northern slopes of the Storžič Mountain (DEECKE, 1886). The incomplete specimen was identified as pachypleurosaur sauropterygian of the *Serpianosaurus* – *Neusticosaurus* clade in the year 1997 by RIEPPEL (1997). Next to this reptile specimen there were also some individual finds of the Triassic fishes. In the southern part of Gradišče near Begunje na Gorenjskem a fish was found in the Langobardian beds of the Buchenstein Formation (RAMOVŠ, 1998). From the Julian-Tuvalian »Raibl beds« in Belca Valley in the Karavanke Mountains fish of the genus *Peltopleurus* were documented by DOBRUSKINA *et al.* (2001). The best known site with the Triassic vertebrate fauna was found in the Carnian (Tuvalian) Limestones of the Julian Alps. Here, the most important find was an 84 cm long complete fish specimen belonging to *Birgeria* (JURKOVŠEK & KOLAR-JURKOVŠEK 1986). From the Julian Alps also the first documented amphibian from Slovenia was described from the Lower Triassic (Olenkenian) beds of the Studorski preval. The specimen probably belongs to the family Capitosauridae (LUCAS *et al.*, 2008).

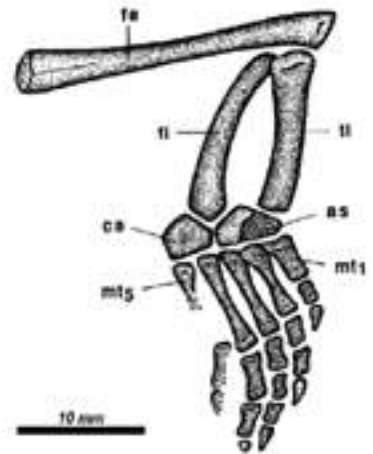
V triasnih plasteh Slovenije so do nedavnega našli le nekaj ostankov vretenčarjev. Leta 1874 je dunajski geolog Guido Stache v grušču na severnem pobočju Storžiča našel ostanek morskoga plazilca. Stache je prinesel primerek v določitev geologu Deeckeju, ki je prvi leta 1886 poročal o najdbi triasnega morskoga plazilca na slovenskem ozemlju (DEECKE, 1886). Najdbo »ogrodja neke gaščarice« v čudovitem poljudnem geološkem in krajinskem opisu Kamniško-Savinjskih Alp iz leta 1907 omenja tudi utemeljitelj slovenske geologije Ferdinand Seidl (SEIDL, 1907/1908). Ta med drugim napiše: »Ne prej ne slej ni nikdo več našel na severnih podankih Storžičevih česa podobnega.« Isti primerek je kasneje ponovno zbudil zanimanje strokovne javnosti. Olivier Rieppel je leta 1997 najdbo strokovno obdelal. Plazilca je določil kot pahipleurozavra

(Pachypleurosauria) in ga uvrstil v rodovno skupino *Serpianosaurus* in *Neusticosaurus* (RIEPPEL, 1997). Kratek zapis oziroma sliko tega triasnega plazilca so v svojih člankih podali tudi RAMOVŠ (1985), HERLEC & HLAD (1995) ter JURKOVŠEK & KOLAR - JURKOVŠEK (1995).

Najstarejši ostanek vretenčarja pri nas je bil nedavno odkrit v spodnjetriasnih plasteh (olenekij) na Studorskem prevalu v Julijskih Alpah (LUCAS *et al.*, 2008; KOLAR - JURKOVŠEK, 2009). Lucas in sodelavci so ostanek rebra pripisali dvoživki iz skupine temnospondilov, ki verjetno pripada družini kapitozavrov (Capitosauridae). Ostanek spodnjetriasnega vretenčarja pa smo odkrili tudi v okolici Žirov. Omenjena kost je najbrž del lobanje, ki verjetno tudi pripada temnospondilni dvoživki. Pri Škofji Loki pa je bilo v spodnjetriasnih plasteh



W. Deecke. Ueber ein von Herrn Oberbergrath Stache in den Steiner Alpen gesammeltes Saurierfragment.
Herr Oberbergrath Dr. Stache hatte die grösse Freundlichkeit, mir auf meine Anfrage einen von ihm im Alluvialschutt der Steiner-Alpen (Südseite, -Kraai) gefundenen Saurierrest zu übersenden. Leider



Prvi zapis o triasnem vodnem plazilcu iz leta 1886 (levo) in risba ohranjene noge (desno) (po DEECKE, 1886, in RIEPPEL, 1997).

The first document on Triassic marine reptile from 1886 (left) and a sketch of preserved leg (right) (after DECKE, 1886, and RIEPPEL, 1997).

odkrito durofagno zobovje ribe, ki je shranjeno v zasebni zbirki Vilija Rakovca.

V okolici Begunj na Gorenjskem je Stane Lamovšek v srednjetriasnih plasteh odkril ostanek ribe. ANTON RAMOVŠ (1998) jo je uvrstil v družino Parasemionotidae, menimo pa, da riba verjetneje spada v družino Peltopleuridae ali Habroichthyidae.

Zanimiva in zelo redka je najdba spodnje čeljusti plakodontnega plazilca iz rodu *Cyamodus*, ki jo je Matevž Novak našel v apnencu zgornjeladinske do spodnjekarnijske starosti na Toškem Čelu v bližini Ljubljane (NOVAK & BUFFETAUT, 2005; BUFFETAUT & NOVAK, 2008).

Pred leti je bilo v okolici Gorenje vasi v Poljanski dolini odkrito nahajališče karnijskih školjk vrste *Myophoria kefersteini*, kjer smo našli tudi ostanke različnih plazilcev in zobe morskih psov (KRIŽNAR, 2009a). Ostanke plazilcev pripadajo vodnim plazilcem (Sauropterygia). Od hrustančnic pa so se ohranili zobje rodov *Palaeobates* in *Acrodus* (KRIŽNAR, 2009b). Podobne starosti je tudi zob morskega psa iz rodu *Asteracanthus*, ki so ga odkrili pri

Krnskem jezeru v Julijskih Alpah (MIKUŽ & PAVŠIČ, 2000).

Do sedaj najbolj znano nahajališče triasnih vretenčarjev leži na območju Kozje dnine nad dolino Vrat. Od tod izhaja 84 cm dolgo okostje karnijske (najverjetneje tuvalske) ribe iz rodu *Birgeria* (JURKOVŠEK & KOLAR - JURKOVŠEK, 1986; KOLAR - JURKOVŠEK, 1990). To čudovito popolno okostje je danes razstavljeno v Prirodoslovnem muzeju Slovenije. Odkrili pa so tudi druge ostanke rib, med njimi ostanke rib iz rodu *Saurichthys* (KOLAR - JURKOVŠEK & JURKOVŠEK, 1997). Podobne starosti so tudi redki ostanke rib, ki so bili odkriti na območju plazu nad Logom pod Mangartom. Pri mikropaleontoloških raziskavah so bili v nekaterih triasnih plasteh odkriti tudi majhni ribji zobje iz rodov *Nurrella* in *Acodina* (KOLAR - JURKOVŠEK, 1990).

V okolici Mežice so v času rudarjenja odkrivali najrazličnejše fosile, med njimi je tudi nekaj redkih ostankov vretenčarjev. Najdbe vretenc ihtiozavrov in ostanke rib omenjajo JURKOVŠEK *et al.* (2002). Ihtiozavrovo vretence iz Mežice pa opisuje tudi OČEPEK (2008).

Iz zgornjetriasnih plasti nad Belco v Karavankah DOBRUSKINA *et al.* (2001) opisujejo posamezne dobro ohranjene skelete rib iz rodu *Peltopterus*. Stratigrafsko nekoliko nižje pa je bil odkrit tudi zob, ki verjetno pripada ribi iz rodu *Saurichthys*. Pri terenskem delu med Dovjim in Hrušico je Tomaž Budkovič našel

ostanke reber in vretenc triasnega morskoga plazilca.

V dobrih stotih letih se je tako na slovenskem ozemlju našlo le nekaj deset primerkov triasnih vretenčarjev. Gre za pomembne in zanimive primerke, žal pa so bile te najdbe večinoma le naključne in posamične.

- BUFFETAUT, E. & NOVAK, M. 2008: A cyamodontid placodont (Reptilia: Sauropterygia) from the Triassic of Slovenia. *Palaeontology*, 51 (6): 1301–1306.
- DEECKE, W. 1886: Ueber ein von Herrn Oberbergrath Stache in der Steiner Alpen gesammeltes Saurierfragment. *Verhandlungen der k. k. geologischen Reichsanstalt.*, 2: 50–52.
- DOBRUSKINA, I. A., JURKOVŠEK, B., KOLAR - JURKOVŠEK, T. 2001: Upper Triassic flora from »Raibl beds« of Julian Alps (Italy) and Karavanke Mts. (Slovenia). *Geologija*, 44 (2): 263–290.
- HERLEC, U., HLAD, B. 1995: Neponovljiva narava - Fosili. Uprava RS za varstvo narave, Ministrstvo za okolje in prostor.
- JURKOVŠEK, B. 1984: Najdba 210 milijonov let starega ribjega okostja. *Proteus*, 47 (1): 23–26.
- JURKOVŠEK, B., KOLAR - JURKOVŠEK, T. 1986: A Late Triassic (Carnian) fish skeleton (family Birgeriidae) from Slovenia, NW Yugoslavia. *Neues Jahrbuch für Geologie und paläontologie, Monatshefte*, 8: 475–478.
- JURKOVŠEK, B. & KOLAR - JURKOVŠEK T. 1995: Geološka časovna lestvica : posterju ob rob. *Gea*, 5, 7, 38–39.
- JURKOVŠEK, B., KOLAR - JURKOVŠEK, T., JAECKES, G.S. 2002: Makrofavna karnijskih plasti mežiškega prostora. *Geologija*, 45 (2): 413–418.
- KOLAR - JURKOVŠEK, T. 2009: Najdba fosilne dvoživke v Julijskih Alpah. *Proteus*, 71 (7): 309–313.
- KOLAR - JURKOVŠEK, T. 1990: Mikrofavna srednjega in zgornjega triasa Slovenije in njen biostratigrafski pomen. *Geologija*, 33: 21–170.
- KOLAR - JURKOVŠEK, T., JURKOVŠEK, B. 1997: *Valvasoria carniolica* n. gen n. sp. a Triassic Worm from Slovenia. *Geologica Croatica*, 50 (1): 1–5.
- KRIŽNAR, M. 2009a: Karnijski vretenčarji iz Poljanske doline. *Društvene novice*, 40: 21–22.
- KRIŽNAR, M. 2009b: Triasni morski pes rodu *Palaeobates* v Sloveniji. *Proteus*, 72 (2): 78–79.
- LUCAS, S. G., KOLAR - JURKOVŠEK, T., JURKOVŠEK, B. 2008: First record of a fossil amphibian in Slovenia (Lower Triassic, Olenekian). *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, 114 (2): 323–326.
- MIKUŽ, V., PAVŠIČ, J. 2000: *Asteracanthus* sp. (Chondrichthyes, Hybodontoidae) from Upper Triassic beds at lake Krn in Julian Alps (Slovenia). *Razprave 4. razreda SAZU*, 41 (1): 13–23.
- NOVAK, M., BUFFETAUT, E. 2005: Report on the oldest? reptile fossil found in Slovenia. *Geološki zbornik*, 18: 85–87.
- OCEPEK, I. 2008: Ali je »orjaško ribje vretence« iz mežiškega rudnika ihtiozavrov?. *Proteus*, 70 (5): 215–217.
- RAMOVŠ, A. 1985: Notozaver pod Storžičem. *Proteus*, 47 (5): 203.
- RAMOVŠ, A. 1998: Najstarejša triasna riba v Sloveniji. *Proteus*, 61 (2): 55.
- RIEPEL, O. 1997: An unusual sauropterygian from the Triassic of the Savinja Alps of northern Slovenia. *Neues Jahrbuch für Geologie und paläontologie, Monatshefte*, 4: 244–254.
- SEIDL, F. 1907/1908: Slovenska zemlja. Opis slovenskih pokrajin v prirodoznanskem, statističnem, kulturnem in zgodovinskem oziru. Peti del: Kamniške ali Savinjske Alpe, njih zgradba in lice. Poljuden geološki in krajinski opis. I. zvezek. Matica Slovenska, Ljubljana.

Pregled dosedanjih geoloških raziskav v Kamniško-Savinjskih Alpah

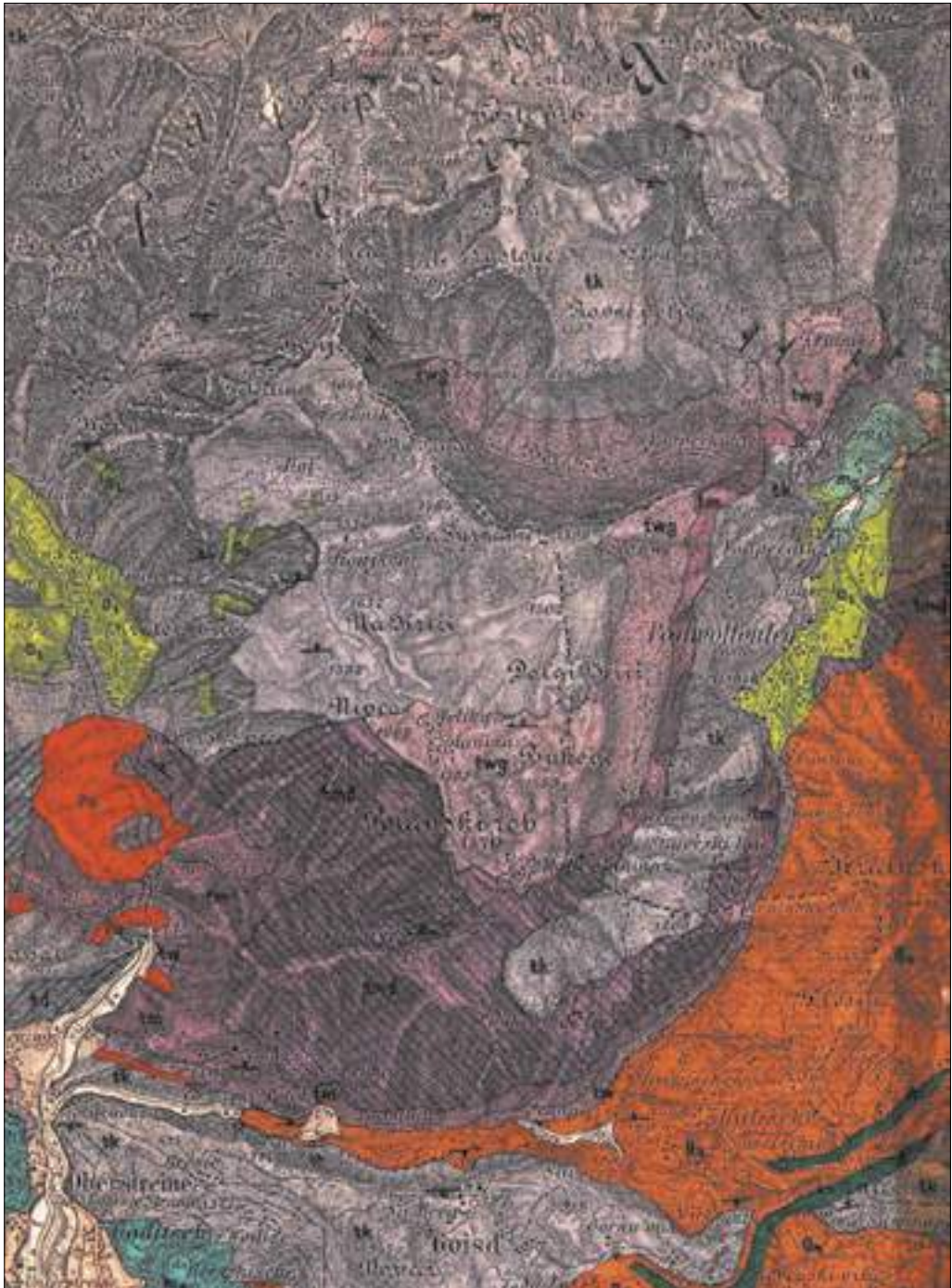
Bogomir Celarc

Previous geological explorations in the Kamniško-Savinjske Alps

The Kamniško-Savinjske Alps were first investigated in the 19th century by Austrian and Slovenian geologists LIPOLD (1856), ROLLE (1857), TELLER (1885), and SEIDL (1907/1908). They carried out the first stratigraphic, tectonic and paleontologic research of the territory. The first detailed geological map on the scale of 1:75,000 “Eisenkappel und Kanker” was made by TELLER (1898a, b). After World War II, numerous Slovenian geologists investigated the region: MEZE (1966), RAMOVŠ (1973, 1975), RAMOVŠ & JAMNIK (1991), GORIČAN & BUSER (1990), CELARC (2002, 2004), and CELARC & GORIČAN (2007). The new detailed geological map on the scale of 1:100,000 was made by MIOČ (1983) and PREMUR (1983a, b). Partly, the territory is also covered by the geological map sheet of Celovec (BUSER & CAJHEN, 1978). Although there are geological maps and some published papers covering this area (TELLER, 1898a, 1898b; MIOČ, 1983; MIOČ *et al.*, 1983; PREMUR, 1983a, 1983b), the Middle Triassic stratigraphy in particular remained relatively poorly understood.

V Kamniško-Savinjskih Alpah so dokumentirano prvi raziskovali geologi iz dunajskega geološkega zavoda (K. k. Geologische Reichsanstalt) v Avstro-Ogrski monarhiji, čeprav so ljudje verjetno iskali rude že prej. Marko Vincent Lipold (LIPOLD, 1856), ki je bil prvi šolani slovenski geolog, in Friderik Rolle (ROLLE, 1857) sta raziskovala predvsem območje okoli Solčave. Za nova dognanja z območja Kamniško-Savinjskih Alp pa je bil v tistem času najbolj zaslužen Friedrich Teller. Na Korošici je našel fosile, ki so dokazovali wengensko (danes zgornjeladinijsko – langobardsko) starost kamnin (TELLER, 1885). Njegov najpomembnejši doprinos je geološka karta tega območja v merilu 1 : 75.000 “Eisenkappel und Kanker” s tolmačem (TELLER, 1898a, 1898b). Danes si le stežka predstavljamo, kako je lahko naredil tako kvalitetno karto v času, ko še ni bilo na voljo toliko označenih poti in stez ter je bila logistika veliko zahtevnejša. V nekaterih podrobnostih ta karta celo prekaša današnje geološke karte. Ferdinand Seidl, slovenski

geolog in utemeljitelj slovenske geološke terminologije, je med letoma 1907/1908 pripravil poljuden geološki in krajinski opis Kamniško-Savinjskih Alp (SEIDL, 1907/1908). Priložena je tudi geološka karta v merilu 1 : 150.000, ki pa je delno povzeta po Tellerjevi (TELLER, 1898a). Podal je tudi geomorfološke osnove za razlago nastanka Kamniško-Savinjskih Alp in opisal posamezne prelome. Geograf Drago Meze je razpravljal o geomorfološkem razvoju Gornje Savinjske doline (MEZE, 1966). Opisal je poledenitve in sledove nekdanjih ledeniških jezer v Logarski dolini in Matkovem kotu. Po 2. svetovni vojni se je geološko raziskovanje Kamniško-Savinjskih Alp razmahnilo, predvsem z raziskavami Antona Ramovša (RAMOVŠ, 1973, 1975). Intenzivne raziskave območja so potekale tudi v sklopu izdelave Osnovne geološke karte SFRJ v merilu 1 : 100.000. Osrednji del Kamniško-Savinjskih Alp pokrivata dva lista, in sicer Ravne (MIOČ *et al.*, 1983) in Ljubljana (PREMUR, 1983a, b) ter deloma list Celovec (BUSER & CAJHEN, 1978).



Velika planina z okolico na geološki karti Kamniško-Savinjskih Alp FRIEDERICH TELLERJA (1898).

Mt Velika planina on the geologic map of the Kamniško-Savinjske Alps made by FRIEDERICH TELLER (1898).

Karto avstrijskega dela Kamniško-Savinjskih Alp (dolina Bele) pa so izdelali avstrijski geologi v merilu 1 : 25.000 (BAUER *et al.*, 1982, 1983). Omeniti velja še raziskave nekaterih geologov, ki so se lotevali različnih problematik, predvsem fosilov in stratigrafskega razvoja. Bogdan Jurkovšek je jugovzhodno in vzhodno od Korošice našel školjke *Daonella lommeli*, *Posidonia wengensis* in *Posidonia panonnica*, ki dokazujejo langobardsko (zgoranjeladinski) starost plasti (JURKOVŠEK 1984). Špela Goričan in Stanko Buser sta na Korošici raziskovala radiolarije, vendar so bili le ti preveč prekrstaljeni za natančnejšo določitev in stratigrafsko uvrstitev (GORIČAN & BUSER, 1990). Anton Ramovš in Alenka Jamnik sta blizu Bivaka pod Skuto s pomočjo konodontov dokazala zgornjekarnijske (tuvalske) apnenec globljemorskega razvoja (RAMOVŠ & JAMNIK, 1991). Stratigrafsko zaporedje v tem intervalu je na las podobno tistim v Julijskih Alpah. Raziskovala sta tudi holoturijske sklerite in hidrozoje karnijske in norijske starosti. Dragica Turnšek je opisala tudi julsko-tuvalske korale s Kamniškega sedla. Nekateri raziskovalci so se ukvarjali tudi s tektonsko zgradbo Kamniško-Savinjskih Alp, vendar so zgradbo njihovega osrednjega dela večinoma povzeli in reinterpreterali iz obstoječih geoloških kart (JELEN *et al.*, 1998; FODOR *et al.*, 1998; PLACER, 1999). V okviru doktorske disertacije

je Bogomir Celarc raziskoval severovzhodni del Kamniško-Savinjskih Alp (CELARC, 2004) in prišel do nekaterih novih zanimivih odkritij. Ugotovil je, da je v srednjem triasu nastalo več karbonatnih platform z vmesnimi lagunskimi, vulkanskimi in pelagičnimi okolji ter vnosom klastičnega sedimenta. Poimenoval je posamezne formacije in določil njihov relativni stratigrafski položaj. Dokazal je tudi, da v osrednjem delu Kamniško-Savinjskih Alp ni velikih krovnih narivov, kot smo mislili prej. Ukvarjal se je tudi s tektonskim stikom med Karavankami in Kamniško-Savinjskimi Alpami na področju Podolševe (CELARC, 2002). Celarc in Goričanova sta z radiolariji uspela dokazati zgornjeanizijsko starost rdečih okremenjenih apnencev v ostenu Križevnika (CELARC & GORIČAN, 2007), kar omogoča tudi boljše razumevanje starosti formacij pod in nad tem horizontom, ter tudi razlago paleogeografskih in tektonskih dogodkov v zgornjem aniziju (razpad karbonatne platforme).

Poleg omenjenih raziskovalcev so v Kamniško-Savinjskih Alpah raziskovali tudi drugi, ki pa jih bomo omenili v naslednjih poglavjih. Poudariti je treba, da so Kamniško-Savinjske Alpe kljub vsemu geološko še vedno sorazmerno slabo raziskane in kar kličejo po rešitvah posameznih stratigrafskih problemov in njihovi sintezi na novi geološki karti.

-
- BAUER, K. F., CERNY, I., EXNER, C., HOLZER H. L., HUSEN, D. V., LOESCHKE, J., SUETTE, G., TESSENHOHN, F. 1983: Erläuterungen zur Geologischen Karte der Karawanken 1: 25.000, Ostteil. Geologische Bundesanstalt, 78 S.
- BAUER, K. F., CERNY, I., EXNER, C., HOLZER, H. L., HUSEN, D. V., LOESCHKE, J., SUETTE, G., TESSENHOHN, F. 1982: Geologischen Karte der Karawanken 1: 25.000, Ostteil. Geologische Bundesanstalt, Wien.
- BUSER, S., CAJHEN, J., 1978 Osnovna geološka karta SFRJ 1 : 100.000. Tolmač za list Celovec. Zvezni geološki zavod, Beograd, 59 str.
- CELARC, B. 2002: Tektonski stik med paleozojskimi in triasnimi kamninami pod Podolševo. Geologija, 45 (2): 341–346.
- CELARC, B., 2004: Geological structure of the northwestern part of the Kamnik-Savinja Alps. Ph.D. Thesis, University of Ljubljana, 137 p.
- CELARC, B., GORIČAN, Š. 2007: Diferenciran razpad anizijske (ilirke) karbonatne platforme v Julijskih Alpah (Prisojnik) in Kamniško-Savinjskih Alpah (Križevnik). Reports, 18th Meeting of Slovenian Geologists, 18: 11–15.
- FODOR, L., JELEN, M., MÁRTON, E., SKABERNE, D., ČAR, J., VRABEC, M. 1998: Miocene-Pliocene tectonic evolution of the Periadriatic line in Slovenia – implications for Alpine-Carpathian extrusion models. Tectonics, 17: 690–709.

- GORIČAN, Š., BUSER, S. 1990: Middle Triassic radiolarians from Slovenia (Yugoslavia). *Geologija*, 31-32: 133–197.
- JELEN, B., MÁRTON, E., FODOR, L., BÁLDI, M., ČAR, J., RIFELJ, H., SKABERNE, D., VRABEC, M. 1998: Paleomagnetic, Tectonic and Stratigraphic Correlation of Tertiary Formations in Slovenia and Hungary along the Periadriatic and Mid-Hungarian Tectonic Zone (Preliminary Communication). *Geologija*, 40: 325–331.
- JURKOVŠEK, B. 1984: Langobardske plasti z daonelami in pozidonijami v Sloveniji. *Geologija*, 27: 41–95.
- LIPOLD, M. V. 1856: Geologische Skizze des Gebietes von Sulzbach. *Jahrb. d. Geol. Reichsanst.*, 7: 169–171.
- MEZE, D. 1966: Gornja Savinjska dolina, nova dognanja o geomorfološkem razvoju pokrajine. *Dela SAZU, Razred za prirodoslovne in medicinske vede, Inštitut za geografijo*, 10: 1–199.
- MIOČ, P., ŽNIDARČIČ, M., JERŠE, Z. 1983: Osnovna geološka karta SFRJ, list Ravne na Koroškem, 1 : 100.000. Zvezni geološki zavod, Beograd.
- MIOČ, P. 1983: Osnovna geološka karta SFRJ 1 : 100.000. Tolmač za list Ravne na Koroškem. Zvezni geološki zavod, Beograd, 69 str.
- PLACER, L. 1999: Contribution to the macrotectonic subdivision of the border region between Sothern Alps and External Dinarides. *Geologija*, 41: 223–255.
- PREMRU, U. 1983a: Osnovna geološka karta SFRJ, list Ljubljana, 1:100.000. Zvezni geološki zavod, Beograd.
- PREMRU, U. 1983b: Osnovna geološka karta SFRJ 1 : 100.000. Tolmač za list Ljubljana. Zvezni geološki zavod, Beograd, 75 str.
- RAMOVŠ, A. 1973: Biostratigrafske značilnosti triasa v Sloveniji. *Geologija*, 16: 379–388.
- RAMOVŠ, A. 1975: Kako je nastal slap Rinka. *Proteus*, 38:51–59.
- RAMOVŠ, A., JAMNIK, A. 1991: The first proof of the deeper marine Norian (Upper Triassic) beds with conodonts and holothurian skeletons in the Kamnik Alps (Slovenia). *Rudarsko-metalurški zbornik*, 38 (3): 365–367.
- ROLLE, F. 1857: Geologische Untersuchungen in der Gegend zwischen Weitenstein, Windisch-Gratz, Cilli und Oberburg in Unter-Steiermark. *Jahrb. d. Geol. Reichsanst.*, 8 (3): 403–465.
- SEIDL, F. 1907/1908: Slovenska zemlja. Opis slovenskih pokrajin v prirodnoznanem, statističnem, kulturnem in zgodovinskem oziru. Peti del: Kamniške ali Savinjske Alpe, njih zgradba in lice. Poljuden geološki in krajevski opis. I. zvezek. Matica Slovenska, Ljubljana.
- TELLER, F. 1898a: Eisenkappel und Kanker, Zone 20, Col. 11 (Geologische Spezialkarte der k. k. Österreichisch – Ungarischen Monarchie 5453, 1: 75 000). K. k. Geologische Reichsanstalt, Wien.
- TELLER, F. 1898b: Erläuterungen zur Geologischen Karte der k. k. Österreichisch – Ungarischen Monarchie Eisenkappel und Kanker. K. k. Geologische Reichsanstalt, Wien: 1–150.

Geološka zgradba Kamniško-Savinjskih Alp

Jure Žalohar in Bogomir Celarc

Geological structure of the Kamniško-Savinjske Alps

The Kamniško-Savinjske Alps are positioned in the northern part of central Slovenia, roughly between the town of Kamnik in the south and the Savinja River in the north. In the regional sense, these mountains belong to the eastern continuation of the Southern Alps extending from the northeastern Italy across northwestern Slovenia. In the tectonic context, the Kamniško-Savinjske Alps and the Southern Karavanke Mountains represent a mega shear-lens positioned between the Periadriatic lineament and the subparallel Sava fault (FODOR *et al.*, 1998; VRABEC, 2001). Before the dextral displacement along the strike-slip Sava fault, they were adjacent to the eastern (Slovenian) part of the Julian Alps (PLACER, 2008). Consequently, the area is highly faulted and different stratigraphic units are often tectonically separated from each other.

The stratigraphical development of the Triassic in the Kamniško-Savinjske Alps was defined by the extensional tectonics in the Middle and Late Anisian, and Ladinian. This resulted in successive disintegration of the Slovenian carbonate platform, formation of which started as early as in the Upper Permian and covered almost complete Slovenian territory (BUSER *et al.*, 1982; HASS *et al.*, 1995; BUSER *et al.*, 2007). As a consequence, numerous carbonate platforms were successively formed in the area of the Kamniško-Savinjske Alps during the Triassic period. The deposition of platform limestones and reef limestones was interrupted in the Anisian and Ladinian by deposition of deeper sea sediments of the Velika planina Horizon, Strelovec Formation, Loibl Formation, Buchenstein Formation, and Korošica Formation. These horizons and/or formations all yielded numerous vertebrate reach fossil sites.

Lega in nastanek in Kamniško-Savinjskih Alp

Kamniško-Savinjske Alpe skupaj s Karavanami in Julijskimi Alpami pripadajo Južnim Alpam. Alpsko gorstvo je nastalo v kredno-terciarni orogenezi po koliziji Apulijske litosferske plošče (del Afriške plošče) in Evrazijske litosferske plošče, na katero se je Apulijska narinila (SCHMID *et al.*, 1996, 2004; PLACER, 2008). Pri tem so se sedimentne kamnine med obema ploščama nagubale in lomno deformirale. Območje stika obeh plošč danes predstavlja Periadriatski lineament (PAL) oziroma pravilneje Periadriatski prelom ali Periadriatska prelomna cona, ki je najpomembnejša geološka struktura v bližnji okolici Kamniško-Savinjskih Alp.

Periadriatski lineament je kompleksna polifazna subvertikalna prelomna cona, ki poteka vzdolž skoraj celotnih Alp (SCHMID *et al.*, 1996). Približno vzporedno s Periadriatskim lineamentom poteka tudi Savski prelom, ki omejuje Karavanke in Kamniško-Savinjske Alpe na jugu. Savski prelom je v resnici del Periadriatske prelomne cone. Južne Alpe so bile paleogeografsko del Dinaridov, vendar so se od njih ločile v miocenu (PLACER, 2008). Danes jih na severu omejujejo Periadriatski lineament ter Labotski in Ljutomerski prelom, na jugu pa Južnoalpska narivna meja in Savski prelom. V Južnih Alpah izdajajo mezozojske kamnine Julijske karbonatne platforme in Slovenskega bazena, ki se je v mezozoiku razprostiral med Julijsko karbonatno platformo

na severu in Dinarsko karbonatno platformo na jugu. Južno od Periadriatskega lineamenta v Karnijskih Alpah in Karavankah izdanjajo tudi starejše, paleozojske kamnine (MIOČ, 1997; PLACER, 2008). V Kamniško-Savinjskih Alpah najdemo tudi spodnjeoligocenske plasti Panonskega bazena. Največji obseg imajo v dolini Kamniške Bistrice in Korošice kot njenega pritoka. Na zahodnih pobočjih Velike planine jih najdemo celo na nadmorski višini nad 1200 m, kar kaže, da so Kamniško-Savinjske

Alpe območje relativno mladega dvigovanja. Območje med Periadriatskim lineamentom in južno ležečim sistemom Savski prelom-Celjski prelom FODOR *et al.* (1998) interpretirajo kot ogromno strižno lečo z zapletenim mehanizmom notranje deformacije in rotacije posameznih tektonskih blokov. V neogenu se je ob Periadriatskem lineamentu izvršil desni zmik, velikosti dobrih 100 km, ob Savskem prelomu pa verjetno do okoli 50 km (PLACER, 1996a; VRABEC, 2001). Najvzhodnejši izdanek cone



Periadriatskega lineamenta pri Slovenskih Konjicah seka desnozmični Labotski prelom, ob katerem premik znaša okoli 20 km. Večji del premika se je izvršil po miocenu, verjetno v pliocenu (KÁZMÉR *et al.*, 1996). Razmik Periadriatskega lineamenta ob Labotskem prelomu je verjetno povzročil nastanek Šoštanjskega preloma, ki se zahodno od Šoštanja odcepi od Periadriatskega lineamenta in se na vzhodu priključi Labotskemu prelomu. Ob Šoštanjskem prelomu je nastal Velenjski bazen, ki vsebuje



preko 1000 m sedimentov srednjepliocenske do kvartarne starosti (BREZIGAR, 1986). Ob severnem robu Karavank leži Celovski bazen s klastičnimi sedimenti srednjemiocenske do kvartarne starosti, ki dosegajo debelino do 1000 m (POLINSKI & EISBACHER, 1992; NEMES *et al.*, 1997). Preko sedimentov Celovskega bazena so ob položnih naravnih ploskvah narinjene mezozojske in paleozojske kamnine Karavank za okoli 5 km (POLINSKI & EISBACHER, 1992). Podobno so Karavanke v najvzhodnejšem podaljšku strukture Severnih Karavank v Sloveniji narinjene na srednjemiocenske sedimente (MIOČ & ŽNIDARČIČ, 1977; PLACER, 1996b), bočno pa miocenske plasti deloma erozijsko nalegajo na mezozoik Karavank (VRABEC, 2001). VRABEC (2001) zato domneva, da se je narivanje začelo šele po srednjem miocenu. V mežiškem rudišču je PLACER (1996b) v kraških kanalih ob lezikah v triasnem apnencu opazil plasti horizontalno laminirane in povsem nekonsolidirane gline, ki so bile pri gubanju skupaj s triasnimi plastmi zarotirane v poševno lego. Čeprav starost te gline ni bila natančno določena, lahko domnevamo, da gre za mlad sediment in posredno sklepamo na zelo mlado narivanje Pecinega nariva v strukturi Severnih Karavank (PLACER, 1996b). Možnost, da se je tudi glavna faza narivanja Kamniško-Savinjskih Alp zgodila po srednjem miocenu, podpirajo tudi nagubane srednjemiocenske plasti v Tunjiškem gričevju in Tuhinjski dolini, ki so ponekod celo v inverzni legi (PREMRU, 1983a; ŽALOHAR & ZEVIK, 1996, 2006; VRABEC, 2001).

V večini geološke literature raziskovalci interpretirajo, da naj bi bile Kamniško-Savinjske Alpe, podobno kot so Julijske Alpe, narinjene proti jugu. MIOČ *et al.* (1983) označujejo osrednji del Kamniško-Savinjskih Alp kot Savinjski nariv, ki je ekvivalenten Julijskemu pokrovu v Julijskih Alpah (PLACER, 2008). Strukturno pod Savinjskim narivom naj bi ležal Južnokaravanški nariv.

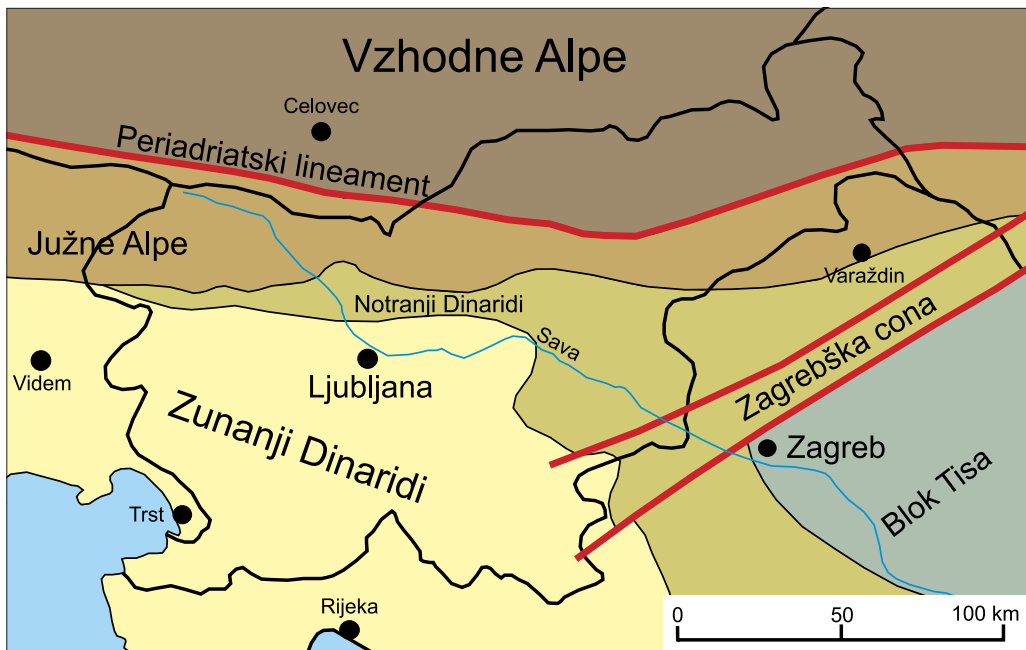
Kamniško sedlo.

Mt Kamniško sedlo.

V magistrskem delu se je CELARC (2001) ukvarjal tudi z vprašanjem obstoja nariva Kamniško-Savinjskih Alp od meje z Avstrijo zahodno od Matkovega kota do vrha grebena med Logarsko dolino in Robanovim kotom. V nasprotju s predhodnimi raziskovalci Celarc ni našel dokazov za obstoj Savinjskega nariva. Povsod je lahko opazoval le normalno litološko zaporedje med ladinjskimi, pretežno ploščastimi kamninami in masivnimi cordevolskimi apnenci. Te ugotovitve je dodatno podkrepil v doktorski disertaciji (CELARC, 2004). Na podlagi normalne lege zgornjetriasnih karbonatnih kamnin na srednjetrojstanskih klastičnih kamninah v Julijskih Alpah (SKABERNE *et al.*, 2003) in enake situacije v Kamniško-Savinjskih Alpah PLACER (2008) ugotavlja, da je potrebno opustiti idejo o Julijskem (oziroma Savinjskem) pokrovu in namesto tega obravnavati Julijske Alpe kot narivno grudo. Posamezne narivnice v Julijskih Alpah in Kamniško-Savinjskih Alpah pa so lahko le lokalnega značaja.

VRABEC (2001) se je ukvarjal s strukturno analizo Savskega preloma in se pri tem dotaknil tudi zgradbe Kamniško-Savinjskih Alp. Glede na geometrijo luskaste zgradbe v hribu Grohat in glede na generalni vpad plasti proti W ali WSW je ugotovil, da so se Kamniško-Savinjske Alpe narivale proti NE in ne proti jugu, kot je bilo mišljeno do tedaj. Do podobnih sklepov sta prišla VRABEC & DAIČMAN (2003) tudi pri preiskavi SW–NE usmerjenega profila iz doline Kamniške Bistrice, vzdolž Kamniške Bele, mimo Kope, Rzenika, Zeleniških Špic, preko Čohavnice in Vežice do Korošice.

Pomembna strukturna enota na preiskovanem ozemlju je tudi stik Kamniško-Savinjskih Alp in Karavank. Ta loči dve tektonski enoti, ki se razlikujeta po litološki sestavi in tudi po orientaciji tektonskih struktur. Medtem ko v Južnih Karavankah prevladujejo prelomi s smerjo E–W, v NE-delu Kamniško-Savinjskih Alp prevladujejo NE–SW usmerjeni prelomi. Prelom, ki predstavlja stik Karavank in Kamniško-Savinjskih Alp, je CELARC (2002)



Poenostavljena geotektonska karta Slovenije (po PLACER, 2008, in HERLEC & HLAD, 2005).
Simplified geotectonic map of Slovenia (after PLACER, 2008, and HERLEC & HLAD, 2005).

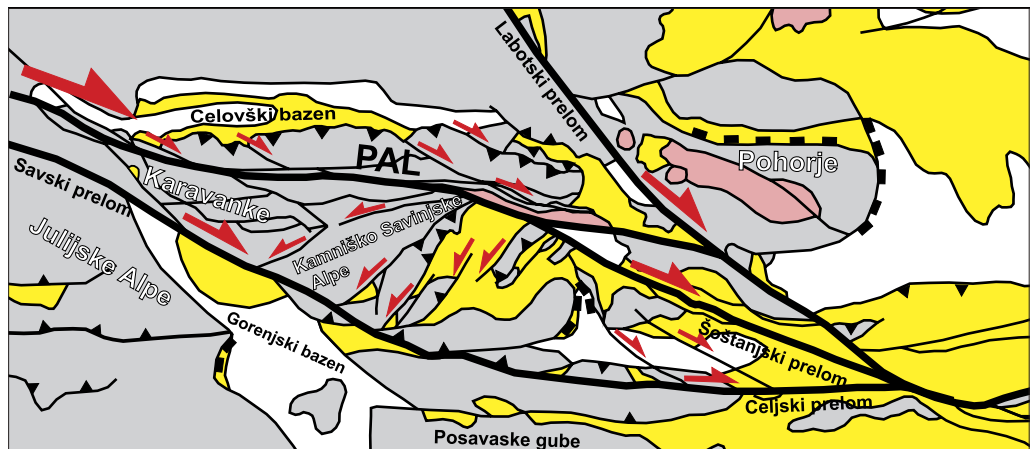
poimenoval Podolševski prelom. Ob njem izdanjajo kamnine zelo različnih starosti (paleozoik, trias). Podolševski prelom predstavlja skrajno južno mejo Karavank, ki tu mejijo na togi karbonatni blok Kamniško-Savinjskih Alp.

Stratigrafski pregled

V tektonskem smislu Kamniško-Savinjske Alpe in Južne Karavanke predstavljajo ogromno strižno lečo med Periadriatskim in Savskim prelomom (FODOR *et al.*, 1998; VRABEC, 2001). Pred desnim zmikom ob Savskem prelomu so Kamniško-Savinjske Alpe predstavljale vzhodno nadaljevanje Julijskih Alp (PLACER, 2008). Zaradi izjemne tektonske deformiranosti so danes posamezne stratigrafske enote ločene med seboj. Nепrekinjeno zaporedje je opisal CELARC (2004), nato pa še CELARC & GORIČANOVA (2007) z območja ostenj Križevnika. Ne glede na množico objavljenih razprav in več geoloških kart, ki

pokrivajo območje Kamniško-Savinjskih Alp (TELLER, 1898a, 1898b; Mioč, 1983; Mioč *et al.*, 1983; PREMURJ, 1983a, 1983b), ostaja srednjetriasna stratigrafija Kamniško-Savinjskih Alp razmeroma slabo raziskana. Zaenkrat še nimamo splošno priznanih imen za posamezne formacije. Kjer je bilo le mogoče, smo v tem besedilu zato uporabili že uveljavljena imena s področij Julijskih Alp (CELARC & KOLAR - JURKOVŠEK, 2008), Karnijskih Alp (GIANOLLA *et al.*, 1998) in Južnih Karavank (KOZUR *et al.*, 1994, 1996). V tem delu podajamo le kratek in splošen stratigrafski pregled. Podrobnejši pregled, predvsem pregled formacij in horizontov, v katerih smo našli ostanke vretenčarjev, je podan v naslednjih poglavjih.

Stratigrafski razvoj triasnih plasti v Kamniško-Savinjskih Alpah je bil povezan z ekstenzijsko tektoniko v srednjem in zgornjem aniziju in ladiniju. Ta je povzročila postopni razpad Slovenske karbonatne platforme, ki je od zgornjega perma obsegala skoraj celotno ozemlje današnje Slovenije (BUSER *et al.*,



- 1) 2) 3)

Poenostavljena tektonska karta severne Slovenije. Prikazani so največji prelomi, kvartarni bazeni, paleozojske in mezozojske kamnine (1), terciarni sedimenti Panonskega bazena (2) in terciarne intruzivne kamnine (3). Poenostavljeno po FODOR *et al.* (1998) in VRABEC (2001).

Simplified tectonic map of Northern Slovenia showing the largest faults, Quaternary basins, Paleozoic and Mesozoic rocks (1), Tertiary sediments of the Pannonian basin system (2) and Tertiary intrusive rocks (3). Simplified after FODOR *et al.* (1998) and VRABEC (2001).

1982; HASS *et al.*, 1995; BUSER *et al.*, 2007; BUSER *et al.*, 2008). Platforma je bila prelomljena ob številnih, večinoma W–E potekajočih prelomih na posamezne bloke, ki so se pogreznilo različno globoko. Nekateri bloki pa so se celo relativno dvignili in tvorili kopnine (GORIČAN & BUSER, 1989). Ponekod so se tako začeli odlagati konglomerati, drugod megabreče ali globljevodni morski sedimenti. Istočasno pa je tektonska dejavnost povzročila nastajanje neptunskih dajkov in kamnin spilitno-keratofirske združbe (npr. BUSER *et al.*, 1982; CELARC & GORIČAN, 2007).

Najstarejše kamnine na preiskanem ozemlju so spodnjetriasne starosti. V večini starejše literature jih imenujejo tudi skitske plasti. Danes se poimenovanje skitij za spodnji trias opušta, namesto skitija pa razdelimo spodnji trias na induanij in olenekij. V tem delu zaradi uporabnosti kljub temu še vedno uporabljamo klasično poimenovanje. Spodnjetriasne plasti predstavljajo raznobarvni peščenjaki in laporasti apnenci **Werfenske formacije**, ki ponekod vsebujejo zelo bogato amonitno favno z vrsto *Tirolites cassianus*, pogosti so tudi polži vrste *Natiria costata* in sledovi bioturbacije.

Nad spodnjetriasnimi skitskimi plastmi sledi **anizijsko zaporedje**. Spodnjeanizijski dolomiti ali aljni apnenci s foraminifero *Meandrospira dinarica* predstavljajo ekvivalent **Spodnjemu Serlskemu dolomitu** v italijanskem delu Južnih Alp. Lateralno prehajajo ali pa se izmenjujejo s konglomeratnimi ali brečastimi horizonti ali celo s temnimi laminiranimi bituminoznimi apnenci in laporci z omejenim obsegom. Debelina anizijskega dolomita je zelo različna. Ocenjujemo, da dosega od 50 do 500 m.

Na Veliki planini se pojavlja približno 200 m debel **Horizont Velike planine**, v katerem smo našli pomembna nahajališča anizijskih vretenčarjev. Horizont Velike planine sestoji iz temnih laminiranih do debeloplastnatih bituminoznih apnencev, ki verjetno predstavljajo lateralni ekvivalent spodnjeanizijskega dolomita v spodnjem delu in nekoliko mlajših srednjeanizijskih plasti Strelovske formacije v zgornjem delu. Kljub številnim vzorcem, ki smo jih

zbrali, da bi v njih našli konodonte, noben vzorec ni bil pozitiven. Zato natančna starost Horizonta Velike planine ostaja vprašljiva.

Nad spodnjeanizijskim dolomitom in njegovimi lateralnimi ekvivalenti sledijo plasti **Strelovske formacije**. Strelovska formacija izdanja v celotnem osrednjem delu Kamniško-Savinjskih Alp in predstavlja značilen markirni horizont za stratigrafske in tektonske raziskave. Debelina Strelovske formacije znaša do 60 m, sestoji pa iz zaporedja temnih laminiranih bituminoznih laporovcev, muljevcev in apnencev ter iz svetlih laminiranih do debeloplastnatih apnencev in dolomitov. V teh plasteh se pojavljajo številni fosili polžev, školjk, ramenonožcev, morskih lilij, morskih ježkov, rib in plazilcev. V plasteh Strelovske formacije nismo našli konodontov, zato je njena natančna starost nekoliko vprašljiva. Glede na stratigrafsko lego nad spodnjeanizijskimi karbonati Serlske formacije ter pod zgornjeanizijskimi karbonati Contrinske formacije je Strelovska formacija verjetno srednjeanizijske starosti (najverjetneje pelsonske starosti).

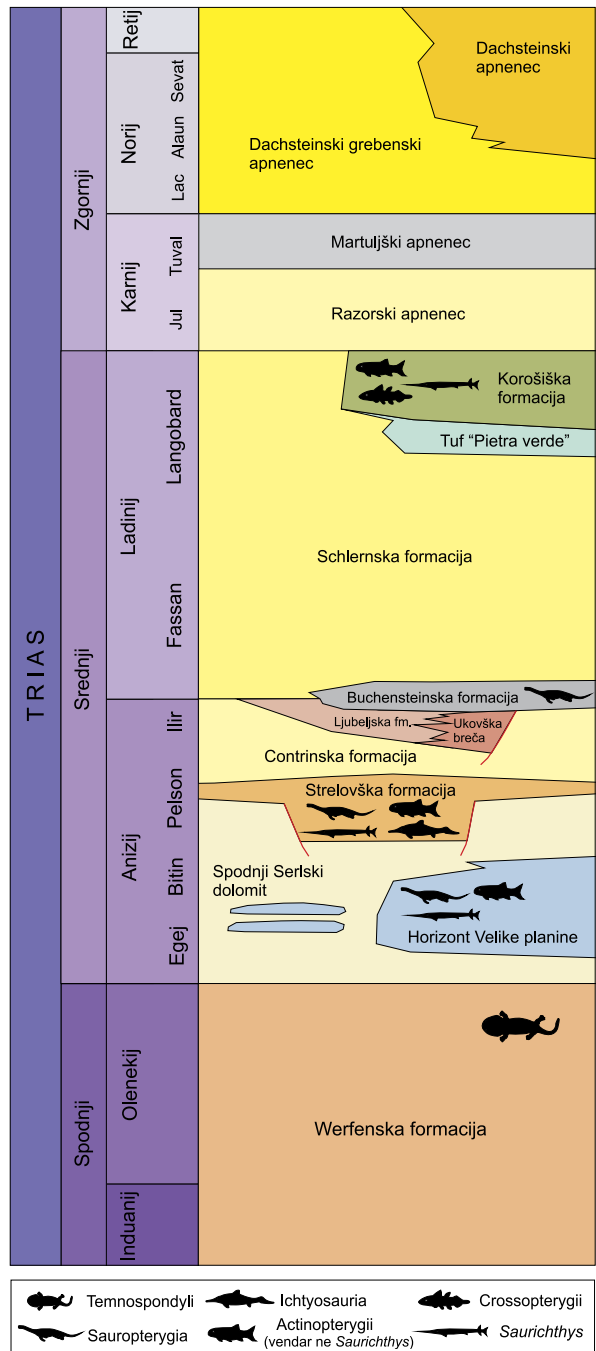
Nad Strelovsko formacijo sledijo masivni svetlosivi platformni apnenci **Contrinske formacije** v debelini do 300 m. Ponekod se v njih pojavljajo tanke plasti temnega laporovca in glinavca s številnimi rastlinskimi ostanki in majhnimi ramenonožci. Contrinska formacija je bila presekana z neptunskimi dajki, ki so jih zapolnili rdeči meljasti sedimenti. Nad Contrinsko formacijo sledijo plasti **Ljubeljske formacije**, ki sestojijo iz rdečega pelagičnega (globljemorskega) apnenca, bogatega z radiolariji, ki kažejo na ilirsko starost plasti (CELARC & GORIČAN, 2007). Biostratigrafsko jih lahko postavimo v amonitno cono *Kellnerites*. Plasti Ljubeljske formacije dokazujejo razpad in potopitev karbonatne platforme v zgornjem aniziju (iliru). Ljubeljski formaciji sledijo **polimiktične breče in konglomerati** (ekvivalenti **Ukovske breče**). Megabreče so bile odložene v globljih delih polgrabnov, ki so nastali kot posledica diferencialnih premikov posameznih blokov zaradi ekstenzijske tektonike (CELARC & GORIČAN, 2007). Polimiktične breče in konglomerati navzgor preidejo v

laporovce in laporaste apnence **Buchensteinske formacije** ter v apnenec z algo *Diplopora annulata*, ki lahko ustrezajo **apnencem tipa Pontebba** (*sensu* FOIS & JADOUL, 1983). Skupna debelina opisanih »pisanih ladinjskih kamnin« v Kamniško-Savinjskih Alpah ne presega nekaj deset metrov.

Nad temi plastmi sledi več kot 600 m debelo zaporedje masivnega apnenca ladinjske **Schlernske formacije**. V nekaterih delih sedimentacijskega bazena plitvodna sedimentacija ni bila prekinjena. Tam apnenca Contrinske formacije prehajajo v Schlernsko formacijo neposredno brez prekinitve.

V zgornjem delu je bilo odlaganje plasti Schlernske formacije prekinjeno z odlaganjem tufov (»pietra verde«) in plasti ploščastih apnencev z roženci in kalkarenitov s školjkami *Daonella lommeli*. Te plasti so langobardske starosti in smo jih uvrstili v **Koroškiško formacijo** (JURKOVŠEK, 1984; CELARC 2004, 2007). Na Korošici pri Kocbekovem domu lahko opazujemo plasti zelenega tufa, nad katerim sledi več deset metrov debelo zaporedje tanko-debeloplastnatega bituminoznega apnenca z rožencem in zelo bogato favno školjk (JURKOVŠEK, 1984), številnimi amoniti in ostanki vretenčarjev. Lokalno se plasti Koroškiške formacije sploh niso odložile. Na takšnih mestih lahko najdemo breče, ki kažejo na diskordanco med karbonatnimi kamninami Schlernske formacije in mlajšimi karnijskimi apneneci (CELARC, 2004). Konec odlaganja plasti Koroškiške formacije zaznamuje napredovanje (progradacija) zgornjeladinjske do karnijske karbonatne platforme proti odprtemu morju.

V karniju so se odlagali večinoma plitvodni platformni apneneci in grebenski apneneci, ki ustrezajo **Razorskemu apnencu** v Julijskih Alpah



Poenostavljen stratigrafski stolpec triasnih plasti v Kamniško-Savinjskih Alpah.

Simplified stratigraphic column of Triassic beds in the Kamniško-Savinjske Alps.

(CELARC & KOLAR - JURKOVŠEK, 2008). Regionalno poglobljanje ozemlja v tuvalu pa se je v prostoru današnjih Kamniško-Savinjskih Alp odrazilo z odložitvijo tankega horizonta pelagičnega rdečkastega **Martuljškega apnenca** v skupni debelini do 20 m. Močna progradacija norijske karbonatne platforme je vodila do

odlaganja debelega zaporedja **Dachsteinskih apnencev**. Značilni Dachsteinski apnenci so se odlagali za progradirajočimi grebeni. Za debeloplastnate Dachsteinske apnence so ponekod značilne loferske cikloteme, občasno pa se vmes pojavljajo tudi grebenski apnenci (BUSER *et al.*, 1982).

- BREZIGAR, A. 1986: Premogova plast Rudnika lignita Velenje. *Geologija*, 28/29: 319–336.
- BUSER, S., RAMOVŠ, A., TURNŠEK, D. 1982: Triassic Reefs in Slovenia. *Facies*, 6: 15–24.
- BUSER, S., KOLAR - JURKOVŠEK, T., JURKOVŠEK, B. 2007: Triassic conodonts of the Slovenian Basin. *Geologija*, 50 (1): 19–28.
- BUSER, S., KOLAR - JURKOVŠEK, T., JURKOVŠEK, B. 2008: The Slovenian Basin during the Triassic in the Light of Conodont Data. *Boll. Soc. Geol. Ital.*, 127 (2): 257–263.
- CELARC B., KOLAR - JURKOVŠEK T. 2008: The Carnian-Norian basin-platform system of the Martuljek Mountain Group (Julian Alps, Slovenia): progradation of the Dachstein carbonate platform. *Geologica Carpathica*, 59 (3): 211–224.
- CELARC, B. 2001: Geološka zgradba ozemlja okolice Logarske doline. Magistrsko delo, Univerza v Ljubljani: 112 str.
- CELARC, B. 2004: Geological structure of the northwestern part of the Kamnik-Savinja Alps. Ph.D. Thesis, University of Ljubljana: 137 p.
- CELARC, B. 2007: Middle and Late Triassic dynamics of the Julian Carbonate platform (Slovenia) in the light of the stratigraphy geosites frameworks. Geological heritage in the South-eastern Europe, Ljubljana, Slovenia 5-9. September 2007 (Book of abstracts): 28–29.
- CELARC, B., GORIČAN, Š. 2007: Diferenciran razpad anizijske (ilirske) karbonatne platforme v Julijskih Alpah (Prisojnik) in Kamniško-Savinjskih Alpah (Križevnik). Reports, 18th Meeting of Slovenian Geologists, 18: 11–15.
- FODOR, L., JELEN, M., MÁRTON, E., SKABERNE, D., ČAR, J., VRABEC, M. 1998: Miocene-Pliocene tectonic evolution of the Periadriatic line in Slovenia – implications for Alpine-Carpathian extrusion models. *Tectonics*, 17: 690–709.
- FOIS, E., JADOU, F., 1983: La Dorsale Paleocarnica anisica di Pontebba. *Riv. It. Paleont. Strat.*, 89 (1): 3–30.
- GIANOLLA, P., DE ZANCHE, V., MIETTO, P. 1998: Triassic Sequence Stratigraphy in the Southern Alps (Northern Italy): Defenition of Sequences and Basin Evolution. *Mesozoic and Cenozoic Sequence Stratigraphy of European Basins*, SEPM Special Publication, 60: 719–747.
- GORIČAN, Š., BUSER, S. 1990: Middle Triassic radiolarians from Slovenia (Yugoslavia). *Geologija*, 31-32: 133–197.
- JURKOVŠEK, B. 1984: Langobardske plasti z daonelami in pozidonijami v Sloveniji. *Geologija*, 27: 41–95.
- KÁZMER, M., FODOR, L., JÓZSA, S., JELEN, B., HERLEC, U., KUHLEMANN, J. 1996: Late Miocene paleogeography of Slovenia and the Southern Alps: a palinspastic approach. 6th Symposium on Tektonik Strukturgeologie-Kristallingeologie., Univ. of Salzburg: 212–214.
- KOZUR, H. W., KRAINER, K., LUTZ, D. 1994: Middle Triassic Conodonts from the Gartnerkofel – Zielkofel Area (Carnic Alps, Carinthia, Austria). *Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt*, 137 (2): 275–287.
- KOZUR, H. W., KREINER, K., MOSTLER, H. 1996: Radiolarians and Facies of the Middle Triassic Loibl Formation, South Alpine Karawanken Mountains (Carinthia, Austria). *Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck*, 4: 195–269.
- MIOČ, P. 1983: Osnovna geološka karta SFRJ 1 : 100.000. Tolmač za list Ravne na Koroškem. Zvezni geološki zavod, Beograd, 69 str.
- MIOČ, P. 1997: Tectonic structures along the Periadriatic Lineament in Slovenia. *Geologica Croatica*, 50 (2): 251–260.

- MIOČ, P., ŽNIDARČIČ, M. 1977: Osnovna geološka karta Jugoslavije 1:100.000, list Slovenj Gradec. Zvezni geološki zavod Beograd.
- MIOČ, P., ŽNIDARČIČ, M., JERŠE, Z. 1983: Osnovna geološka karta SFRJ, list Ravne na Koroškem, 1 : 100.000. Zvezni geološki zavod, Beograd.
- NEMES, F., NEUBAUER, F., CLOETHING, S., GENSER, J. 1997: The Klagenfurt basin in the Eastern Alps: an intra-orogenic decoupled flexural basin?. *Tectonophysics*, 282: 189–203.
- PLACER, L., 1996a: O premiku ob Savskem prelomu. *Geologija* 39, 283–287.
- PLACER, L. 1996b: Pecin nariv ob Periadriatskem lineamentu. *Geologija*, 39: 289–302.
- PLACER, V. 2008: Principles of the tectonic subdivision of Slovenia. *Geologija*, 51 (2): 205–217.
- POLINSKI, R.K., EISBACHER, G.H. 1992: Deformation partitioning during polyphase oblique convergence in the Karawanken Mountains, southeastern Alps. *Journal of Structural Geology*, 14: 1203–1213.
- PREMRU, U. 1983a: Osnovna geološka karta SFRJ, list Ljubljana, 1:100.000. Zvezni geološki zavod, Beograd.
- PREMRU, U. 1983b: Osnovna geološka karta SFRJ 1 : 100.000. Tolmač za list Ljubljana. Zvezni geološki zavod, Beograd, 75 str.
- SCHMID, S. M., PFIFFNER, O. A., FROTHEIM, N., SCHÖNBORN, G., KISSLING, E. 1996: Geophysicalgeological transect and tectonic evolution of the Swiss-Italian Alps. *Tectonics*, 15 (5): 1036–1064.
- SCHMID, S. M., FÜGENSCHUH, B., KISSLING, E., SCHUSTER, R. 2004: TRANSMED Transects IV, V and VI: Three lithospheric transects across the Alps and their forelands. V: The TRANSMED Atlas: The Mediterranean Region from Crust to Mantle. Editors Cavazza W., Roure F., Spakman W., Stampfli G. M. & Ziegler P. A. 2004: A publication of the Mediterranean Consortium for the 32nd International Geological Congress.
- SKABERNE, D., GORIČAN, Š., ČAR, J. 2003: Kamnine in fosili (radiolariji) iz kamnoloma Kamna Gorica. *Vigenjc*, 3: 85–99.
- TELLER, F. 1898a: Eisenkappel und Kanker, Zone 20, Col. 11 (Geologische Spezialkarte der k. k. Österreichisch – Ungarischen Monarchie 5453, 1: 75 000). K. k. Geologische Reichsanstalt, Wien.
- TELLER, F. 1898b: Erläuterungen zur Geologischen Karte der k. k. Österreichisch – Ungarischen Monarchie Eisenkappel und Kanker. K. k. Geologische Reichsanstalt, Wien: 1–150.
- VRABEC, M. 2001: Structural analysis of the Sava Fault zone between Trstenik and Stahovica. Ph. D. Thesis, University of Ljubljana, Ljubljana, 94 p.
- VRABEC, M., DAJČMAN, G. 2003: Novi podatki o narivni zgradbi Kamniških Alp. *Geološki zbornik (Posvetovanje slovenskih geologov)*, 17: 171–173.
- ŽALO HAR, J., ZE VNIK, J. 1996: Terciarn e plasti v Tunjiškem gričevju. Poročilo, Oddelek za geologijo, Univerza v Ljubljani, Ljubljana, 139 str.
- ŽALO HAR, J., ZE VNIK, J. 2006: Miocenske plasti v Tunjiškem gričevju. *Kamniški zbornik*, 18: 289–301.





Dvoživka iz Matkovega kota

Amphibian from the Matkov kot Valley

Za nas in še za marsikoga je Matkov kot daleč najbolj deviška dolina v Kamniško-Savinjskih Alpah. Vanj ne vodi nobena široka cesta, zato turistično ni zelo obiskan. Razlog se najbrž skriva v tem, da ne nudi izjemnih pogledov na okoliške gorske vrhove. Nad njim se le skromno dvigujeta Krnička in Mrzla gora. Prav njegova odmaknjenost pa pričara tisti prvinski občutek nedotaknjene narave. Matkov kot je postala izjemno zanimiva dolina tudi s paleontološkega vidika. Manjši gorski greben s hribi Savinjek, Koran, Pavličev Kogel, Kivernik in Vrlovec, ki Matkov kot loči od Logarske doline, sestoji iz spodnjetriasnih in srednjetriasnih kamnin, v katerih smo popolnoma nepričakovano našli ostanke redke orjaške spodnjetriasne dvoživke.

Matkov kot.
Matkov kot Valley.

Spodnjetriasne plasti v slovenskih Alpah

Jure Žalohar in Bogomir Celarc

Lower Triassic beds in the Slovenian Alps

In Slovenia, the Lower Triassic beds are positioned concordantly or discordantly above the Permian formations. The sedimentation on the shallow shelf of the Slovenian carbonate platform continued from the Permian to the Triassic. Similar beds (the Werfen Formation) were deposited all over the present-day Slovenia. In the Lower Triassic succession, dark grey to brown bedded limestones and dolomites, oolitic limestones, marly limestones, micaceous carbonate sandstones, and micaceous sandy limestones prevail. In the upper part of the succession, an intensive bioturbation is characteristic of these beds. In many places, numerous fossils can be found. The most abundant are the ammonite *Tirolites cassianus*, gastropod *Natiria costata*, and bivalves *Costatoria costata* and *Claraia aurita*.

Tektonski procesi v zahodnem delu Neotetide so v zgornjem permu povzročili termalno reorganizacijo zemeljske skorje, čemur je sledilo obsežno poglobljanje in morska transgresija, ki je zajela tudi ozemlje Slovenije (STAMPFLI *et al.*, 2002; TARI, 2002). Začetek alpskega sedimentacijskega cikla na območju Slovenije v zgornjem permu označuje tudi nastanek Slovenske karbonatne platforme, na kateri so v triasu nastale debele plasti apnencev, ki danes gradijo večji del pogorja Julijskih Alp, Karavank in Kamniško-Savinjskih Alp. Na ozemlju Severnih Karavank, ki pripadajo Alpidom, pa so se v zgornjem permu še vedno odlagali rdeči peščenjaki, konglomerati in glinavci (HERLEC & HLAD, 2005).

Triasne plasti v Sloveniji ležijo konkordantno ali diskordantno na permskih (DOLENEC *et al.*, 2000; NOVAK, 2001). Sedimentacija na plitvem šelfu tedanje obsežne Slovenske karbonatne platforme se je iz zgornjega perma skoraj neprekinjeno nadaljevala skozi skitsko v anizijsko obdobje (NOVAK, 2001). Permsko-triasno mejo so posebno natančno raziskali v Dolini Idrijce (DOLENEC *et al.*, 2000), kjer izotopske analize na osnovi vrednosti deležev $d^{13}C_{carb}$, $d^{13}C_{Corg}$,

in $Dd^{13}C_{carb-org}$ kažejo na znane perturbacije v ciklu kroženja ogljika.

Spodnjetriasne, skitske plasti Werfenske formacije so podobno razvite po vsej osrednji Sloveniji, v Julijskih in Kamniško-Savinjskih Alpah ter Južnih Karavankah. Prevladujejo temnosivi in rjavkasti plastnati apnenci in dolomiti, med njimi je tudi apnenčev oolit, laporasti apnenci, sljudno peščeni laporovci in sljudni apnenčevi peščenjaki, ki se menjavajo med seboj. Ponekod najdemo tudi dolomit (RAMOVŠ, 1992). V Julijskih Alpah in Južnih Karavankah najdemo tudi opekasto rdeče kamnine. V vrhnjem delu je značilna močna bioturbacija in vegasto »uskripljeni«
laporasti apnenci. V številnih plasteh najdemo fosile, med katerimi so najpogostejši amoniti *Tirolites cassianus*, polži *Natiria costata* ter školjke *Costatoria costata* in *Claraia aurita* (RAMOVŠ, 1992).

Skitske kamnine so nastajale v obsežnem epikontinentalnem morju z močnim dotokom terigenega sedimenta. Oolitni apnenci so nastajali v razgibanem morju, verjetno na plitvinah v obliki peščenih pregrad in manjših otokov. V bazenih med oolitnimi barierami oziroma otoki je v obrobni delih nastal

apnenčev peščenjak, ki se prepleta z oolitnimi apnenci. Včasih najdemo v oolitnih apnencih tudi teksture plazenja, ki kažejo na izražen paleorelief in sinsedimentacijske zdrse.

Skitske plasti v Kamniško-Savinjskih Alpah

Na območju med Karavankami in Kamniško-Savinjskimi Alpami ne najdemo zgornjepermske Karavanške (Belerofonske) formacije, ki bi pri normalnem zaporedju plasti tvorila krovino srednjeperski Grödenski formaciji in talnino spodnjetriasnih plasti Werfenske formacije (CELARC, 2004). V Kamniško-Savinjskih Alpah najdemo skitske plasti Werfenske formacije v okolici Solčave in v nižjih delih pobočij Logarske doline, Matkovega in Robanovega kota, v zgornjem delu doline Korošica v Kamniški Bistrici ter nad Taško pod Kalško goro ob poti proti Zoisovi koči. Najbližje je kontakt med permskimi in triasnimi plastmi viden na območju Golega vrha vzhodno od

Ravenske Kočne na Jezerskem, kjer permski dolomit normalno prehaja v spodnjetriasni oolitni dolomit (MIOČ, 1983). Zgornji kontakt je viden na več mestih. CELARC (2004) je kontakt opredelil tam, kjer se popolnoma preneha karbonatno-klastična litologija in nastopi pretežno masivni dolomit, ki mu je pripisal anizijsko starost. Spodnjetriasno zaporedje je litološko izredno pisano razvito. V splošnem se menjavajo laporovci, laporasti apnenci, peščenjaki, oolitni apnenci, oolitni dolomiti in ploščasti apnenci. Predvsem za laporovce in laporaste apnenice je značilna močna tektonska pretrtost. Razmeroma debel kompleks oolitnega apnenca v severnozahodnih pobočjih Raduhe kaže, da je tam obstajala šelfna kotanja, v kateri so se kopičili ooidi (CELARC, 2004). Čeprav spodnjetriasne kamnine pokrivajo razmeroma veliko površino in dosejajo debelino več 100 metrov, je težko najti neprekinjeno zaporedje, kjer bi lahko sledili presek čez celo skladovnico v enem tektonskem bloku, bodisi zaradi tektonske prekinitve ali pa zaradi močne pokritosti terena.

- CELARC, B. 2004: Geological structure of the northwestern part of the Kamnik-Savinja Alps. Ph. D. Thesis, University of Ljubljana, Ljubljana, 137 p.
- DOLENEC, T., LOJEN, S., DOLENC, M. 2000: The Permian – Triassic boundary in the Idrija Valley (Western Slovenia): isotopic fractionation between carbonate and organic carbon at the P/Tr transition. *Geologija*, 42:165–170.
- HERLEC, U., HLAD, B. 2005: Rojstvo, rast in propad gora. Geotrip '02 v Sloveniji, Agencija RS za okolje: 6–69.
- MIOČ, P. 1983: Osnovna geološka karta SFRJ 1 : 100.000. Tolmač za list Ravne na Koroškem. Zvezni geološki zavod, Beograd, 69 str.
- NOVAK, M. 2001: Skitijske plasti Toškega Čela. *Geologija* 44 (2): 295–303.
- RAMOVŠ, A. 1992: Stratigrafski razvoj triasa v severnih Julijskih Alpah in zahodnih Karavankah – korelacija. 1. Spodnji in srednji trias ter cordevol. *Rudarsko-metalurški zbornik* 39 (3-4): 307–312.
- STAMPFLI, G. M., BOREL, G. D., MARCHANT, R., MOSAR, J. 2002: Western Alps geological constraints on western Tethyan reconstructions. V: Rosenbraun, G., Lister, G. S.: Reconstruction of the evolution of the Alpine-Himalayan Orogen. *Journal of the Virtual Explorer*, 7: 75–104.
- TARI, V. 2002: Evolution of the northern and western Dinarides: a tectonostratigraphic approach. EGU Stephan Mueller Special Publication Series (European Geoscience Union), 1: 223–236.

Fosili spodnjetriasnih plasti v Kamniško-Savinjskih Alpah

Tomaž Hitij

Fossils from the Lower Triassic beds of the Kamniško-Savinjske Alps

The oldest rocks in the Kamniško-Savinjske Alps are of the Lower Triassic age and belong to the Werfen Formation. They are represented by various sandstones and marly limestones, which locally contain abundant ammonite fauna with *Tirolites cassianus*, gastropod *Natiria costata* and numerous bioturbation traces. In the Logarska dolina Valley, the ammonites *Tirolites carniolicus* were also discovered, pointing to the upper part of the Lower Triassic (Olenekian). However, the most interesting is a recently discovered large amphibian bone from the beds of the Werfen Formation in the Matkov kot Valley. The almost completely preserved rib probably belongs to a large temnospondyl amphibian of the Capitosauria clade.

Ponekod najdemo v plasteh Werfenske formacije bogato fosilno favno. V grapi potoka Suhelj južno od Logarske doline najdemo pretežno

zelenkaste laporovce in laporaste apnenice, ki so ponekod izrazito bioturbacijsko predelani, in imajo zato značilno teksturo, ki je podobna



Fosilna sled *Rhizocorallium* v spodnjetriasnih plasteh iz zgornjega dela doline Korošica v Kamniški Bistrici.

Fossil trace *Rhizocorallium* from the Lower Triassic beds in the Korošica Valley, part of the Kamniška Bistrica Valley.



Amonit *Tirolites carniolicus* iz skitskih plasti južno od Logarske doline (T-1016). Velikost 5 cm.

Ammonite *Tirolites carniolicus* from the Lower Triassic beds south of the Logarska dolina Valley (T-1016). Size 5 cm.

budinažu. Ponekod najdemo lepe sledove anelida rodu *Rhizocorallium* v obliki črke U in slabo ohranjene fosilne ostanke predvsem polža *Natiria costata* in školjke *Costatoria costata*. V apnencih najdemo tudi amonite *Tirolites carniolicus*, ki kažejo na zgornji del skita (olenekij). Med najpomembnejšimi pa je odkritje nahajališča s fosilnimi kostmi orjaških dvoživk v Matkovem kotu.

Spodnjetriasna dvoživka (Amphibia) iz Matkovega kota

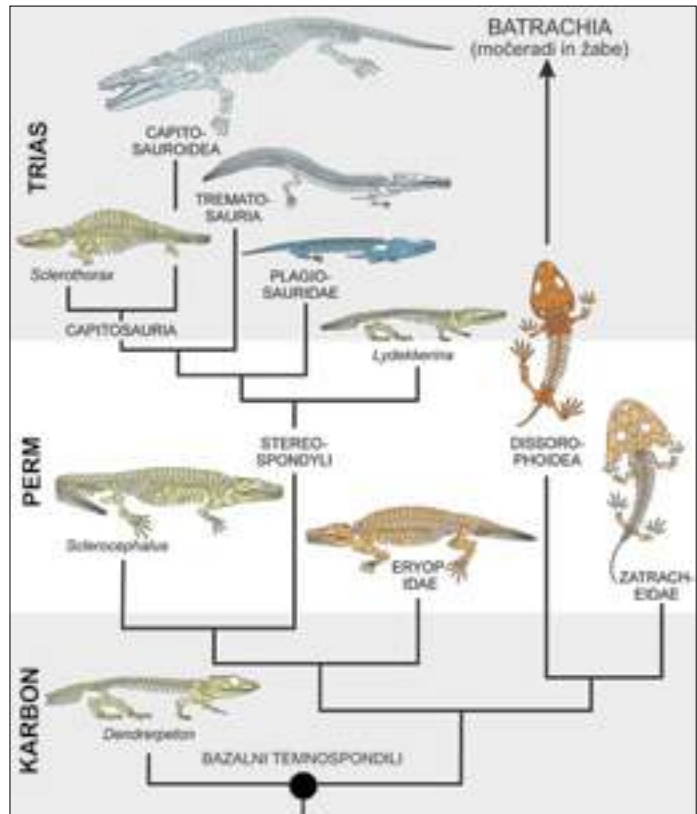
Že kmalu pod Pavličevim Koglom se nad dolino odpre čudovit pogled na mejne plasti med spodnjetriasno Werfensko formacijo in srednjetriasnim anizijskim dolomitom. V manjši steni se menjavajo rjavkasti do sivkasti laporasti

apnenci, laminirani, tankoplastnati in srednjeplastnati nekoliko bituminozni apnenci, laminirani bituminozni apnenci, ponekod pa brečasti apnenci in intraformacijske breče. Ne glede na izjemno redkost fosilnih ostankov v teh plasteh smo v eni od grap naleteli na izjemen primerek kosti dvoživke iz skupine temnospondilov.

Temnospondili so bili zelo pomembna in zelo razširjena skupina majhnih do orjaških dvoživk. *Mastodonsaurus giganteus* iz srednjetriasnih plasti v Nemčiji je na primer dosegel dolžino do 6 m (SCHOCH, 1999). Najboljši časi za te orjaške dvoživke so bili v karbonu, permu in triasu. Sledil je njihov počasni zaton, ob koncu krede pa so dokončno izumrle. Znanstveniki še vedno niso enotni, ali so bile nekatere specializirane oblike teh živali predniki današnjih dvoživk

Drevo stereospondilnih dvoživk, ki kaže, kako so se različne skupine triasnih dvoživk prilagodile različnim okoljem. Okostja so obarvana glede na način življenja: modra = vodne, zelena = amfibijske in rjava = kopenske dvoživke. Povzeto po MILNER (1990), YATES & WARREN (2000), SCHOCH (2008a) in SCHOCH (2008b).

Probable life habits depicted in a tree of stereospondyls, showing that the Triassic taxa evolved a range of different life strategies. Skeletons are colour-coded with respect to the presumed life habits: blue = aquatic, green = amphibious, brown = terrestrial. After MILNER (1990), YATES & WARREN (2000), SCHOCH (2008a), and SCHOCH (2008b).





Okostje triasne temnospondilne dvoživke (po SULEJ, 2007).

Skeleton of a Triassic temnospondyl amphibian (after SULEJ, 2007).



Poenostavljena rekonstrukcija spodnjetriasne temnospondilne dvoživke.

Simplified reconstruction of Lower Triassic temnospondyl amphibian.

(Lissamphibia) ali pa je cela skupina izumrla, ne da bi za sabo pustila potomce (BENTON, 2000; LAURIN, 1996; REISZ, 2010). Temnospondilne dvoživke so se lahko prilagodile življenju v sladkovodnem, brakičnem in tudi obalnem morskem okolju ter na kopnem. Njihove fosilne ostanke lahko danes najdemo po vsem svetu. Domnevajo, da je bil način življenja teh velikih dvoživk zelo podoben načinu življenja današnjih krokodilov.

Po permsko-triasnem izumrtju so si temnospondilne dvoživke izjemno hitro opomogle in pojavili so številni novi rodovi. Prevladuje mnenje, da naj bi vzrok za to povečanje njihove

raznolikosti nastopil že ob koncu perma. Gonilo za povečanje raznolikosti pa naj bi bilo ravno izumiranje ostalih skupin vretenčarjev v zadnjih nekaj milijonih let perma (MILNER, 1990; RUTA *et al.*, 2007). V mezozoiku sta obstajali le dve večji skupini temnospondilnih dvoživk, Capitosauria in Trematosauria.

Pri najdbi iz Matkovega kota gre verjetno za skoraj v celoti ohranjeno rebro (T-1017). Po obliki sodeč rebro najverjetneje pripada dvoživki iz klada Capitosauria, kajti pri dvoživkah iz skupine trematosaurinov so rebra cevaste oblike z manj izraženimi sklepnimi deli. Kost je bila najdena v plasteh Werfenske formacije



Kost dvoživke iz spodnjetriasnih plasti v Matkovem kotu (T-1017). Dožina 11 cm.

Amphibian bone from the Lower Triassic beds in the Matkov kot Valley (T-1017). Length 11 cm.

v bioturbacijsko močno predelanem apnencu. Žal plasti, iz katerih izhaja, še niso natančneje datirane. Najverjetneje so olenekijske starosti, lahko pa bi bile že spodnjejanzijske starosti.

Ta najdba je po nedavnem odkritju kapitozavrovega rebra v olenekijskih plasteh na Studorskem prevalu (LUCAS *et al.*, 2008; KOLAR - JURKOVŠEK, 2009) in po najdbi iz okolice Žirov, že tretja v Sloveniji. Gre za zelo redke najdbe, saj so ostanki temnospondilnih dvoživk v

spodnjetriasnih kamninah znani le še z Grenlandije, s Spitzbergov, z Madagaskarja in iz Kazahstana (LUCAS *et al.*, 2008; KOLAR - JURKOVŠEK, 2009). Čeprav so njihove najdbe v spodnjetriasnih plasteh redke, so bili kapitozavri eni najbolj poznanih mezozojskih temnospondilnih dvoživk. Njihovi ostanki so razmeroma pogosti v srednjetriasnih in zgornjetriasnih horizontih z vretenčarji na vseh kontinentih (DAMIANI, 2001).

BENTON, M. J. 2000: *Vertebrate Paleontology*, 2nd Ed. Blackwell Science Ltd.

DAMIANI, J. R. 2001: A systematic revision and phylogenetic analysis of Triassic mastodonsauroids (Temnospondyli: Stereospondyli). *Zoological Journal of the Linnean Society*, 133: 379–482.

KOLAR - JURKOVŠEK, T. 2009: Najdba fosilne dvoživke v Julijskih Alpah. *Proteus*, 71 (7): 309–313.

LAURIN, M. 1996: *Terrestrial Vertebrates - Stegocephalians: Tetrapods and other digit-bearing vertebrates*, The Tree of Life Web Project (<http://tolweb.org/tree>).

LUCAS, S. G., KOLAR - JURKOVŠEK, T., JURKOVŠEK, B. 2008: First record of a fossil amphibian in Slovenia (Lower Triassic, Olenekian). *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, 114 (2): 323–326.

- MILNER, A. R. 1990: The radiations of temnospondyl amphibians. V: Taylor, P. D., Larwood, G. P. (ured.): Major evolutionary radiations. Clarendon Press Oxford: 321–349.
- REISZ, R. 2010: Biology 356 - Major Features of Vertebrate Evolution - The Origin of Tetrapods and Temnospondyls (http://www.utm.utoronto.ca/~w3bio356/lecture_info/lecture_notes/aquatic_reptiles.pdf).
- RUTA, M., PISANI, D., LLOYD, T. G., BENTON, J. M. 2007: A supertree of Temnospondyli: cladogenetic patterns in the most species-rich group of early tetrapod. *Proc. R. Soc., B*, 274: 3087–3095.
- SCHOCH, R. R. 1999: Comparative osteology of *Mastodonsaurus giganteus* (Jaeger, 1828) from the Middle Triassic (Lettenkeuper: Longobardian) of Germany (Baden-Württemberg, Bayern, Thüringen), *Stuttgarter Beitr. Naturk.*, 278: 1–175.
- SCHOCH, R. R. 2008a: A new stereospondyl from the German Middle Triassic and the origin of the Metoposauridae. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 52: 79–113.
- SCHOCH, R. R. 2008b: The Capitosauria (Amphibia): characters, phylogeny, and stratigraphy. *Palaeodiversity*, 1: 189–226.
- SULEJ, T. 2007: Osteology, variability, and evolution of *Metoposaurus*, a temnospondyl from the Late Triassic of Poland. *Palaeontologia Polonica*, 64: 29–139.
- YATES, A. M., WARREN, A. A. 2000: The phylogeny of the ‘higher’ temnospondyls (Vertebrata: Choanata) and its implications for the monophyly and origins of the Stereospondyli. – *Zoological Journal of the Linnean Society*, 128: 77–121.







Vladarji morja v aniziju

Masters of the ocean in the Anisian

Pohodniški raj s čudovitimi pastirskimi hišicami in enkratno gorsko kuliso - to je Velika planina. Velika planina je s kar 5,8 km² površine največja slovenska planina. Kapelica Marije Snežne, Velika in Mala Vetrnica ter Trniči so le nekatere od njenih zanimivosti. V geološkem smislu je bila Velika planina pomembna predvsem zaradi izkopavanja boksitov (Rifelj, 2006) in številnih manjših rudnikov žvepla in boksita v oligocenskih plasteh na Kopi nad Kamniško Bistrico (Teller, 1885). Večji del Velike planine sestoji iz anizijskih plasti. Do nedavnega nismo vedeli, da so ponekod v teh plasteh izjemna nahajališča triasnih morskih vretenčarjev. Srednjetriasni dolomiti anizijske starosti so v Sloveniji (vsaj v njenem severnem delu) zelo razširjeni. Najdemo jih v Julijskih Alpah, Južnih Karavankah, Kamniško-Savinjskih Alpah, v Škofjeloško-Polhograjskem hribovju in še kje. Iz paleontološkega stališča te kamnine niso zelo zanimive. Pokazale pa so se kot uporabne za posipanje cest, saj je dolomit izjemno krhek in drobljiv. Najdbe triasnih vretenčarjev v anizijskih plasteh na Veliki planini so zato še toliko presenetljivejše in predstavljajo pomemben doprinos k poznavanju triasnega življenja v Tetidi.

Detajl čeljusti lepo ohranjene ribe iz Horizonta Velike planine (T-999).

Detail of a fish jaw from the Velika planina Horizon (T-999).

Anizijske plasti Kamniško-Savinjskih Alp

Jure Žalohar in Bogomir Celarc

Anisian beds in the Kamniško-Savinjske Alps

Above the Lower Triassic rocks, the Anisian succession was deposited. Lower Anisian dolomites or algal limestones with leading foram *Meandrospira dinarica* correspond to the Lower Serla Dolomite of the Italian Southern Alps. Laterally, they pass or intercalate with the conglomerate and breccia horizons or dark laminated bituminous limestones and marlstones, which are laterally confined. On Velika planina Mountain appears some 200 m thick vertebrate-bearing succession of dark laminated bituminous limestones of the Velika planina Horizon. The Velika planina Horizon probably represents lateral equivalent of the Lower Anisian dolomite. However, the relatively extensive conodont sampling gave no results. Therefore, the exact age determination remains an open question. The deposition of the Velika planina Horizon was related to the formation of several anoxic basins all over the Southern Alps (ZHARKOV & CHUMAKOV, 2001). These basins were positioned in the central parts of evaporite-carbonate platforms and were characterized by a significant influx of dense salty waters from the shallow parts of the platforms. Such circumstances were ideal for the development of anoxic or hypoxic conditions in the lower part of the water column.

Anizijski dolomit

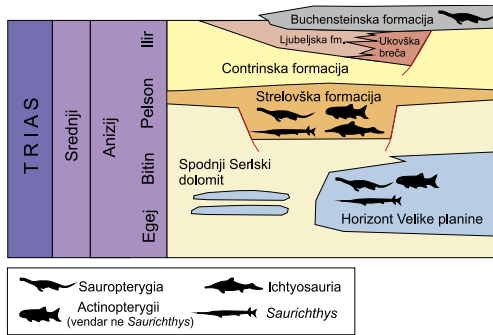
Nad skitskimi plastmi Werfenske formacije kontinuirano sledijo srednjetriasne plasti anizijske starosti. V Kamniško-Savinjskih Alpah so anizijske plasti zelo pestro razvite in sicer kot ploščast apnenec in dolomit, tankoplastnat laminiran dolomit, svetlosiv satast dolomit in sataste breče, svetlosiv masivni dolomit, svetlosiv, slabo plastnat do masiven dolomit in apnenec z vložki temnosivega do črnega apnenca s školjčnimi lumakelami ter breče (CELARC, 2004). Zelo pogost anizijski litološki različek v Kamniško-Savinjskih Alpah je svetlosiv do srednje siv masivni, redkeje slabo plastnat dolomit, ki ga lahko vzporejamo s Serlskim dolomitom v italijanskih Južnih Alpah. Debelina anizijskega dolomita močno variira. Ocenjujemo, da dosega od 50 do 500 metrov.

V dolomitu nam ni uspelo najti fosilnih ostankov oziroma diagnostičnih fosilov, ki bi

potrjevali anizijsko starost, kakršna je npr. foraminifera *Meandrospira dinarica*, ki jo je v dolomitu našel MIOČ (1983). Na podlagi številnih normalnih prehodov v talninske skitske plasti in krovinske plasti Strelovške formacije sklepamo, da je dolomit anizijske starosti.

Sledovi anizijskih tektonskih premikov

V triasu je Slovenska karbonatna platforma pretrpela dve glavni fazi ekstenzijske tektonike. Prva faza se je začela prav v aniziju, ko se je osrednji del platforme močno pogreznil ob globokih prelomih. V globokih vmesnih jarkih so se odlagali rdečkasti do svetlosivi gomo-ljasti apnenci tipa Han Bulog, ki naznanjajo začetek kasnejšega popolnega razpada karbonatne platforme (BUSER *et al.*, 2007). V bazenskih sedimentih pri Polhovem Gradcu je bila najdena bogata anizijska amonitna favna



Poenostavljen shematski stratigrafski stolpec anizijskih plasti v Kamniško-Savinjskih Alpah.

Simplified stratigraphic column of Anisian beds in the Kamniško-Savinjske Alps.

(PETEK, 1998). Začel se je formirati globljevodni Slovenski tektonski jarek, ki je Slovensko karbonatno platformo ločil na Julijsko karbonatno platformo na severu in na Dinarsko karbonatno platformo na jugu. Tudi Julijska karbonatna platforma je deloma diferencirano

razpadla na posamezne bloke, med katerimi so nastali številni manjši bazeni.

Diferencirane tektonske premike na ozemlju današnjih Kamniško-Savinjskih Alp na primer kaže breča, ki se lokalno pojavlja znotraj anizijskega zaporedja (CELARC, 2004). V desnem pobočju potoka Suhelj nad kmetijo Icmank se nad laporovci in laporastimi apnenci Werfenske formacije in pod masivnimi anizijskimi dolomiti pojavljajo breče oziroma slabo zabljeni konglomerati. Očitno je v tem predelu v času odlaganja sivih dolomitov prišlo do lokalne erozije, ki je ponekod prizadela samo del anizijskih dolomitov, ponekod pa vse do tedaj odložene dolomite in še del spodaj ležečih laporovcev in laporastih apnencev. Verjetno erozija ni imela širšega regionalnega vpliva, saj ne najdemo presedimentiranih paleozojskih kamnin. Breče so lahko nastale z vsipanjem grušča preko rampe sinsedimentarnega preloma. Če je dolomit, ki tvori njihovo krovino anizijske starosti, potem so iste starosti tudi breče.



Izdanek anizijskega Spodnjega Sertskega dolomita ob poti s Plesnikove planine proti Logarski dolini. Outcrop of the Anisian Lower Serla dolomite along the road between the Plesnik mountain pasture and the Logarska dolina Valley.



Izdanek ploščastih laminiranih do tankoplastnatih apnencev
Horizonta Velike planine na pobočju Velike Planine.

Outcrop of platy laminated to thinbedded limestones of the Velika
planina Horizon on the slope of Mt Velika planina.

Nastanek triasnih anoksičnih bazenov

V spodnjem in srednjem triasu so se zelo razširili anoksični bazeni, v katerih so se v okolju z majhno vsebnostjo kisika (anoksično ali hipoksično okolje) odlagale črne bituminozne laminirane kamnine. Takšni bazeni so pripadali trem različnim tipom (ZHARKOV & CHUMAKOV, 2001): (1) globokomorski šelfni bazeni, (2) intraplatformni anoksični bazeni karbonatnih in evaporitno-karbonatnih platform in (3) kopenski anoksični jezerski bazeni.

Za naše kraje so pomembni predvsem bazeni drugega tipa, kamor štejemo tudi manjše bazene, omejene na mejna območja med platformami z visoko vsebnostjo soli v morski vodi in evaporitnimi karbonatnimi platformami. Med

takšne bazene spadajo med drugimi Severnoitalijanski in Slovenski anoksični bazeni na karbonatnih platformah.

Nastanek anoksičnih bazenov drugega tipa je bil povezan z intenzivnim izhlapevanjem (evaporacijo) na karbonatnih platformah, kjer je nastajala s soljo prenasočena slanica z veliko gostoto. Ta je postopoma tonila in odtekala v globlje potopljene dele karbonatnih platform ali globlje šelfne bazene, kjer so nastali ugodni pogoji za stratifikacijo vodnega stolpca – še posebej v primerih, če so bile karbonatne platforme povezane z odprtim morjem, od koder je pritekala sveža, s kisikom bogata, redkejša in zato lažja morska voda. Podoben učinek na stratifikacijo vodnega stolpca je imela tudi sladka voda s kopnega. Zaradi stratifikacije je prišlo v globljih delih do zastajanja vode ter posledično



Čudovito ohranjen in naravno izprepariran sakralni del pahiplevrozavra iz Horizonta Velike planine na najdišču (T-882). Dolžina 9 cm.

Beautifully preserved and naturally prepared sacral region of pachypleurosaur from the Velika planina Horizon *in situ* (T-882). Length 9 cm.

do nastanka hipoksičnih oziroma anoksičnih razmer, v katerih so se odlagali temni, bituminozni, z organsko primesjo bogati sedimenti. Diferencirani premiki posameznih

tektonskih blokov Julijske karbonatne platforme so privedli do nastanka prvih anizijskih anoksičnih bazenov tudi na ozemlju Kamniško-Savinjskih Alp.

BUSER, S., KOLAR - JURKOVŠEK, T., JURKOVŠEK, B. 2007: Triassic conodonts of the Slovenian Basin. *Geologija*, 50 (1): 19–28.

CELARC, B. 2004: Geological structure of the northwestern part of the Kamnik-Savinja Alps. Ph. D. Thesis, University of Ljubljana: 137 p.

MIOČ, P. 1983: Osnovna geološka karta SFRJ 1 : 100.000. Tolmač za list Ravne na Koroškem. Zvezni geološki zavod, Beograd, 69 str.

PETEK, T. 1998: Skitske in anizijske plasti v kamnolomu pri Hrastenicah in pomembne najdbe zgornjeanizijskih fosilov. *Geologija*, 40: 119–151.

RIFELJ, V. 2006: Kamniški čistilni prašek. *Kamniški zbornik*, 18: 197–206.

TELLER, F. 1885: Oligozänbildungen im Feistritzthal bei Stein in Krain. *Verh. d. k. k. geol. R.–A.*: 193.

ZHARKOV, M. A., CHUMAKOV, N. M. 2001: Paleogeography and Sedimentation Settings during Permian – Triassic Reorganizations in Biosphere. *Stratigraphy and Geological Correlation*, 9 (4): 340–363.

Horizont Velike planine - dom triasnih morskih pošasti

Tomaž Hitij, Matija Križnar, Jure Žalohar, Silvio Renesto in Andrea Tintori

The Velika planina Horizon – home to the Triassic sea monsters

The beds of the Velika planina Horizon yielded several vertebrate and other fossils. Coprolites and isolated reptile remains are among the most frequent, while fish specimens are rare. Among the fishes, the following genera were identified so far: *Eosemionotus*, *Placopleurus*, and *Saurichthys*. Additionally, two fragmentary articulate reptile specimens have been collected, which most probably belong to pachypleurosaurid sauropterygians. Mollusks and brachiopods are rare and occur only in few beds. Among rare echinoderms, one well preserved crinoid was found, which cannot be easily ascribed to any of the known genera.

Poseben in za nas najpomembnejši je spodnji del anizijskega zaporedja, ki so smo ga poimenovali Horizont Velike planine. Na Veliki planini ga sestavlja približno 200 m debela skladovnica temnega laminiranega do tankoplastnatega bituminoznega apnenca, ki verjetno predstavlja lateralni ekvivalent anizijskega dolomita. Na žalost konodontne raziskave niso dale pozitivnih rezultatov, zato je natančna določitev starosti vprašljiva. Glede na stratigrafsko lego med anizijskim Serlskim dolomitom ga uvrščamo v spodnji anizij. Podobni, a veliko tanjši horizonti, ekvivalenti Horizonta Velike planine, se znotraj anizijskega dolomita pojavljajo še na številnih drugih lokacijah v Kamniško-Savinjskih Alpah (npr. Planina Osredek, ob poti iz doline Korošice proti Mokrici, vzhodno od doline Podvolovjeka, v bližini Plesnika ...). Zelo podobne plasti so znotraj anizijskega dolomita tudi mnogo zahodnejše na vzhodnih pobočjih doline Završnice (ob cesti med Rovtom in Plečami) ter na grebenu Žarkovih peči severno od Zgornjega Jezerskega. Našli smo jih tudi na območju Špičastega hriba med Joštom in Sv. Mohorjem pri Kranju. Odlaganje plasti Horizonta Velike planine povezujemo z nastankom večjih ali



Izdanek ploščastih laminiranih do tankoplastnatih apnencev Horizonta Velike planine na pobočju Velike Planine, kjer smo našli dobro ohranjene ribje ostanke.

Outcrop of platy laminated to thinbedded limestones of the Velika planina Horizon on Mt Velika planina where well preserved fish specimens were found.



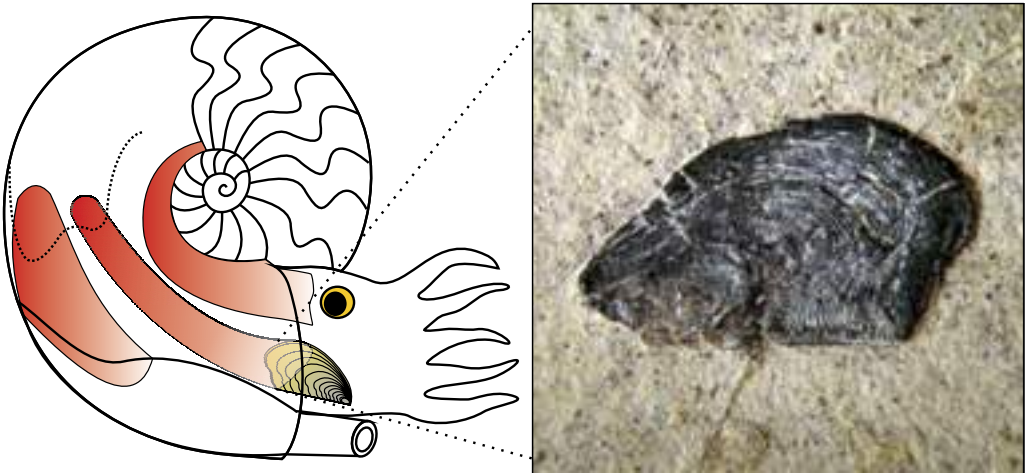
Nedoločen primerek ribe (T-999), Horizont Velike planine, dolžina 112 mm.

Undetermined fish specimen (T-999), Velika planina Horizon, length 112 mm.



Eosemionotus sp. (T-949), Horizont Velike planine, dolžina 61 mm.

Eosemionotus sp. (T-949), Velika planina Horizon, length 61 mm.



Aptih amonita (T-1018), Horizont Velike planine, velikost 7 mm.

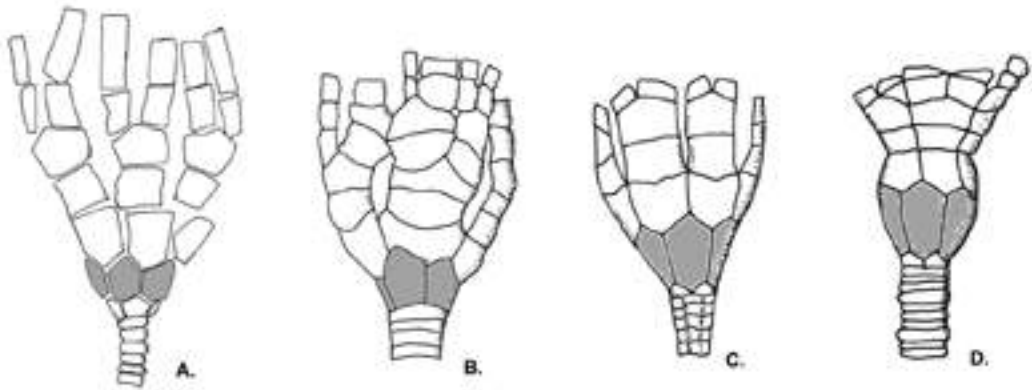
Aptychus (T-1018), Velika planina Horizon, size 7 mm.

manjših intraplatformnih bazenov s hipoksičnimi do anoksičnimi razmerami v globljih vodnih plasteh.

V delu 200 metrov debelega Horizonta Velike planine je bilo na pobočjih Velike planine odkrito eno izmed verjetno najpomembnejših nahajališč triasnih vretenčarjev v Sloveniji in eno pomembnejših srednjetriasnih nahajališč na svetu. Kljub izjemni debelini horizonta smo fosile našli le v plasteh skupne debeline približno 30 m. Fosilne najdbe so izjemno redke in zato še toliko bolj neprecenljive. Najpogostejši so fosilni iztrebki vretenčarjev – koproliti. Najdbe koprolitov že same po sebi kažejo na to, da se v plasteh nahajajo tudi ostanki živali, ki so jih iztrebile. Po pogostosti jim sledijo posamične kosti, ki večinoma pripadajo morskim plazilcem - pahiplevrozavrom. Že ob odkritju nahajališča je bilo najdeno prvo delno ohranjeno artikulirano okostje (kar pomeni, da so kosti še vedno v prvotni medsebojni legi), kasneje pa še dva dela. Skeleti rib so dokaj redki. Večina primerkov je nekoliko slabše ohranjenih, kar otežuje določevanje. Artikulirani ribji ostanki so izjemno redki in se pojavljajo v plasteh skupne debeline zgolj 5 m poleg ostankov pahiplevrozavrov. Le na enem mestu so bili najdeni tudi odlično ohranjeni primerki rib, v plasteh skupne debeline zgolj 0,5 metra. Doslej smo ribe uspeli uvrstiti v rodove *Eosemionotus*, *Placopleurus* in *Saurichthys*. V teh plasteh se pojavljajo tudi ostanki najrazličnejših školjk, ramenonožcev, redki ostanki morskih ježkov in razmeroma pogosti ostanki morskih lilij. Našli pa smo tudi zelo lepo ohranjene aptihe (čeljustni aparat amonitov). Aptihi so sestavljeni iz dveh delov in po obliki spominjajo na školjke. Ponavadi so kalcitni, medtem ko je hišica amonita aragonitna. Hišice amonitov so se očitno raztopile, tako da so se ohranili le njihovi aptihi. Vsi aptihi, ki smo jih našli najverjetneje pripadajo isti vrsti. Če nam jih bo v prihodnosti uspelo določiti, bomo mogoče z njihovo pomočjo uspeli razvozlati natančnejšo starost Horizonta Velike planine.

Čudovita morska lilija (Crinoidea) iz Horizonta Velike planine

Morske lilije so sestavljene iz številnih kalcitnih ploščic, ki jih povezuje vezivno tkivo, zato se izjemno redko ohranijo v celoti. V plasteh Horizonta Velike planine smo našli eno najbolj ohranjenih morskih lilij (T-958), ki so bile do sedaj najdene v Sloveniji. Morska lilija je iz plasti skupne debeline pol metra, v katerih je bila poleg številnih koprolitov najdena tudi večina artikuliranih ostankov rib in posamezni ostanki pahiplevrozavrov. Ohranil se je celoten skelet, visok 29 mm z lepo vidnimi ciriji, čašo in rameni s pinulami. Čaša je visoka 3 mm in je dicikličnega tipa. Po pregledu dostopne literature nismo zasledili nobene podobne oblike, zato smo se obrnili na dr. Hansa Hagdorna, strokovnjaka za triasne morske lilije, ki je potrdil, da gre verjetno za nov rod in vrsto. Primerek bi lahko pripisali družini Dadocrinidae, vendar pri tej družini ne najdemo značilnih cirijev, ki jih naš primerek ima. Primerek ima tudi veliko značilnosti družine Holocrinidae, vendar se od nje razlikuje po tem, da nima značilne sodčasto oblikovane čaše in zvezdasto oblikovanih posameznih elementov peclja. Za natančnejšo določitev bi bilo potrebno nabrati še posamezne izolirane dele čaš in pecljev. Predstavniki družin Dadocrinidae in Holocrinidae so pogosti predvsem v srednjetriasnih plasteh Evrope. Najpogostejše vrste iz družine Holocrinidae so *Holocrinus dubius*, *Holocrinus acutangulus*, *Holocrinus meyeri* in *Holocrinus doreckae*. Prvi primerki holocrinidnih morskih lilij se pojavijo že v spodnjem triasu (vrsta *Holocrinus smithi*), v zgornjetriasnih plasteh pa so našli tudi rod *Tollmannicrinus* (HAGDORN, 1995). Družini Dadocrinidae pripisujejo samo rod *Dadorcinus*, ki se pojavlja večinoma le v spodnjih delih srednjega triasa (anizij). Značilna vrsta *Dadorcinus gracilis* se pojavlja v anizijskih plasteh Italije in Poljske (HAGDORN, 1996, 1999). Posebno zanimiva so italijanska nahajališča Cava di Gesso in Monte Rove, kjer se ostanki morskih lilij množično pojavljajo. Poleg omenjene vrste sta bili opisani še *Dadorcinus kunischi* in *Dadorcinus grundeyi* (HAGDORN, 1996; LEFELD, 1958).



Primerjava čaš triasnih morskih lilij iz rodu *Dadocrinus* in *Holocrinus*. A. Primerek iz Horizonta Velike planine; B. *Dadocrinus gracilis*; C. *Dadocrinus grundeyi*; D. *Holocrinus wagneri*. Po LEFELD (1958) in MÜLLER (1966).

Comparison of calyces of crinoids belonging to the *Dadocrinus* and *Holocrinus* genera. A. Specimen found in the Velika planina Horizon; B. *Dadocrinus gracilis*; C. *Dadocrinus grundeyi*; D. *Holocrinus wagneri*. After LEFELD (1958) and MÜLLER (1966).



Čudovito ohranjena morska lilija (T-958), Horizont Velike planine, dolžina krone 9 mm.

Beautifully preserved crinoid (T-958), Velika planina Horizon, length of the crown 9 mm.



Čudovito ohranjena morska lilija (T-958), Horizont Velike planine, dolžina krone 9 mm.

Beautifully preserved crinoid (T-958), Velika planina Horizon, length of the crown 9 mm.

HAGDORN, H. 1995: Triassic crinoids. *Zbl. Geol. Paläont.*, 2 (1/2): 1–22.

HAGDORN, H. 1996: Palökologie der Trias-Seelilie *Dadocrinus*. *Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck*, 21: 18–38.

HAGDORN, H. 1999: Triassic Muschelkalk of Central Europe. V: Hess H., Ausich, W.I., Brett, C.E., Simms, M. J. (ured.): *Fossil Crinoids*. Cambridge University Press:164–176.

LEFELD, J. 1958: *Dadocrinus grundeyi* Langenhan (Crinoidea) v triasu. *Wierchowego Tatr. Acta Palaeontologica Polonica*, 3 (1): 59–74.

MÜLLER, A. H. 1966: *Lehrbuch der Paläozoologie, Invertebraten, Band 2*. Gustav Fischer Verlag, Jena.

Vodni plazilci (Sauropterygia) iz Horizonta Velike planine

Že ime Sauropterygia v latinskem prevodu pomeni kuščarje s plavutmi. Gre za zelo uspešno skupino vodnih plazilcev, ki so se pojavili na začetku triasa. Med zavropterigije prištevamo talatozavre (Thalattosauriformes), plakodote (Placodontia) in evzavropterigije

(Eusauropterygia). Med slednje prištevamo starejši red notozavrov (Nothosauroidea) in naprednejši red pleziozavrov (Plesiosauria). Za vsebino naše knjige je najpomembnejši red notozavrov, ki ga delimo še na podreda pahiplevrozavrov (Pachypleurosauria) in notozavrov v ožjem pomenu besede (Nothosauria) (CARROLL, 1988; BENTON, 2004). Vsem skupinam je skupna prilagoditev oplečja, tako



Okostje srednjetriasnega reptila iz rodu *Pachypleurosaurus* (po CARROLL, 1988).

Skeleton of the Middle Triassic reptile belonging to the *Pachypleurosaurus* genus (after CARROLL, 1988).



Prva najdba iz plasti Horizonta Velike planine je bilo vretence pahiplevrozavra (T-881).

First fossil find from the Velika planina Horizon was a pachypleurosaur vertebra (T-881).

da je le-to lahko podpiralo močne plavuti. Zavrtopterigiji so se razvili v zelo uspešno in raznoliko skupino v mezozoiku. Izumrli pa so ob koncu krede skupaj z dinosavri, pterozavri in mosazavri. Nekateri navdušenci menijo, da je Nessie iz jezera Loch Ness v Škotskem višavju zadnji preživeli plezozaver. Mit, ki privablja turiste in buri našo domišljijo (HARM-SWORTH, 2009), je tako eden izmed najslavnejših primerov kriptozoologije, ki se ukvarja z raziskovanjem živali, katerih obstoja znanost ne priznava.

Pahiplevrozavri (Pachypleurosauria)

Pahiplevrozavri so bili kuščarjem podobne živali, ki so bile prilagojene življenju v vodi. Bili so prvi zavrtopterigiji, ki so se pojavili na

začetku triasa, pred približno 245 milijoni let, tako da so bili prav pahiplevrozavri, ki smo jih našli v plasteh Horizonta Velike planine, verjetno eni izmed prvih zavrtopterigijev na Zemlji. Dosegali so velikosti od 20 cm do več kot meter v dolžino. Imeli so dolge vratove z majhno glavo, v plavuti preoblikovane noge in dolg rep. Glede na obliko navzven štrlečih koničastih zob sklepajo, da so se prehranjevali z ribami. V preteklosti so domnevali, da so tako kot današnje želve hodili na kopno in odlagali jajca. Najnovejše najdbe brejih primerkov vrste *Keichousaurus hui* pa so dokončno ovrgle te domneve in potrdile, da so bili pahiplevrozavri, tako kot ostali zavrtopterigiji, živorodni (CHENG *et al.*, 2004). Živorodnost jim je omogočala pomična medenica.

In prav prvi artikuliran primerek iz plasti Horizonta Velike planine (T-882) predstavlja sakralni del, ki najverjetneje pripada



Gastralije pahiplevrozavra (T-1030), Horizont Velike planine, dolžina 4 cm.

Gastralia of the pachypleurosaur (T-1030), Velika planina Horizon, length 4 cm.



Sakralni del pahipleurozavra (T-882), Horizont Velike planine, dolžina 9 cm.

Sacral region of a pachypleurosaur (T-882), Velika planina Horizon, length 9 cm.

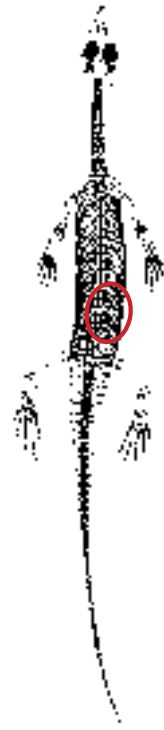
pahipleurozavru. V kosu debeloplastnatega bituminoznega apnenca so čudovito ohranjene, naravno izpreparirane artikulirane kosti, ki so vidne iz trebušne (ventralne) strani. Zanimivo svetlo modro barvo jim daje mineral vivianit. Dvoje sakralnih vretenc je v celoti ohranjenih, preostali dve sakralni vretenci pa skoraj v celoti (manjka le manjši del). V celoti je ohranjen vretenčni lok zadnjega dorzalnega vretenca in trn z delom vretenčnega loka predzadnjega vretenca. V celoti so ohranjena pripadajoča prva tri desna in zadnja tri leva sakralna rebra. Ohranjena je tudi polovica zadnjega levega sakralnega rebra ter proksimalna dela prvega desnega sakralnega rebra in zadnjega levega dorzalnega rebra. Predzadnje levo dorzalno rebro je le nakazano. Deloma so ohranjene leva in desna črevnica, leva sramnica in desna sednica.

Drugi primerek (T-1019) predstavlja del dorzalnega dela pahipleurozavra. Artikulirano okostje je bilo najdeno v tankoplastnatem

laminiranem bituminoznem apnencu in je vidno v dorzalni (hrbtni) legi. Ohranjena so tri dorzalna vretenca. V celoti ohranjena telesa vretenc so ločena od vretenčnih lokov, ki so ohranjena v slabih dveh tretjinah. Desna tri pripadajoča rebra so zdrobljena, a skoraj v celoti ohranjena. Leva pripadajoča rebra pa so ohranjena le v proksimalnem delu, največ do polovice. Ohranjenih je še nekaj kosti, med katerimi lahko prepoznamo dve distalni polovici reber. Ostalih kosti zaradi spremenjene lege, slabše ali delne ohranjenosti ni mogoče natančneje določiti.

Tretji primerek in zadnji primerek atrikuliranega dela okostja pahipleurozavra (T-1030) iz plasti Horizonta Velike planine je bil najden na majhnem koščku debeloplastnatega apnenca. Ohranjena je serija delno naravno izprepariranih gastralij. To so rebrom podobne kosti, ki so pokrivalo trebušni (spodnji, ventralni) del telesa. Njihova vloga je bila zaščita notranjih organov plazilca s trebušne strani.







Pahiplevrozaver iz plasti Horizonta Velike planine na začetku in po preparaciji (T-1019). Dolžina 11 cm.
Pachypleurosaur from the Velika planina Horizon before and after preparation (T-1019). Length 11 cm.



Koprolit (T-883), Horizont Velike planine, velikost 17 cm.

Coprolite (T-883), Velika planina Horizon, size 17 cm.

Poleg treh delov artikuliranih okostij so bili najdeni še številni izolirani deli kosti, predvsem rebra in vretenca. Med njimi je potrebno posebej izpostaviti primerek, ki na prvi pogled zglada kot kostna breča (T-883). Kostni so zelo zdrobljene, med njimi pa lahko prepoznamo dele vretenc, ki pripadajo pahipleurozavru. Po mnenju dr. Andrea Tintorija (specialista za triasne vretenčarje z milanske univerze) gre za koprolit. Ta verjetno ni v celoti ohranjen in meri 21 x 17 cm. Glede na velikost

pahipleurozavrovih kosti v koprolitu lahko sklepamo, da pripadajo vsaj meter dolgemu osebkju. Kateremu plenilcu pripada iztrebek, ni znano. Lahko bi šlo za večjega plazilca iz skupine zavropterygijev ali pa za velikega ihtiopterygija (*Ichthyopterygia*). Nedvomno pa je bila žival, ki se je prehranjevala z dober meter velikimi pahipleurozavri, pravi vladar morja. Upamo, da bomo z veliko mero sreče in vztrajnim delom v prihodnosti našli tudi njene ostanke.

BENTON, M. J. 2004: *Vertebrate Paleontology*, 3rd ed. Blackwell Science Ltd.

CARROLL, R. L. 1988: *Vertebrate Paleontology and Evolution*, WH Freeman & Co.

CHENG, Y., WU, X., JI, Q. 2004: Triassic marine reptiles gave birth to live young; *Nature*, 432: 383–386.

HARMSWORTH, A. G. 2009: Loch-ness.org says the Plesiosaur theory is »Without doubt (the) most popular candidate among monster believers and the press« (<http://www.loch-ness.org/candidates.html>).

Rekonstrukcija sedimentacijskega okolja

Biostratonomija proučuje procese od smrti do pokopa organizma in je del tafonomije, ki poleg biostratonomije obsega še procese fosilizacije. Na proces biostratonomije najbolj vplivajo razmere na meji sediment–voda. Biostratonomija predstavlja zato enega ključnih kriterijev pri rekonstrukciji sedimentacijskega okolja (TINTORI, 1992). Tafonomija vretenčarjev, še posebno rib, je zelo učinkovita in zanesljiva, saj je njihov skelet sestavljen iz velikega števila elementov, s tem pa je artikuliranost fosiliziranega skeleta v veliki meri povezana s sedimentacijskimi pogoji (TINTORI, 1992).

Med ribjimi ostanki iz Horizonta Velike planine število neartikuliranih (razpadlih) primerkov presega število artikuliranih (celih), zaradi česar lahko sklepamo na prevladujoče anaerobne pogoje. Našli smo tudi primerke, ki kažejo jasne znake usmerjenosti razpršenih ribjih ostankov. Zanj je značilna enaka orientacija podobnih elementov skeleta, ki jo lahko razložimo z občasnim transportom z morskimi tokovi (ELDER & SMITH, 1988). Popolnoma artikulirani ribji skeleti in odlično ohranjen primerki morske lilije so bili najdeni v plasteh, katerih različna barva in struktura sedimenta kažeta na epizode hitre sedimentacije in na anoksične razmere. Na razmere na meji sediment–voda so verjetno vplivali tudi morski tokovi, ki so imeli verjetno sezonski značaj. Na obdobja, ko je bilo na morskem dnu prisotnega več kisika, kažejo tudi najdbe školjk, pri katerih sta ohranjeni leva in desna lupina, po čemer lahko sklepamo, da niso bile prinesene in da so živele na mestu fosilizacije (*in situ*). Ko so se tokovi umirili, se je na morskem dnu in v globljih plasteh vodnega stolpca porabil ves kisik, zato so se vzpostavile anoksične razmere.

Glede na popolno odsotnost rastlinskih ostankov bi lahko sklepali, da so se plasti odlagale v večji oddaljenosti od obale. Na to kaže tudi popolna odsotnost fosilov v večjem delu Horizonta Velike planine. Ribe in plazilci oz. njihovi kadavri so tako priplavali iz

oddaljenih delov, preden so potonili na globoko morsko dno.

Prav neugodne anoksične razmere so bile tiste, ki so omogočile ohranitev artikuliranih okostij vretenčarjev. S kisikom bogata okolja poseljuje množica živali, ki živi na dnu

Stena iz ploščastih laminiranih do tankoplastnatih apnencev Horizonta Velike planine, ki so se odložili v intraplatformnem bazenu.

Rockwall composed of platy laminated to thinbedded limestones of the Velika planina Horizon that were deposited in an intraplatform basin.



ali v sedimentu. Te živali, ki jih s skupnim imenom imenujemo bentos, se prehranjujejo z organskimi ostanki in neprestano mešajo sediment. Zaradi tega se skeleti organizmov, kot so ribe in plazilci ne ohranijo v celoti. Prav zato so najdbe artikuliranih fosilnih okostij

vretenčarjev nekaj posebnega in redkega. Plasti Horizonta Velike planine v tem pogledu prav gotovo predstavljajo pravi zaklad v svetovnem merilu, saj podobna nahajališča iz srednjetriasnega obdobja lahko preštejemo na prste ene roke.

ELDER, R. L., Smith, G. R. 1988: Fish taphonomy and environmental inference in palolimnology. *Palaeogeogr. Palaeoclim. Palaeoecol.*, 62: 577–592.

TINTORI, A. 1992: Fish taphonomy and Triassic anoxic basins from the Alps: a case history. *Riv. It. Paleont. Strat.*, 97 (3-4): 393–408.







Strelovška formacija – triasni paleontološki zaklad

The Strelovec Formation – paleontological treasure from the Triassic

Visoko v pobočjih alpskih dolin Kamniško-Savinjskih Alp so med apnenca in dolomite ukleščene plasti belega dolomita in črnega apnenca z vonjem po nafti. To so plasti Strelovške formacije. V sebi skrivajo čudovito ohranjene fosile rakov, rib in plazilcev, ki spadajo med najlepše srednjetriasne fosile na svetu! Ob vedno novih odkritih nahajališčih in novih najdbah fosilov se zastavlja eno samo vprašanje. Kako je mogoče, da so v dosedanji slovenski geološki praksi te plasti, predvsem pa njihov paleontološki zaklad, ostale spregledane? V poljudnoznanstveni literaturi različni avtorji pogosto pišejo o slovenskih gorah in njihovi »triasni zgodbi«. Največkrat lahko preberemo o triasni tektoniki, karbonatnih platformah, megalodontidnih školjkah in Severni triglavski steni. Slovenskemu triasju je manjkala zgodba o spektakularnih plazilcih in ostalih nenavadnih živalih, ki so v zemeljskem srednjem veku vladali morju, zemlji in nebu in ki navdihujejo domišljijo ljudi. Toda zdaj ni več tako! V osrčju gora je bila odkrita velika skrivnost, za katero smo prepričani, da bo spremenila naš pogled in odnos do »triasne zgodbe« slovenskih Alp.

Na snežnem plazu pod plastmi Strelovške formacije v Robanovem kotu.

Walking on the snowslide below the Strelovec Formation beds in the Robanov kot Valley.

Stratigrfske značilnosti Strelovške formacije

Bogomir Celarc in Jure Žalohar

Stratigraphy of the Strelovec Formation

Above the Lower Anisian dolomites, the vertebrate rich Strelovec Formation was deposited. The Strelovec Formation represents a very distinct stratigraphic and/or lithologic reference in the investigated area of the Kamniško-Savinjske Alps. The outcrops of the Strelovec Formation are exposed in a wide area of the Kamniška Bistrica Valley, Robanov kot Valley, Logarska dolina Valley, and Matkov kot Valley. Recently, new outcrop was also found in the Krma Valley in the Julian Alps. The Strelovec Formation is composed of up to 60 meters thick succession of interchanging dark laminated bituminous limestone and bright laminated to thin bedded limestone. Locally, breccias and tuffs occur as well. Conodont analyses were negative. Therefore, the exact age of the Strelovec Formation is unclear. Based on the stratigraphic position above the Lower Anisian carbonates and below the Upper Anisian Contrin Formation, it could be of the Middle Anisian, probably Pelsonian age.

Preden se lotimo opisov čudovitih paleontoloških odkritij, moramo navesti nekaj geoloških in stratigrfskih podatkov. Nad plastmi Serlskega dolomita sledi pestro zaporedje klastičnih, vulkanoklastičnih in karbonatnih kamnin, ki so jim v starejši literaturi določali ladinjsko starost. Novejše raziskave (CELARC & GORIČAN, 2007) pa kažejo, da je precejšnji del tega zaporedja anizijske starosti. V tej knjigi smo zgornje-anizijsko in ladinjsko zaporedje nad Serlskim dolomitom razčlenili na Strelovško formacijo, Contrinsko formacijo, Ljubeljsko formacijo, Buchensteinsko formacijo, Ukovško brečo in apnenec tipa Pontebba. Zaradi izjemno raznolikih sedimentacijskih okolij so se podobne plasti na različnih mestih odlagale v različnih časovnih obdobjih. Na prostoru Kamniško-Savinjskih Alp so denimo plasti, ki jih vzporejamo z Buchensteinsko formacijo, zgornjeanizijske do spodnjeladinjske starosti, enake plasti v Južnih Karavankah pa so nekoliko mlajše, fassanske do langobardske starosti.

Nad plastmi Serlskega dolomita sledijo najprej pestre bazenske anizijske plasti Strelov-

ške formacije, ki predstavlja vodilni (markirni) horizont v celotnih Kamniško-Savinjskih Alpah. BAUER *et al.* (1982) postavljajo te plasti v ladinij in jih vzporejajo z Buchensteinsko formacijo, ki v večjem delu Južnih Alp sledi nad anizijskim dolomitom. GIANOLLA *et al.* (1998) ugotavljajo, da v celotnih Južnih Alpah ležijo bituminozni, črni, laminirani bazenski sedimenti na kamninah anizijskih karbonatnih platform. Sprememba sedimentacijskih pogojev naj bi se zgodila zaradi močnega pogrezanja ozemlja in dviga nivoja morske gladine. V Kamniško-Savinjskih Alpah so bazenske plasti Strelovške formacije starejše od ladinija in pripadajo verjetno srednjemu delu anizija (domnevno pelsonu). Na Strelovcu (1763 m) je Strelovška formacija razvita na največji površini, območje pa je tudi relativno lahko dostopno in primerno za raziskovanje. Sicer je na drugih mestih formacija bolj razgaljena, vendar pa je težje dostopna. V njej doslej nismo našli vodilnih fosilov.

Spodnjo mejo Strelovške formacije predstavlja normalni stik z anizijskimi dolomiti, zgornjo pa normalni stik s svetlimi masivnimi



Bogomir Celarc pri delu na izdanku Strelovške formacije v Robanovem kotu.

Bogomir Celarc at work on the Strelovška Formation outcrop in the Robanov kot Valley.

apnenci ali masivnimi dolomiti. Ponekod najdemo v njihovem spodnjem delu še do 20 m plastnatega dolomita, vendar pogosteje ležijo na masivnem dolomitu. Plasti se navzgor postopoma tanjšajo in so temnejše barve, apnenci postajajo bituminozni. Debelina formacije močno variira. Največjo debelino okoli 60 metrov dosežejo plasti Strelovške formacije na območju

Rjavčkega vrha, Strelovca in Robanovega kota, proti severu in vzhodu (Matkov kot, Jezersko) pa se mestoma tudi popolnoma izklinijo.

Strelovško formacijo zasledimo na zahodu na avstrijsko-slovenski meji na Matkovem sedlu. Še dlje proti zahodu se ponovno nadaljuje na slovenskem ozemlju severno od Babe in južno od Skubrovega vrha na Jezerskem, kjer

nad njo normalno leži keratofir na Štularjevi planini. Na vmesnem grebenu med Matkovim kotom in Logarsko dolino jo najdemo v zahodnem pobočju hriba Koran. Spet se plasti pokažejo na območju Rjavčkega vrha in ga diagonalno obkrožijo. Tu je njihova zgornja meja deloma narivna. Majhne izdanke najdemo še pod severno steno Ojstrice, kjer so plasti večinoma prekrite z melišči. Strelovško formacijo lahko ponovno sledimo zahodno od Krofičke; njena debelina se postopoma veča proti Strelovcu. Na pobočjih Strelovca zaradi vpada plasti vzporedno s pobočjem obsega največjo površino.

Formacija se spet prikaže v Robanovem kotu, od koder se vleče v nižjih delih ostenja Križevnika in se spusti v dolino Savinje. Spet se dvigne pod Raduho in jo lahko sledimo čez

vsa njena severozahodna pobočja. Strelovška formacija je zelo razširjena tudi v dolini Kamniške Bistrice, kjer jo najdemo na številnih mestih. Triasno zaporedje je tam namreč večkrat ponovljeno. Plasti izdanjajo tudi visoko v pečinah Kalške gore in Kalškega grebena na kokrški strani, saj v grapah nad Suhadolnikom najdemo navaljene številne kose kamnin teh plasti. Izdanek Strelovške formacije smo opazovali tudi v soteski pod Malo Babo nad Jezerskim, kjer so plasti močno pretrte, nagubane in ukleščene ob prelomih.

Veliko presenečenje pa je letošnje odkritje teh plasti v Julijskih Alpah. Našli smo jih v zatrepu doline Krme, kjer so razvite popolnoma enako kot v Kamniško-Savinjskih Alpah. Takšen razvoj nedvomno dokazuje, da je bil prostor današnjih Julijskih Alp takrat del istega

Plasti Strelovške formacije na Strelovcu.

Beds of the Strelovška Formation on Mt Strelovec.





Fossil ribe iz rodu *Eosemionotus* iz najbogatejših plasti z ribami v Strelovški formaciji.

Fish of the genus *Eosemionotus* from the richest beds with fish fossils in the Strelovec Formation.





Matija Križnar na izdanku Strelovške formacije.

Matija Križnar on the outcrop of the Strelavec Formation.

sedimentacijskega okolja kot prostor Kamniško-Savinjskih Alp. Mogoče je, da se v Julijskih Alpah plasti Strelovške formacije pojavljajo tudi drugod, vendar jih doslej še nismo sistematično iskali.

Strelovška formacija predstavlja menjavanje bituminoznih ploščastih apnencev in dolomitov, laporovcev in glinavcev. Vmes se ponekod pojavljajo horizonti, tanke plasti ali pa samo lamine zelenih tufov »pietra verde«. Ponekod

najdemo vmes debelejšje plasti svetlejše-ga dolomita, vendar je ne glede na to njihova glavna in prepoznavna značilnost temna (črna) barva in ploščasti izgled kamnin. Za Strelovško formacijo so značilne sinsedimentacijske tekture, ki so razvite v obliki zdrsnih gub (*slumpov*) in budinažev. Drugod so razviti erozijski kanali, tako da se na kratko razdaljo spreminja debelina posameznih plasti, tanjše pa se tudi izklinijo.

BAUER, K. F., CERNY, I., EXNER, C., HOLZER, H. L., HUSEN, D. V., LOESCHKE, J., SUETTE, G., TESSENHOFN, F. 1982: Geologischen karte der Karawanken 1: 25.000, Ostteil.-Geologische Bundesanstalt, Wien.

CELARC, B., GORIČAN, Š. 2007: Diferenciran razpad anizijske (ilirske) karbonatne platforme v Julijskih Alpah (Prisojnik) in Kamniško-Savinjskih Alpah (Križevnik). Reports, 18th Meeting of Slovenian Geologists, 18: 11–15.

GIANOLLA, P., DE ZANCHE, V., MIETTO, P. 1998: Triassic Sequence Stratigraphy in the Southern Alps (Northern Italy): Defenition of Sequences and Basin Evolution. Mesozoic and Cenozoic Sequence Stratigraphy of European Basins, SEPM Special Publication, 60: 719–747.

Nevretenčarji (Invertebrates) Strelovske formacije

Matija Križnar in Tomaž Hitij

Invertebrates of the Strelovec Formation

Within the Strelovec Formation, several fossil sites have been discovered, all rich in vertebrate and invertebrate fossils. Among the invertebrates, mollusks, ammonites, echinoids, crinoids, ophiuroids, arthropods, crustaceans, and brachiopods were found. The most characteristic invertebrate fossils are small, approximately 8 mm long brachiopods. Individually or in groups, bivalves of the genus *Gruenewaldia* can be found. However, the most abundant are bivalves of the genus *Gervilleia*, which occur in the upper part of the Strelovec Formation in the Kamniška Bistrica Valley. The gastropods are rare, however, they can occur locally in large numbers. One of the most unexpected finds was the discovery of a Brittlestar bed in the Kamniška Bistrica Valley. The ophiuroids belong to the *Aspiduriella* genus and appear in large numbers together with rare crinoid plates. The next exceptional find was the discovery of Xiphosura specimen, which probably belongs to the genus *Limulitella* or *Psammolimulus*. Among crustaceans, two different genera were found. The first are several well preserved specimens of the genus *Schimperella*. The second is a single well preserved front half of a crab belonging to the Palinuridae family, most likely to the *Archaeopalunurus* genus. Amongst the arthropods, a very rare unusual group of animals named Thylacocephala were also discovered on a single fossil site in the Kamniška Bistrica Valley. Two specimens of thylacocephalan arthropods belong to the *Microcaris minuta*, while the third specimen remains undetermined.

In the Strelovec Formation, plant remains are almost absent. We have found only a few poorly preserved *Voltzia* remains. These are more common only in Mt Rjavički vrh.

V plasteh Strelovske formacije so izjemno bogata nahajališča anizijskih vretenčarjev, predvsem rib in morskih plazilcev. Pojavljajo pa se tudi drugi fosili, kot so polži in školjke, ostvarji, raki, ramenonožci, morski ježki, morske lilije in kačjerepi ter redki rastlinski ostanki. Med najznačilnejšimi fosili so drobni, približno 8 mm veliki ramenonožci s hitinskim ogrodjem. Njihove ostanke smo našli na številnih mestih, kjer izdanjajo plasti Strelovske formacije. Posamezno ali v manjših skupinah se pojavljajo školjke iz rodu *Gruenewaldia*. Najpogostejše najdbe pa so školjke iz rodu *Gervilleia*, ki se množično pojavljajo v zgornjem delu Strelovske formacije v Kamniški Bistrici, kjer so skoraj kamnotvorne. Najdbe školjk

in polžev so sicer redke in so vezane le na določene plasti.

Kačjerepi (Ophiuroidea)

Odkritje plasti s fosilnimi kačjerepi v dolini Kamniške Bistrice je bilo eno izmed večjih presenečenj. Kačjerepi so sestavljeni iz številnih drobnih kalcitnih ploščic, ki jih povezuje mehko vezivno tkivo, zato se zelo redko dobro ohranijo. Fosilni kačjerepi se pojavljajo bodisi posamezno ali pa v velikih nakopičenjih, ki jih imenujejo tudi plasti s kačjerepi. Za te plasti je značilno, da vsebujejo običajno le ostanke kačjerepov ene vrste, ki



Nahajališče s kačjerepi v dolini Kamniške Bistrice. S številko 19 je označena plast s kačjerepi.

Site with ophiuroid fossils in the Kamniška Bistrica Valley. Ophiuroids were found in bed no. 19.

so zelo dobro ohranjeni (RADWAŃSKI, 2002), le redko pa jih spremlja druga favna. Pri naših raziskavah smo odkrili plast, bogato z ostanki kačjerepov. Dobro ohranjeni primerki ležijo med številnimi kalcitnimi ploščicami kačjerepov, katerih telesa so razpadla. Izkopana je bila dober kvadratni meter velika plošča, na kateri lahko vidimo tudi do 6 v celoti ohranjenih kačjerepov na 1 dm² (T-985). Med njimi se pojavljajo tudi ostanki pecljev morskih lilij. Nekateri primerki kačjerepov so obrnjeni z ustno odprtino navzgor, kar nakazuje na šibke tokove, ki so prenašali telesa. Več podatkov o

nastanku oziroma tafonomiji plasti s srednjetriasnimi kačjerepi bomo izvedeli, ko bodo dokončani vsi preparatorski posegi. Ostanki kačjerepov najverjetneje pripadajo rodu *Aspiduriella*. Za ta rod so značilne močne ploščice diska in dokaj kratki kraki. Premer diska je od 5 do 6 mm, kraki pa so dolgi približno 12 mm. Dimenzije primerkov se dobro ujemajo s kačjerepi vrste *Aspiduriella ludeni* iz nekaterih poljskih nahajališč (RADWAŃSKI, 2002; SALAMON & BOCZAROWSKI, 2003). Rodu *Aspiduriella* pripada sedem doslej znanih vrst, med katerimi sta najpogostejši *Aspiduriella*



Kačjerepi iz rodu *Aspiduriella* (T-985), Strelovska formacija, velikost 25 mm.

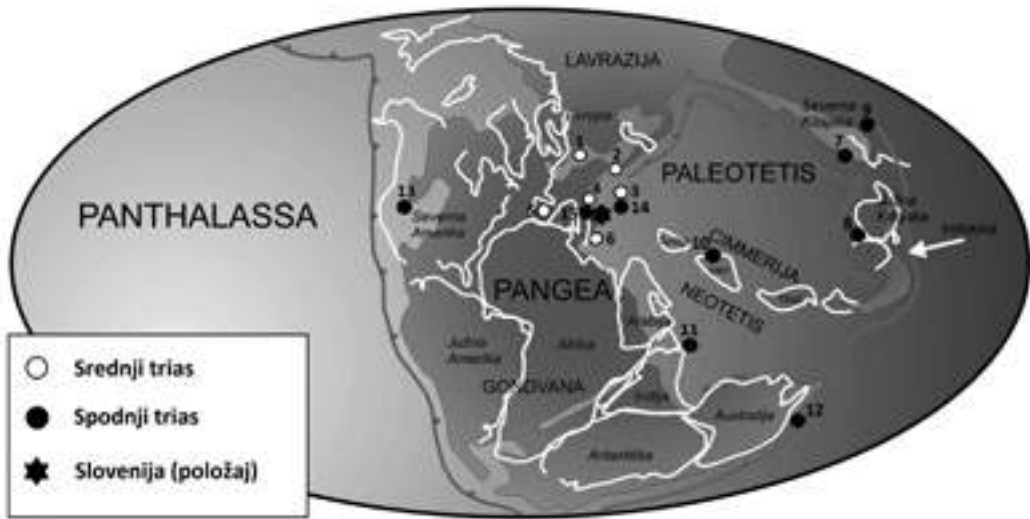
Ophiuroids of the *Aspiduriella* genus (T-985), Strelovec Formation, size 25 mm.

ludeni in *Aspiduriella scutellata*, medtem ko so ostale vrste opisane na podlagi enega samega primerka. Zanimivo je, da se obe vrsti pojavljata v germanskem triasu (Muschelkalk), preostale pa so iz alpskega triasa.

Med drugimi rodovi triasnih kačjerepov lahko omenimo še rod *Ophiomusium* (z vrsto *Ophiomusium simile*), ki pa je manjša in ima premer diska le okoli 2 mm. Nekoliko večji so primerki iz rodu *Arenorbis*, ki se od rodu *Aspiduriella* razlikujejo po obliki diska in krakov. Velike diske imajo tudi primerki iz rodu *Ophioderma*, saj dosežejo okoli 22 mm in so jih našli v Nemčiji in na Poljskem (RADWAŃSKI, 2002). HESS (1965) je opravil pregled vseh triasnih kačjerepov in nekatere rodove tudi revidiral. Pri stratigrafski razvrstitvi posameznih vrst triasnih kačjerepov je opaziti, da je pogostost

pojavljanja velika le v srednjem triasu (anizij, ladinij) in najmlajšem delu zgornjega triasa (retij), medtem ko se v zgornjem triasu, karniju in noriju pojavljajo izredno redko (BROGLIO LORIGA & CAVICCHI, 1969). Šele najnovejše raziskave nekaterih kitajskih nahajališč razkrivajo, da se pojavi večje število vrst kačjerepov v olenekiju (CHEN & McNAMARA, 2006), prehod med permom in triasom pa preživi samo nekaj paleozojskih vrst.

V Sloveniji smo do sedaj poznali ostanke kačjerepov iz spodnjetriasnih plasti v Polhograjskem hribovju (CIMERMAN, 1987) in okolici Ledin, med Idrijo in Žirni (RAMOVŠ & VELIKONJA, 1992), kjer se pojavljajo množično v eni sami plasti. Očitno je ta plast nastala v podobnem okolju kot plast s kačjerepi v Kamniški Bistrici.



Paleogeografska karta srednjega triasa (po SCOTSE, 2001) z označenimi nahajališči kačjerepov (Ophiuroidea) iz spodnjega in srednjega triasa: 1. Nemčija, 2. Poljska, 3. in 14. Madžarska, 4. in 15. Italija, 5. Španija, 6. Črna gora, 7. Severna Kitajska, 8. Južna Kitajska, 9. Japonska, 10. Iran, 11. Pakistan, 12. Avstralija in 13. ZDA. Slovenija je označena z zvezdico. Povzeto po TWITCHETT *et al.* (2005), BACHMAYER & KOLLMANN (1968), RADWAŃSKI (2002) in CHEN & MCNAMARA (2005).

Paleogeographic map of the Middle Triassic Earth (after Scotese, 2001) illustrating paleogeographic position of the fossil sites where ophiuroids (Ophiuroidea) were found in the Lower and Middle Triassic beds: 1. Germany, 2. Poland, 3. and 14. Hungary, 4. and 15. Italy, 5. Spain, 6. Montenegro, 7. Northern China, 8. Southern China, 9. Japan, 10. Iran, 11. Pakistan, 12. Australia, and 13. USA. Slovenia is marked with a star. After TWITCHETT *et al.* (2005), BACHMAYER & KOLLMANN (1968), RADWAŃSKI (2002), and CHEN & MCNAMARA (2005).

BACHMAYER, F., KOLLMANN, H. A. 1968: Ein Ophiure aus der Trias Jugoslawiens. Ann. Naturhistor. Museum Wien, 72: 645–648.

BROGLIO LORIGA, C., CAVICCHI, A. B. 1969: *Praeaplocoma hessi* n.gen., n.sp., un'ofiura del werfeniano (trias inferiore) del Gruppo della Costabella, Dolomiti. Memorie Geopaleontologiche dell'Universit. di Ferrara, 2 (2): 185–197.

CHEN, Z. Q., MCNAMARA, K. J. 2006: End-Permian extinction and subsequent recovery of the Ophiuroidea (Echinodermata). Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 236 (3-4), 321–334.

CIMERMAN, F. 1987: Okamneli kačjerep prvič najden pri nas. Proteus, 50:89–90.

HESS, H. 1965: Trias-Ophiuren aus Deutschland, England, Italien und Spanien. Mitt. Bayer. Staatssamml. Paläont. hist. Geol., 5: 151–177.

RADWAŃSKI, A. 2002: Triassic brittlestar beds of Poland: a case of *Aspiduriella ludeni* (V. Hagenow, 1846) and *Arenorbis squamosus* (E. Picard, 1858). Acta Geologica Polonica, 52 (4): 395–410.

RAMOVŠ, A., VELIKONJA, G. 1992: Nova najdba fosilnih kačjerepov v Sloveniji. Proteus, 55: 148–50.

SALAMON, M. A., BOCZAROWSKI, A. 2003: The first record of *Aspiduriella* (Ophiuroidea) in the Upper Muschelkalk of Poland. Geological Quarterly, 47 (3): 307–310.

SCOTSE, C. R. 2001: Atlas of Earth History, Volume 1, Paleogeography. PALEOMAP Project, Arlington, 52 p.

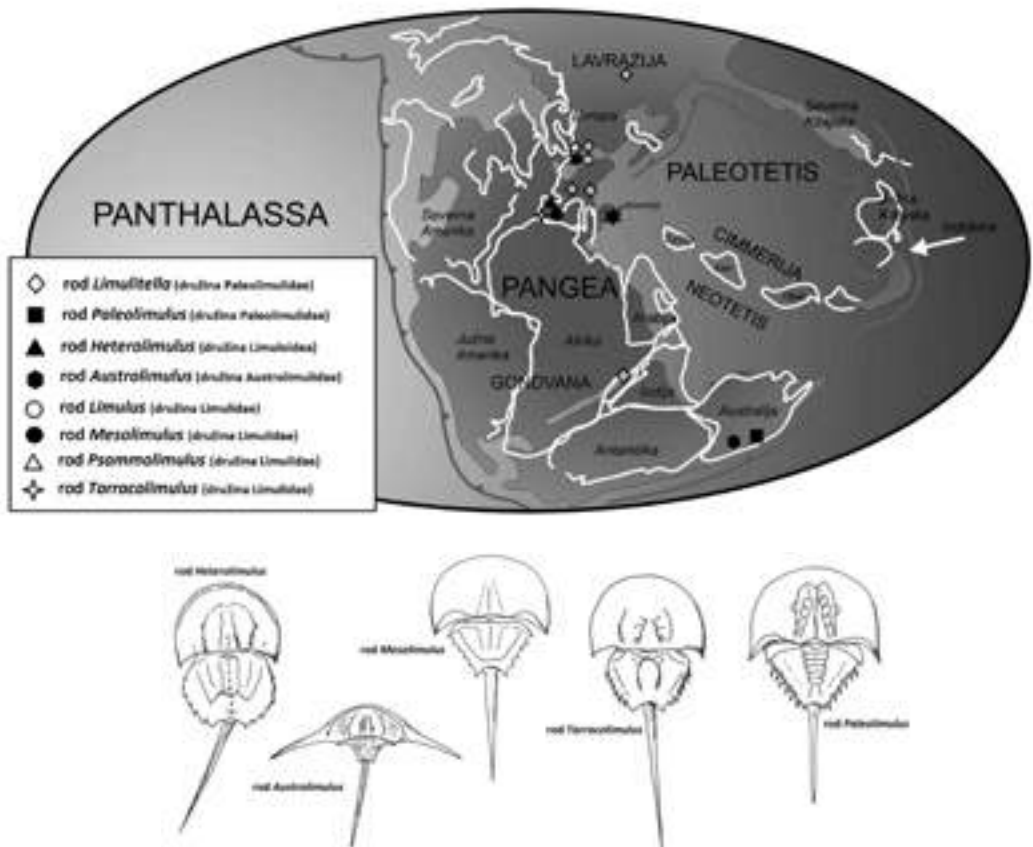
TWITCHETT, R., FEINBERG, J. A., O'CONNOR, D. D., ALVAREZ, W., MCCOLLUM, L. B. 2005: Early Triassic Ophiuroids: Their Paleocology, Taphonomy, and Distribution. Palaios, 20 (3): 213–223.

Ostvarji (Limulidae)

Najdba ostvarja v srednjetriasnih plasteh Kamniško-Savinjskih Alp pomeni velik prispevek k slovenski paleontologiji. Gre za prvo najdbo ostvarja v Sloveniji (T-993). Kljub slabši ohranjenosti so na plošči bituminoznega tankoploščatega apnenca lepo vidne nekatere glavne značilnosti ostvarjev. Primerek ima polkrožno prosomo (glavni ščit), ki se proti zadnji strani zaključuje s krajšima konicama. Celotna širina prosome je 28 mm, dolžina pa

okoli 20 mm. Zadek (abdomen ali opistosoma) je približno enako dolg kot telzon (repna konica). Celotni primerek meri v dolžino približno 50 mm. Ostale značilnosti našega triasnega ostvarja pa žal zaradi slabe ohranjenosti niso razvidne.

Ohranjenost ostvarja vsekakor ni zadovoljiva, a je s tafonomskega stališča razvidno, da je po odmrtnju ostal nedotaknjen. Telesa ostvarjev so dokaj odporna na razpad. Ob odmrtnju najprej odpadejo noge in razpadejo škrge, nato se odmakne telzon, šele v zadnji fazi pa se



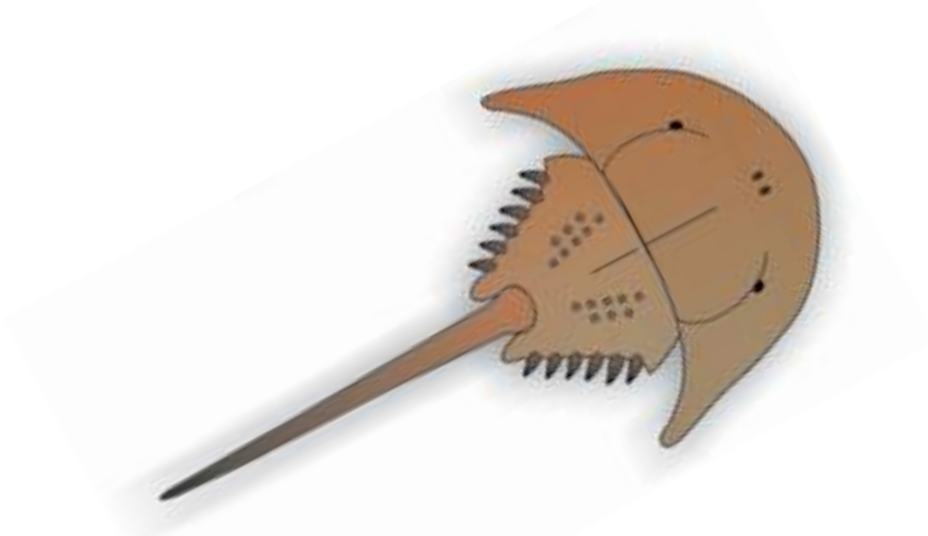
Paleogeografska karta srednjega triasa (po SCOTSE, 2001) z vrisanimi nahajališči triasnih ostvarjev (Merostomata) in nekaterimi ostvarji. Slovenija je označena z zvezdico. Povzeto po VIA (1987), ROMERO & VAI BOADA (1977), RIEK (1967) in DUNLOP *et al.* (2010).

Paleogeographic map of the Middle Triassic Earth (after SCOTSE, 2001) illustrating paleogeographic position of the fossil sites where Xiphosura (Merostomata) and some other horseshoe crabs were found. Slovenia is marked by a star. After VIA (1987), ROMERO & VAI BOADA (1977), RIEK (1967), and DUNLOP *et al.* (2010).



Prvi slovenski ostvar (T-993), Strelovška formacija, dolžina 50 mm.

First Xiphosura fossil from Slovenia (T-993), Strelovec Formation, length 50 mm.



Poenostavljena rekonstrukcija ostvarja iz Strelovške formacije.

Simplified reconstruction of Xiphosura from the Strelovec Formation.

ločita prosoma in opistosoma (BABCOCK *et al.*, 2000). Naš primerek je bil verjetno hitro pokrit s sedimentom, saj so glavni deli nedotaknjeni. V času triasa je živel okoli osem različnih rodov ostvarjev: *Limulitella*, *Paleolimulus*, *Heterolimulus*, *Austrolimulus*, *Limulus*, *Mesolimulus*, *Psammolimulus* in *Tarracolimulus* (ROMERO & VIA BOADA, 1977; DUNLOP *et al.*, 2010). Za taksonomsko določitev so pomembni morfološki znaki, kot je oblika šiva na prosomi, velikost konic na prosomi, velikost primerka in druge značilnosti. Glede na velikost bi naš primerek lahko uvrstili v rod *Limulitella* ali *Psammolimulus*, vsi ostali rodovi so namreč veliko večji. Rod *Limulitella* (družina Paleolimulidae) je bil zelo pogost v srednjetriasnih plasteh osrednje Evrope in Rusije. Posebno pogosti so primerki vrste *Limulitella bronni*, ki so jih odkrili v Nemčiji in Franciji (VIA, 1987; PFANNENSTIEL, 1928). Vrste rodu *Limulitella*

so običajno majhne in dosežejo dolžino okoli 60 mm. Imajo kratke konice na prosomi z nekoliko daljšim telzonom. V rod *Psammolimulus* je uvrščena samo ena vrsta *Psammolimulus gottingensis*, ki je bila opisana v okolici nemškega mesta Göttingen (MEISCHNER, 1962; VIA, 1987). Ta je zelo pogosta, saj so odkrili preko sto primerkov in je zato dobro raziskana. Ostvarji *Psammolimulus gottingensis* so veliki okoli 45 mm in imajo močne konice na prosomi in opistosomi, medtem ko je telzon manjši.

Naš primerek bi glede na obliko pripisali rodu *Limulitella*, a je njegova dimenzija manjša. Po velikosti se ujema z rodom *Psammolimulus*, toda na ostanku ni vidnih značilnih konic. Mogoče bomo ob nadaljevanju raziskav teh plasti odkrili nove, bolj ohranjene ostanke ostvarjev, ki bodo pomagali razvozlati tudi to skrivnost.

-
- BABCOCK, L. E., MERRIAM, D. F., WEST, R. R. 2000: *Paleolimulus*, an early limuline (Xiphosurida), from Pennsylvanian–Permian Lagerstätten of Kansas and taphonomic comparison with modern *Limulus*. *Lethaia*, 33: 129–141.
- DUNLOP, J. A., PENNEY, D., JEKEL, D. 2010: A summary list of fossil spiders and their relatives. V: Platnick, N. I. (ured.) *The world spider catalog*, version 11.0 American Museum of Natural History (<http://research.amnh.org/entomology/spiders/catalog/index.htm>).
- MEISCHNER, K.-D. 1962: Neue Funde von *Psammolimulus gottingensis* (Merostomata, Xiphosura) aus dem Mittleren Buntsandstein von Göttingen. *Paläontologische Zeitschrift*, 36 (1), 185–193.
- PFANNENSTIEL, M. 1928: Eine Jugendform von *Limulus Bronni* aus dem Plattensandstein Badens. *Centralblatt für Mineral. Geol. und Paläont.*, B: 536–549.
- ROMERO, A., VIA BOADA, L. 1977: *Tarracolimulus rieki*, nov. gen., nov. sp., nuevo limulido del Triásico de Montral-Alcover (Tarragona). *Cuadernos de Geología Ibérica*, 4: 239–246.
- VIA, L. 1987: Arthropodos fosiles Triasicos de Alcover-Montral. II. Limulidos. *Cuadernos Geologia Iberica*, 11: 281–282.
- SCOTSESE, C. R. 2001: *Atlas of Earth History, Volume 1, Paleogeography*. PALEOMAP Project, Arlington, 52 p.

Dekapodni raki (Decapoda)

Raki so poznani že od zgodnjega kambrija. Delimo jih v štiri razrede, ki združujejo paleontološko pomembne ostrakode (Ostracoda) in bolj poznane višje razvite rake deseteronožce (red Decapoda) ter rakovice (podred Brachyura). Izmed triasnih višjih rakov (Malacostraca) so pogosti predstavniki rodu *Schimperella*, z današnjim kozicam podobnim telesom, ter rodovi *Dusa*, *Antrimpos*, *Glyphea* in *Archaeopalunurus*, ki so naseljevali mnoga triasna morja.

Enega izmed bolje ohranjenih dekapodnih rakov predstavlja ostanek sprednjega dela karapaksa (zunanjega skeleta) v dolžini okoli 16 mm s proksimalnim delom močnih tipalk in slabo ohranjenim zadkom (T-998). Tipalke so značilno sestavljene iz posameznih segmentov.

Rostrum (zadek) ima osem vidnih trnov in je ukrivljen, kar pa je lahko tudi posledica deformacije med fosilizacijo, saj je primerek močno stisnjen. Na ostanku so se ohranili tudi deli prednjih nožic, medtem ko klešče niso ohranjene. Glede na obliko rostruma in tipalk (antene) opisani rak pripada družini Palinuridae, verjetno rodu *Archaeopalunurus*. Predstavnike tega rodu so našli tudi v zgornje-triasnih plasteh Italije (DALLA VECHIA, 1993; GARASSINO & TERUZZI, 1993; GARASSINO *et al.*, 1996), kjer je zelo pogosta vrsta *Archaeopalunurus levis*.

V plasteh Strelovške formacije so dokaj pogosti tudi ostanki višjih rakov iz družine Eucopiidae, od katerih je eden odlično ohranjen. Najbolje ohranjeni primerek (T-834 in T-835) ima vidne vse segmente (karapaks in zadek z repom). Dolžina celotnega primerka je okoli



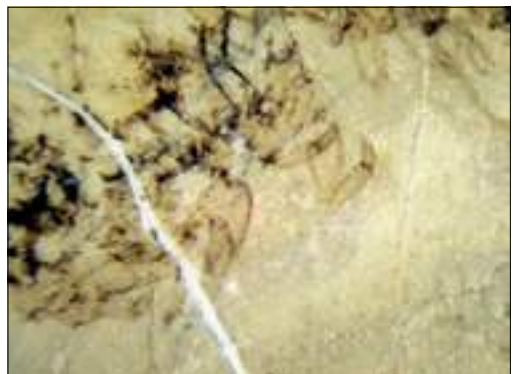
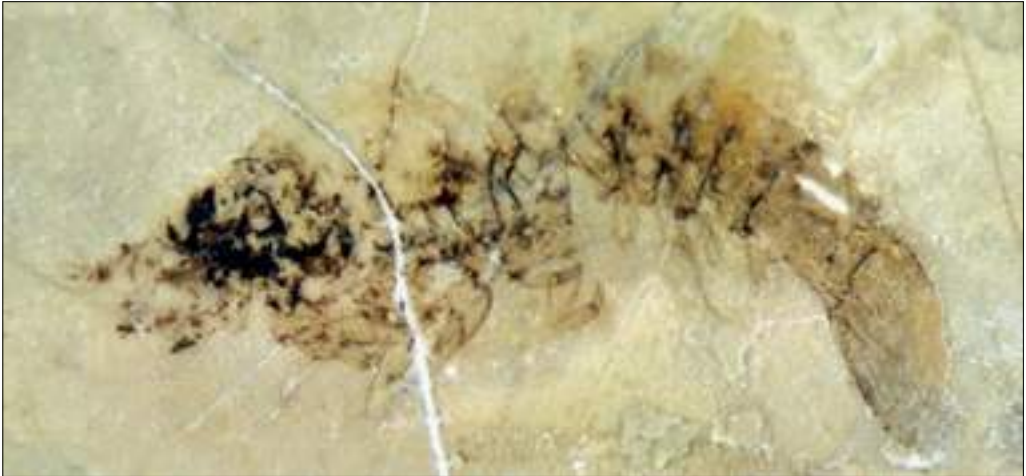
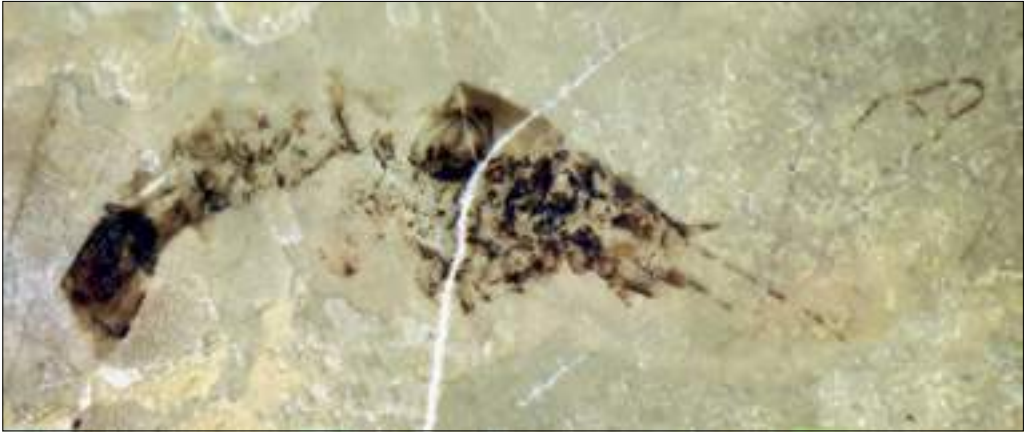
Rak iz družine Palinuridea (T-998), Strelovška formacija, dolžina karapaksa 16 mm.

A crab belonging to the Palinuridea family (T-998), Strelovec Formation, length of carapax 16 mm.

22 mm. Zadek je sestavljen iz šestih segmentov, od katerih je zadnji najdaljši, in repa z najdaljšimi zunanji uropodiji, telzon pa je zakrit. Lepo so vidne prednje nožice (pereiopodiji). Zadnje nožice (pleopodiji) zadka so tudi ohranjene, a nekoliko slabše vidne. Karapaks je enostaven z neizrazitim rostrumom. Tipalke so zelo dobro vidne. Najbolje so ohranjene v proksimalnem delu. Sestavljene so iz številnih drobnih segmentov. Njihova dolžina verjetno ne presega dolžine telesa. Podobno obliko telesa in tipalk ima tudi drugi primerek, ki pa je slabše ohranjen (T-1037). Na ostanku so vidni prednji del telesa s fragmenti tipalk, del karapaksa in del zadka. Opisana ostanka pripadeta rodu *Schimperella*, saj so oblika nožic, segmentov zadka in oblika repa značilne za ta rod. Rod *Schimperella* se množično pojavlja na nekaterih italijanskih (LARGHI & TINTORI,

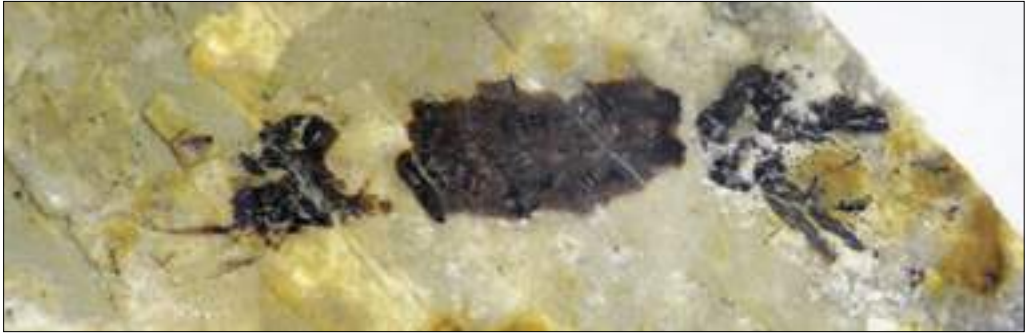
2007) in kitajskih (TAYLOR *et al.*, 2001) nahajališčih triasnih fosilov, kjer so našli več tisoč primerkov. Čeprav so njihovi ostanki pogosti, pa do sedaj poznamo le tri vrste: *Schimperella beneckii*, *Schimperella kessleri* in *Schimperella acanthocercus*. Prvi dve sta bili najdeni v srednetriasnih plasteh Francije (GALL & GRAUVOGEL-STAMM, 2005; TAYLOR *et al.*, 2001), natančneje v anizijskih plasteh »Grès à Voltzia« formacije, tretja pa v srednetriasnih plasteh (Falang formacija) osrednje Kitajske (TAYLOR *et al.*, 2001). Rodu *Schimperella* je zelo podoben rod *Eucoxia*, ki živi še danes v vseh svetovnih oceanih (TAYLOR *et al.*, 2001). Našli smo še en primerek raka z deli nožic in tipalk (T-1038), ki so verjetno ohranjene v ribjem koproplitu, ter primerek z ohranjenimi distalnimi deli nožic (T-1015). Najverjetneje tudi ta dva primerka pripadata rodu *Schimperella*.





Pozitiv in negativ zelo lepo ohranjenega raka iz rodu *Schimperella*. Spodnji dve sliki prikazujeta lepo vidne tipalke in prednji del karapaksa (spodaj levo) in nožice (spodaj desno) (T-834 in T-835). Strelovška formacija, dolžina telesa 22 mm.

Positive and negative of a beautifully preserved crab belonging to the *Schimperella* genus. The two photos below show clearly visible tentacles and the front part of the carapax (left below), and small legs (right below) (T-834 in T-835). Strelovec Formation, body length 22 mm.



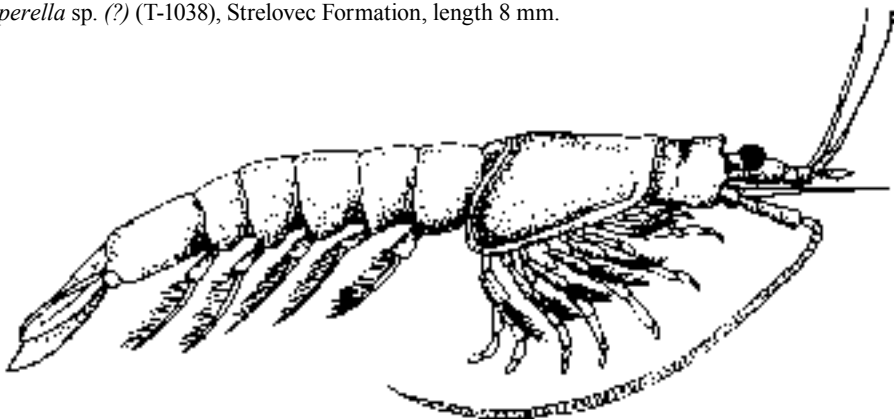
Schimperella sp. (T-1037), Strelovska formacija, dolžina 17 mm.

Schimperella sp. (T-1037), Strelovec Formation, length 17 mm



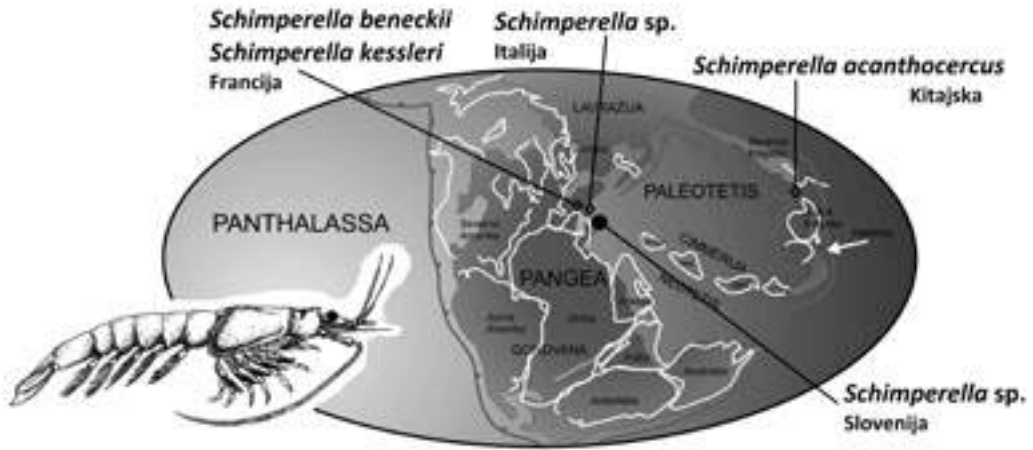
Schimperella sp. (?) (T-1038), Strelovska formacija, dolžina 8 mm.

Schimperella sp. (?) (T-1038), Strelovec Formation, length 8 mm.



Schimperella beneckii (po MALARODA, 1990).

Schimperella beneckii (after MALARODA, 1990).



Razširjenost posameznih vrst rodu *Schimperella* (družina Eucopiidae) prikazana na paleogeografski karti srednjega triasa. Povzeto po LARGHI & TINTORI (2007) in TAYLOR *et al.* (2001). Paleogeografska karta po SCOTese (2001).

Geographic distribution of various species belonging to the *Schimperella* genus (Eucopiidae family), illustrated on paleogeographic map of the Middle Triassic Earth. After LARGHI & TINTORI (2007) and TAYLOR *et al.* (2001). Paleogeographic map after SCOTese (2001).

- DALLA VECCHIA F.M. 1993: Segnalazione di crostacei nell'Unità Fonte Santa (Triassico sup.) presso Filetino (Lazio, Italia). Gortania - Atti del Museo Friulano di Storia Naturale, 14, 59–69.
- GALL J.-C., GRAUVOGEL - STAMM, L. 2005: The early Middle Triassic 'Grès à Voltzia' Formation of eastern France: a model of environmental refugium. Comptes Rendus Palevol, 4 (6-7): 637–652.
- GARASSINO, A., TERUZZI, G. 1993: A new decapod crustacean assemblage from the Upper Triassic of Lombardy (N. Italy). Paleontologia Lombarda (n. s.), 1: 27.
- GARASSINO, A., TERUZZI, G., DALLA VECCHIA, F.M. 1996: The macruran decapod crustaceans of the Dolomia di Forni (Norian, Upper Triassic) of Carnia (Udine, NE Italy). Atti della Società Italiana di Scienze Naturali e del Museo Civico di Storia Naturale di Milano, 136: 15–60.
- LARGHI, C., TINTORI, A. 2007: First record of a decapod from the Meride Limestone: new data from one of the best Ladinian (Middle Triassic) taphonomic windows of a transiotal environment. Memorie della Società Italiana di Scienze Naturali e del Museo Civico di Storia Naturale di Milano, 35 (2): 68–69.
- MALARODA, R. 1990: Paleontologia: Paleontologia sistematica: Invertebrati. Edizioni Cedam, 635 p.
- SCOTese, C. R. 2001: Atlas of Earth History, Volume 1, Paleogeography. PALEOMAP Project, Arlington, 52 p.
- TAYLOR, R. S., SCHRAM, F. R., YAN-BIN S. 2001: A new upper Middle Triassic shrimp (Crustacea: Lophogastrida) from Guizhou, China, with discussion regarding other fossil »Mysidaceans«. Journal of Paleontology, 75(2): 310–318.

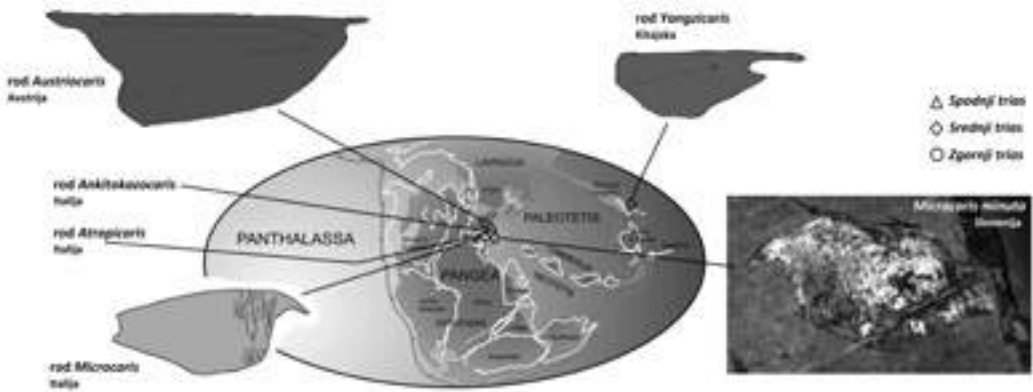
Tilakocefalni raki (Thylacocephala)

Dokaj neznani in že izumrli so členonožci iz skupine tilakocefalnih rakov (Thylacocephala). Njihovo telo je sestavljeno iz oklepa (karapaksa), ki pokriva ostale dele telesa in po obliki spominja na vrečko ali mošnjicek (grško - thylacos). Izpod tega običajno štrlijo samo velike oči in majhne nožice. Ti zanimivi raki, ki spominjajo na bitja iz vesolja, so se pojavili že v paleozoiku in izumrli šele v zgornji kredi. Gre za izjemno redke rake, kajti znanih je le malo njihovih najdb po vsem svetu. Natančen taksonomski položaj tilakocefalnih rakov še danes ni popolnoma znan, vendar jih večina paleontologov (na primer PINNA *et al.*, 1982; MARTIN & DAVIS, 2001) uvršča med rake (Crustacea). Do danes je poznanih okoli 22 rodov tilakocefalnih rakov (VANNIER *et al.*, 2006), med njimi jih je bilo pet odkritih v triasnih plasteh v Italiji, Avstriji in na Kitajskem.

Ostanke tilakocefalnih rakov smo našli le na enem nahajališču v Kamniški Bistrici. Odkrili

smo tri primerke, od katerih sta dva zelo dobro ohranjena. Prvi primerek (T-1020) ima dolžino karapaksa okoli 25 mm in višino 14 mm. Prednji del karapaksa je podaljšan v rostrum (anteriorni rostrum), ki pa se zaradi preloma kamnine ni ohranil. Zadnji del karapaksa je prav tako podaljšan z manjšim rostrumom (posteriorni rostrum). Zgornji rob karapaksa je rahlo izbočen, spodnji rob pa je trebušaste oblike. Očesni lok na prednjem delu je velik in polkrožen. Površina karapaksa je ravna in brez večjih brazd ali izrastkov. Oblika in dimenzije karapaksa zelo spominjajo na rod *Ostenocaris*, ki je bil opisan iz spodnjejurskih plasti nahajališča Osteno v Italiji (PINNA *et al.*, 1985).

Drugemu rodu pa pripadata ostala dva ostanka tilakocefalnih rakov. Večji ostanek karapaksa (T-1031) meri v dolžino približno 15 mm, ohranjen pa je samo delno. Oblika karapaksa in rostrumov ni razvidna, opazna pa je s prečnimi brazdami razbrazdana površina.



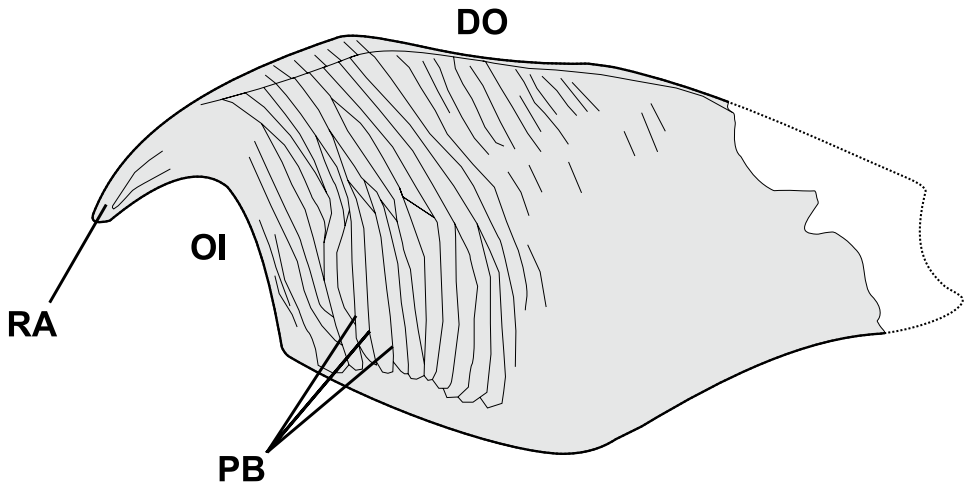
Razširjenost triasnih rodov tilakocefalnih rakov (Thylacocephala) na paleogeografski karti srednjega triasa. Povzeto po VANNIER *et al.* (2006), DALLA VECCHIA (1993), GLAESSNER (1931), PINNA (1976) in SHEN (1983). Paleogeografska karta po SCOTESE (2001).

Geographic distribution of Triassic thylacocephalan arthropods (Thylacocephala), illustrated on the paleogeographic map of the Middle Triassic Earth. After VANNIER *et al.* (2006), DALLA VECCHIA (1993), GLAESSNER (1931), PINNA (1976) and SHEN (1983). Paleogeographic map after SCOTESE (2001).



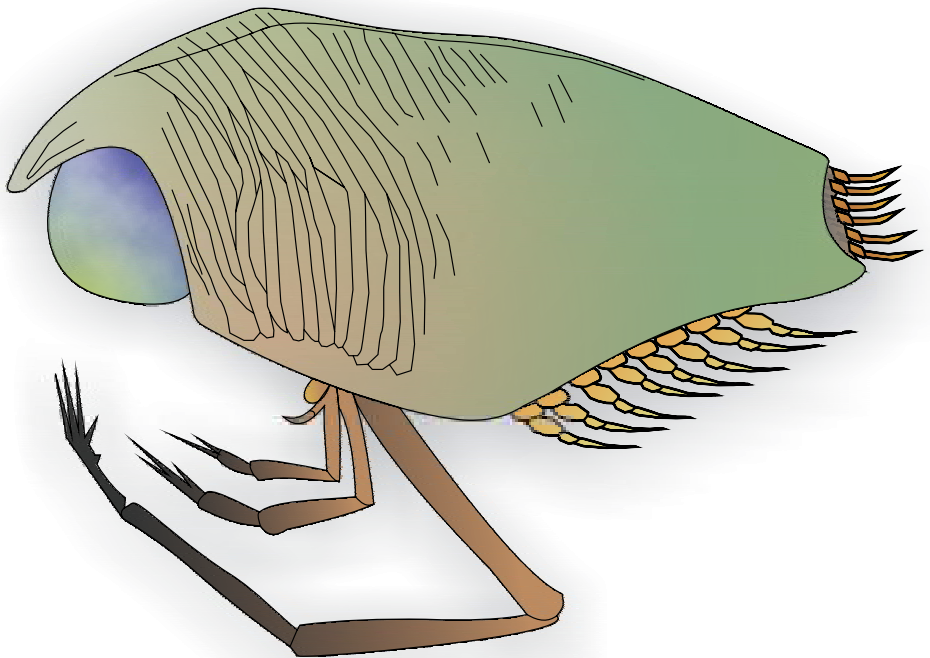
Tilakocefalni rak *Microcaris minuta* (T-1021), Strelovška formacija, dolžina karapaksa 12 mm.

Thylacocephalan arthropod *Microcaris minuta* (T-1021),
Strelovec Formation, length of the carapax 12 mm.



Skica tilakocefalnega raka *Microcaris minuta* (T-1021). Okrajšave: RA – prednji rostrum, DO – zgornji (dorzalni) rob, OI – očesni lok, PB – prečne brazde na karapaksu.

Sketch of the thylacocephalan arthropod *Microcaris minuta* (T-1021). Abbreviations: RA – front rostrum, DO – upper (dorsal) edge, OI – eye arc, PB – transverse wrinkles on the carapax.



Poenostavljena rekonstrukcija tilakocefalnega raka *Microcaris minuta* iz Strelovske formacije.

Simplified reconstruction of thylacocephalan arthropod *Microcaris minuta* from the Strelovec Formation.



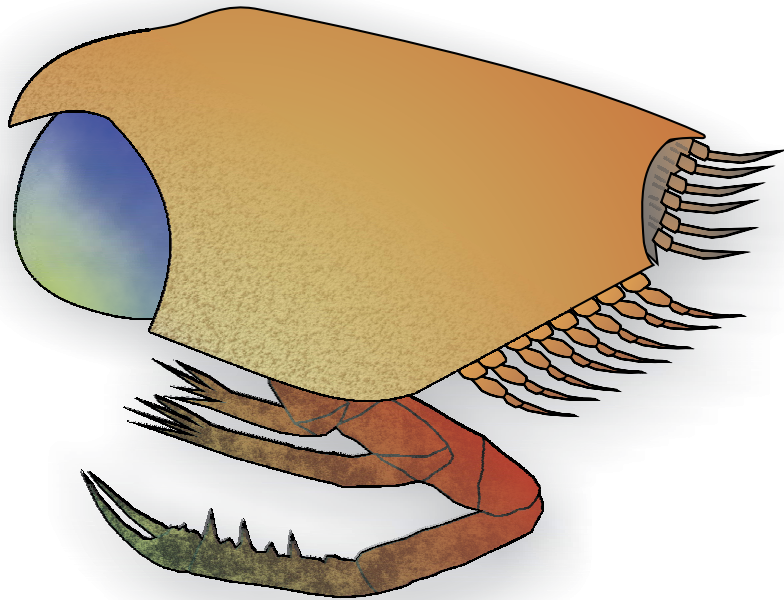
Nedoločen ostanek tilakocefalnega raka (T-1020), Strelovška formacija, dolžina karapaksa 25 mm.

Undetermined remain of a thylacocephalan arthropod (T-1020), Strelovec Formation, length of the carapax 25 mm.

Bolje je ohranjen manjši primerek (T-1021), ki mu manjka le zadnji del karapaksa. Prednji del ima značilni rostrum in meri v dolžino okoli 12 mm. Oblika, dimenzije in razbrazdana površina karapaksa ta primerek zanesljivo uvrščajo v rod *Microcaris*. DALLA VECCHIA & MUSCIO (1990) iz zgornjetriasnih plasti severne Italije in (DALLA VECCHIA, 1993) iz

okolice mesta Lazio opisujeta vrsto *Microcaris minuta*. Oblika karapaksa in dimenzije 10 - 17 mm se ujemajo z našim primerkom.

Celotna združba rakov iz srednjetriasnih plasti nad Kamniško Bistrico je ena najbogatejših v svetovnem merilu. Tukaj smo prvič v Sloveniji našli tilakocefalne rake in dekapodne rake iz rodu *Schimperella*.



Poenostavljena rekonstrukcija tilakocefalnega raka iz Strelóvske formacije.

Simplified reconstruction of thylacocephalan arthropod from the Strelóvec Formation.

- DALLA VECCHIA, F. M. 1993: Segnalazione di crostacei nell'Unità Fonte Santa (Triassico sup.) presso Filetino (Lazio, Italia). *Gortania - Atti del Museo Friulano di Storia Naturale*, 14: 59–69.
- DALLA VECCHIA, F. M., MUSCIO, G. 1990: Occurrence of Thylacocephala (Arthropoda, Crustacea) from the Upper Triassic of Carnic Prealps (N. E. Italy). *Bollettino della Società Paleontologica Italiana* 29 (1): 39–42.
- GLAESSNER, M. F. 1931: Eine Crustaceen fauna aus den Lunzer Schichten Niederösterreichs. *Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt.*, 81: 467–486.
- MARTIN, J. W., DAVIS, G. E. 2001: An updated Classification of the Recent Crustacea. *Contribution in Science (Natural History Museum of Los Angeles County)*, 39: 1–132.
- PINNA, G. 1976: I Crostacei Triassici dell' alta Valvestino (Brescia). *Natura Bresciana*. 13: 33–37.
- PINNA, G., ARDUINI, P., PESARINI, C., TERUZZI, G. 1982: Thylacocephala: una nuova classe di crostacei fossili. *Atti Della Società Italiana Di Scienze Naturali e del Museo Civico di Storia Naturale di Milano*, 123: 469–482.
- PINNA, G., ARDUINI, P., PESARINI, C., TERUZZI, G. 1985: Some controversial aspects of the morphology and anatomy of *Ostenocaris cypriformis* (Crustacea, Thylacocephala). *Transactions of the Royal Society of Edinburgh, Earth Science*, 76: 373–379.
- SCOTESE, C. R. 2001: Atlas of Earth History, Volume 1, Paleogeography. PALEOMAP Project, Arlington, 52 p.
- SHEN, Y.-B. 1983: A new genus *Yangzicaris* (phyllocarids) in the Middle Triassic of China. *Acta Palaeontologica Sinica*, 22: 346–352.
- VANNIER, J., CHEN, J.-Y., HUANG, D.-Y., CHARBONNIER, S., WANG, X.-Q. 2006: The Early Cambrian origin of thylacocephalan arthropods. *Acta Palaeontologica Polonica*, 51 (2): 201–214.

Ribe Strelovške formacije

Tomaž Hitij in Andrea Tintori

Fishes of the Strelovec Formation

In addition to invertebrates, the Strelovec Formation also proved to be very rich in vertebrate fossils. Among fishes, the genus *Eosemionotus* is the most abundant, followed by the genera *Habroichthys*, *Placopleurus*, *Saurichthys*, and the early neopterigians probably close to semionotiform (*?Furo* and *?Sangiorgioichthys*). Among them, a fish that probably belongs to the genus *Ctenognathichthys* was also found. Locally, *Eosemionotus* specimens can be found in large numbers on single bedding planes (possibly mass mortality events). Numerous very well preserved fish remains are certainly the most important and remarkable fossils from the Kamniško-Savinjske Alps. New fish specimens are being found regularly during each new visit to the outcrops of the Strelovec Formation, therefore new interesting finds are expected within the ongoing field research.



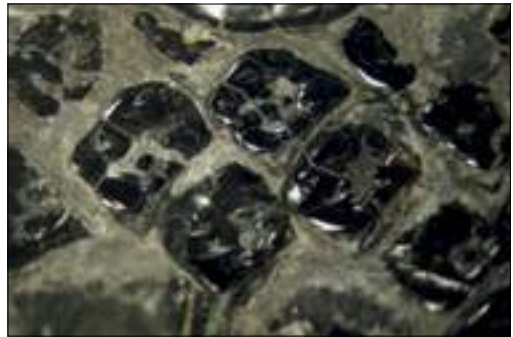
Fosili rib iz Strelovske formacije spadajo med najpomembnejše triasne najdbe v Kamniško-Savinjskih Alpah. Najdenih jih je bilo že preko sto primerkov. Njihova največja posebnost in paleontološka vrednost pa je v tem, da so večinoma odlično ohranjene. Fosili rib se pojavljajo tako v svetlem tanko- do debeloplastnatem dolomitu, ki tvori spodnji del Strelovske formacije, kot tudi v tankoplastnatem bituminznem apnencu, ki se nahaja v njenem zgornjem delu. Največ rib iz Strelovske formacije pripada rodu *Eosemionotus*. Zelo pogoste so tudi najdbe rib iz rodov *Habroichthys*, *Saurichthys* in *Placopleurus*. V svetlem tanko- do debeloplastnatem dolomitu prevladujejo ribe, ki verjetno spadajo v rod *Furo* in v rod *Sangiorgioichthys* in jih v bituminoznem tankoplastnatem apnencu še nismo uspeli najti. Najden je bil tudi en primerek večje ribe, ki verjetno

pripada rodu *Ctenognathichthys* (T-1025). Večinoma prevladujejo rodovi majhnih rib. V današnjih ekosistemih je veliko število majhnih rib značilno predvsem za tropske koralne grebene, ki so strukturno najkompleksnejši morski sistemi (CHOAT & BELLWOOD, 1991). Primarni habitati najdenih triasnih rib so bile najverjetneje karbonatne platforme ob robu velikega anoksičnega bazena, v katerem so se odlagale plasti Strelovske formacije. Ribe so tako na karbonatnih platformah skupaj z nevretenčarji in morskimi plazilci tvorile zelo kompleksne ekosisteme, ki jih lahko primerjamo z današnjimi koralnimi grebeni. Primerki, ki jih lahko najdemo v plasteh Strelovske formacije, so najverjetneje zašli, se selili z enega dela na drug del karbonatne platforme ali pa so njihove kadavre v anoksični bazen, kjer so se odlagale plasti Strelovske formacije, prinesli morski tokovi.



Na poti proti zgornjemu delu nahajališča v plasteh Strelovske formacije v pobočju nad dolino Kamniške Bistrice.

Breaking the ice to reach the upper part of the fossil site in the beds of Strelovec Formation above the Kamniška Bistrice Valley.



Riba, ki verjetno pripada rodu *Ctenognathichthys* (T-1025). Telo pokrivajo zelo zanimivo oblikovane luske, Strelovska formacija, dolžina 140 mm.

A fish probably belonging to the genus *Ctenognathichthys* (T-1025), Strelovec Formation, length 140 mm.

Rod *Habroichthys*

Ribe iz rodu *Habroichthys* so bile v srednjem triasu razširjene na celotnem območju Tetide. Gre za rod zelo majhnih, le okoli 2 cm velikih brezzobih rib vretenaste oblike z značilno luskevostjo. Na vsaki strani jim je skoraj celotno telo pokrivala le ena vrsta visokih lusk. Zadnja luska v vrsti je bila za ta rod značilne trikotne

oblike. Čeprav je imel močan oklep iz lusk, je bil *Habroichthys* verjetno dober plavalec, ki je plaval v velikih jatah. Prehranjeval se je verjetno z zelo drobnim plavajočim plenom (BÜRGIN, 1992).

V plasteh Strelovske formacije se rod *Habroichthys* dokaj pogosto pojavlja. Glede na raven



Rekonstrukcija ribe iz rodu *Habroichthys*. Risba: Matija Križnar.

Reconstruction of a fish belonging to the *Habroichthys* genus. Drawing: Matija Križnar.



Habroichthys sp. (T-853), Strelovska formacija, dolžina 17 mm.

Habroichthys sp. (T-853), Strelovec Formation, length 17 mm.

potek pobočnice, ki je potekala skozi majhne kanale v luskah, sklepamo, da gre za nove vrste. V primerjavi z najdbami na drugih svetovnih nahajališčih so naši primerki tega rodu presenetljivo dobro ohranjeni. Najpogosteje

najdemo skelete z luskami, izredno tanke in občutljive kosti glave pa vremenski vplivi hitro uničijo. Rod se pojavlja v temnem tankoplastnem bituminznem apnencu ter tudi v svetlem tankoplastnem dolomitu.



Habroichthys sp. (T-813), Strelovska formacija, dolžina 13 mm.

Habroichthys sp. (T-813), Strelovec Formation, length 13 mm.



Ribi iz rodu *Habroichthys* (po BÜRGIN, 1992).

Fish of the *Habroichthys* genus (after BÜRGIN, 1992).

Rod *Placopleurus*

Ribe iz rodu *Placopleurus* so bile majhne, velike slabih 5 cm in vretenaste oblike. Rod je poznan iz srednjega triasa Italije, Švice, Španije in jugovzhodne Kitajske ter iz zgornjega triasa Avstrije in Italije. Skoraj dve tretjini telesa jim

je pokrivala vrsta visokih lusk, ki so okrašene z vzdolžnimi črtami, značilnimi za ta rod. Ribe iz rodu *Placopleurus* so bile srednje dobri plavalci. Živele so v jatah in so se prehranjevale z majhnimi nevretenčarji (BÜRGIN, 1992).

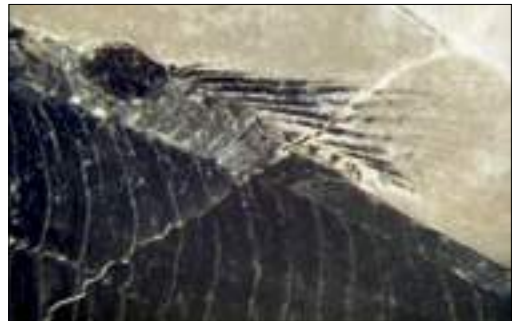


Placopleurus sp. (T-994), Strelovska formacija, dolžina 33 mm.

Placopleurus sp. (T-994), Strelovec Formation, length 33 mm.

V plasteh Streluške formacije se *Placopleurus* pojavlja nekoliko redkeje od rib rodu *Habroichthys*. Primerki, ki smo jih našli, so večinoma odlično ohranjeni. Eden je še posebej

zanimiv, saj na zadnjem delu telesa nima lusk. Vidno je notranje okostje, kar je v svetovnem merilu velika redkost pri triasnih ribah.



Placopleurus sp. (T-899), Streluška formacija, dolžina 27 mm.

Placopleurus sp. (T-899), Strelavec Formation, length 27 mm.

Rod *Eosemionotus*

Eosemionotus je rod majhnih, nekoliko okroglih, dobrih 5 cm velikih rib, ki so posejemale tako zahodne kot vzhodne dele Tetide.

V začetku 20. stoletja je prve primerke iz srednjetriasnih plasti Nemčije opisal Karl von Fritsch (FRITSCH, 1906). Fosile iz rodu *Eosemionotus* so našli še v srednjetriasnih plasteh Švice, Italije, Nizozemske, Španije in južne



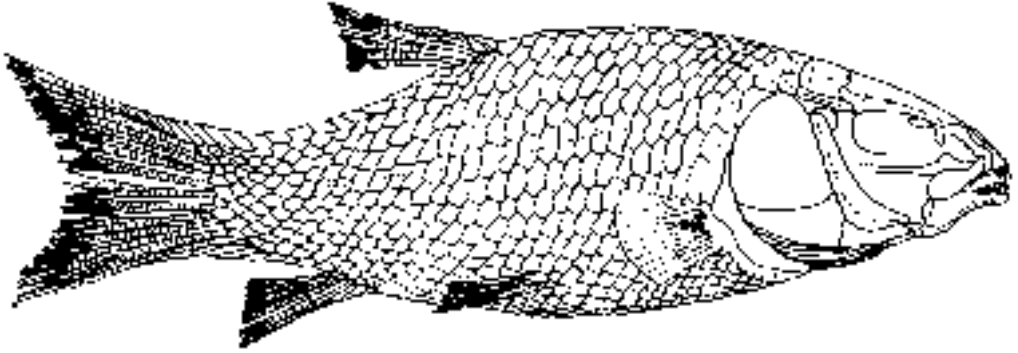
Paleogeografska karta srednjega triasa (po SCOTSE, 2001) z vrisanimi nahajališči rib iz rodu *Eosemionotus*. Prirejeno po SCHULTZE & MÖLLER (1986) in BÜRGIN (2004).

Paleogeographic map of the Middle Triassic Earth (after SCOTSE, 2001) with marked position of the fossil sites where fishes belonging to the *Eosemionotus* genus were found. After SCHULTZE & MÖLLER (1986) and BÜRGIN (2004).



Eosemionotus sp. (T-1015), Strelovska formacija, dolžina 70 mm.

Eosemionotus sp. (T-1015), Strelovec Formation, length 70 mm.



Riba iz rodu *Eosemionotus* (po BÜRGIN, 2004).

Fish of the *Eosemionotus* genus (after BÜRGIN, 2004).



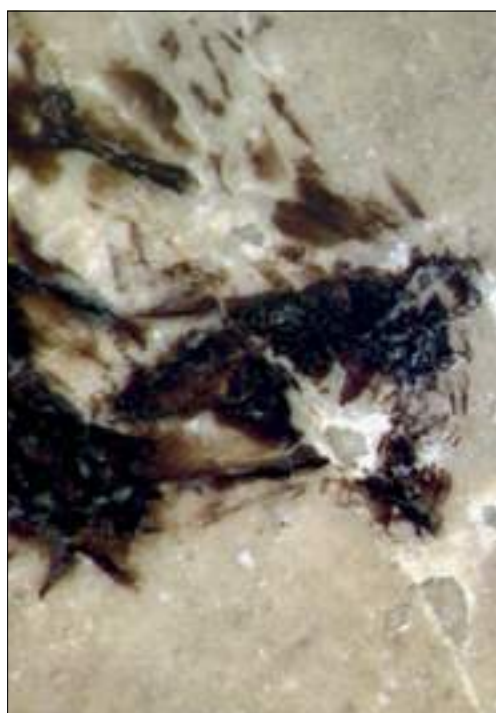
Fosilna riba iz rodu *Eosemionotus* na plošči laminiranega glinavca nad dolino Kamniške Bistrice.

Fossil fish of the *Eosemionotus* genus on the plate of laminated claystone found above the Kamniška Bistrica Valley.



Riba iz rodu *Eosemionotus* (T-1039), Robanov kot, Strelovska formacija, dolžina 70 mm.

Fish of the *Eosemionotus* genus (T-1039), Robanov kot Valley, Strelovec Formation, length 70 mm.



Glava ribe iz rodu *Eosemionotus* (T-1040), Strelovska formacija, dolžina glave 8 mm.

The head belonging to the *Eosemionotus* sp. (T-1040), Strelovec Formation, length of the head 8 mm.

Kitajske (BÜRGIN, 2004; SUN *et al.*, 2009; TINTORI *et al.*, v tisku). Posebnost tega rodu je nenavadno zobovje, ki ga sestavlja serija podolgovatih, naprej usmerjenih, svinčnikom podobnih zob tako na medčeljustnici kot na spodnji čeljusti. Glede na obliko zobovja domnevajo, da se je *Eosemionotus* prehranjeval s pobiranjem in trganjem drobnih nevretenčarjev. Oblika zob in čeljustnega aparata, ki je bil prilagojen pritrjenemu ali počasi se premikajočemu plenu, ter oblika telesa in plavuti nakazujejo na razmeroma dobro okretnost in življenje v strukturiranem življenjskem okolju (BÜRGIN, 2004). *Eosemionotus* je najštevilčnejša riba iz Strelovske formacije. V istih plasteh se pojavljajo tako juvenilni kot odrasli primerki. Najpogostejši je v bituminoznem tankoplastnatem apnencu, medtem ko je v tankoplastnatem dolomitu redkejši. Razlika med *eosemionotusi* v bituminoznem tankoplastnatem apnencu in tistimi v tankoplastnatem dolomitu je poleg števila tudi v njihovi velikosti. V tankoplastnatem dolomitu so tudi za 2 cm večji od primerkov v bituminoznem tankoplastnatem apnencu, ki dosegajo velikost do 5 cm. Zato sklepamo, da je v plasteh Strelovske formacije prisotnih več različnih vrst rodu *Eosemionotus*. Med

raziskovanjem smo našli tudi več primerkov v isti plasti (plast z množičnim poginom), kar nakazuje, da so *eosemionotusi* živeli v jatah. To jim omogočalo večjo varnost pred plenilci, kot so bili vodni plazilci ali večje ribe. Našli smo tudi čudovit primerek mlade ribe iz rodu *Saurichthys*, ki ima v trebuhu še neprebavljen mlad primerek *eosemionotusa* (T-1013).

Mladi *eosemionotusi* so bili tako plen mladih zavrihtisov, kar je verjetno veljalo tudi za odrasle primerke. Ne glede na številčnost obeh rodov in znano plenilsko naravo zavrihtisov nam najdba mladega *eosemionotusa* v trebuhu zavrihtisa daje prav poseben in redek vpogled v vedenje in medsebojna razmerja med različnimi rodovi triasnih rib.



Mlad primerek iz rodu *Eosemionotus* (T-845), Strelovska formacija, dolžina 25 mm.

Juvenile specimen of the *Eosemionotus* genus (T-845), Strelovec Formation, length 25 mm.



Eosemionotus sp. (T-986), Strelovska formacija, dolžina 40 mm.

Eosemionotus sp. (T-986), Strelovec Formation, length 40 mm.

Rod *Saurichthys*

Ime *Saurichthys* v prevodu pomeni riba kuščar. Nedvomno so ime dobili zaradi svoje posebne zelo ozke in dolge oblike. Ti hidrodinamično oblikovani plenilci so zrastle tudi več kot meter v dolžino. Imeli so dolgo glavo z ozkimi koničasto oblikovanimi čeljustmi, ki je predstavljala velik del celotne dolžine telesa. Čeljusti so bile bogato posejane z zobmi, katerih oblika in velikost je bila prilagojena vrsti plena, za katerega se je posamezna vrsta specializirala. Za razliko od večine žarkoplavutaric niso bili pokriti z debelim oklepom iz lusk, ker bi jih le-te ovirale pri plavanju. Njihovo telo je pokrivalo majhno število tankih in ozkih lusk, ki po obliki močno spominjajo na rebra. Hrbtna in analna plavut sta bili močno pomaknjeni nazaj v smeri proti simetričnemu repu. Bili so zelo

močni in hitri plavalci. Domnevajo, da so ribe lovili iz zasede (RIEPEL, 1985). Njihovo dolgo in ozko telo je delovalo kot napeta vzmet. Bili so prava nočna mora za svoj plen, ki so ga zgrabili s sunkovitim gibom.

Rod *Saurichthys* se je pojavil že v začetku in izumrl ob koncu triasa. Na njegovo veliko uspešnost kaže izjemna paleogeografska razširjenost. Njihove ostanke so našli v plasteh od spodnjega triasa do zgornjega triasa po vsem svetu, tako na severni polobli (Kanada, Grenlandija, Spitzbergi, Nemčija, Avstrija, Italija, Španija, Turčija, Nepal in Kitajska) kot tudi na južni polobli (Južna Afrika, Malagasi, Madagaskar in Avstralija) (BELTAN & TINTORI, 1980). *Saurichthys* je bil prilagojen morskemu in tudi sladkovodnemu okolju (GRIFFITH, 1978).



Rekonstrukcija plenilske ribe iz rodu *Saurichthys* na lovu za ribami iz rodu *Eosemionotus*. Risba: Jano Milkovič.

Reconstruction of the predator fish *Saurichthys* hunting for *Eosemionotus*. Drawing: Jano Milkovič.

Za rod *Saurichthys* je značilna izjemna raznolikost in veliko število vrst, ki so se prilagodile različnim okoljem in ekološkim nišam. Za vrsto *Saurichthys costasquamosus* sta značilni krajši in močnejši čeljusti z velikimi zobmi, ki prekinjajo serijo manjših zob. Zobje in čeljusti kažejo na prilagoditev

prehranjevanju z večjim in močnejšim plenom. Primerke, ki verjetno pripadajo tej zelo razširjeni vrsti, smo našli tudi v plasteh Strelovške formacije. Mednje spada tudi prej opisani juvenilni primerek z *Eosemionotus* v trebuhu. V plasteh Strelovške formacije nam je uspelo najti tudi številne primerke drugih



Fosil ribe iz rodu *Saurichthys*. V trebuhu je viden njen zadnji plen, riba iz rodu *Eosemionotus* (T-1013). Strelovška formacija, dolžina 140 mm.

Saurichthys sp. with its last prey *Eosemionotus* sp. in its belly (T-1013). Strelovec Formation, length 140 mm.

vrst tega rodu. Nekateri imajo zelo dolge in ozke čeljusti s številnimi drobnimi zobmi, kar nakazuje na prehrano z manjšim bolj izmuzljivim plenom. Najdbe odlično ohranjenih juvenilnih primerkov so zelo pogoste. Nekoliko redkeje pa so najdbe odraslih primerkov. Doslej smo našli relativno dobro

ohranjeno lobanjo odraslega osebka le v Robanovem kotu (T-1000). Dolga je kar 14 cm.

Raznolikost vrst rib iz rodu *Saurichthys* je v plasteh Strelovške formacije velika. Sklepamo lahko, da so ribe iz rodu *Saurichthys* poseljevale zelo kompleksno življenjsko okolje, kjer so si posamezne vrste izborile svoje ekološke niše.





Glava ribe iz rodu *Saurichthys* (T-931), Strelovska formacija, dolžina 20 mm.
Head belonging to the fish of the genus *Saurichthys* (T-931), Strelovec Formation, length 20 mm.



Saurichthys sp. (T-846), Strelovska formacija, dolžina 120 mm.
Saurichthys sp. (T-846), Strelovec Formation, length 120 mm.



Glava ribe iz rodu *Saurichthys* (T-1000), Strelovška formacija, dolžina 140 mm.

Head belonging to the fish of the genus *Saurichthys* (T-1000), Strelovec Formation, length 140 mm.



Saurichthys sp. (T-995), Strelovška formacija, dolžina 55 mm.

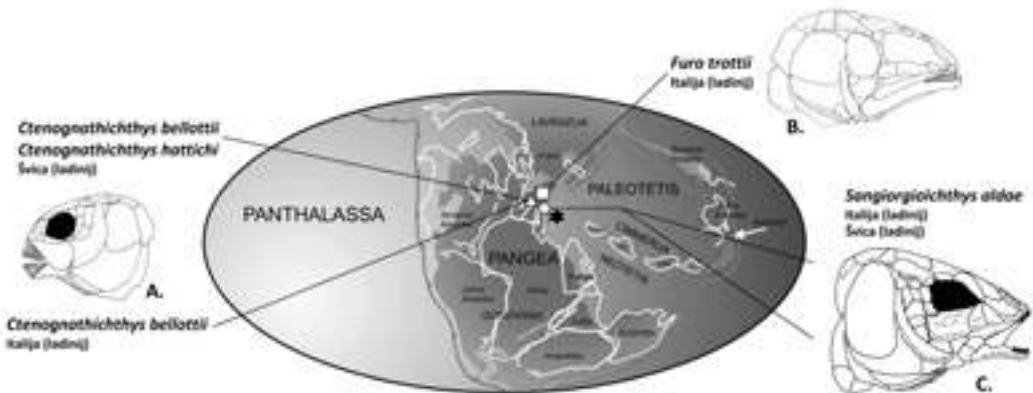
Saurichthys sp. (T-995), Strelovec Formation, length 55 mm.

Rodova *Furo* in *Sangiorgioichthys*

V svetlem tanko- do debeloplastnatem dolomitu so zelo pogoste najdbe rib, ki najverjetneje pripadajo rodovima *Furo* in *Sangiorgioichthys*. Za rod *Furo* je značilen širok časovni razpon. Poznan je iz srednjetriasnih plasti Italije, spodnjeturških plasti Anglije in Francije ter iz zgornjeturških plasti Francije in Nemčije (LOMBARDO, 2001). Ribe iz rodu *Furo* so bile hitre plenilke. Imele so vretenasto telo z značilno ozko glavo in močnimi kratkimi zobmi (FRICKHINGER, 1991). V plasteh Strelovške formacije se pojavljajo izključno v tanko- do debeloplastnatem dolomitu. Vse dosedanje najdbe pripadajo še ne povsem odraslim osebkom.

Rod *Sangiorgioichthys* se prav tako kot *Furo* pojavlja izključno v tanko- do debeloplastnatem dolomitu. Gre za pred kratkim opisan rod triasnih rib s svetovno znanega srednjetriasnega nahajališča na gori Monte San Giorgio na švicarsko-italijanski meji (TINTORI & LOMBARDO, 2007). Ta 1096 metrov visoka

gora ob Luganskem jezeru je eno najbogatejših nahajališč fosilov na svetu. Tam so našli nekaj tisoč primerkov fosilov; od teh 30 vrst morskih in kopenskih plazilcev, 80 vrst rib ter na stotine vrst školjk, polžev, amonitov, iglokožcev, rakov, žuželk in rastlin. To svetovno znano nahajališče triasnih vretenčarjev je poznano že več kot 200 let. Z ogromnim številom kar 800 znanstvenih člankov spada tudi med najboljše znanstveno raziskana nahajališča na svetu (MOLINARI *et al.*, 2002). Zaradi izjemnosti je bil švicarski del gore z okolico leta 2003 vpisan v seznam Unescove svetovne dediščine. Leta 2010 pa se je območje zaščite pod okriljem Unesca razširilo še na italijanski del. Naše nove najdbe iz Kamniško-Savinjskih Alp se lahko prav gotovo primerjajo s fosili z gore Monte San Giorgio, saj so se naše kamnine odlagale v zelo podobnem okolju in času, po ohranjenosti pa jih v nekaterih pogledih celo prekašajo.



Paleogeografska karta srednjega triasa (po SCOTESE, 2001) z vrisanimi nahajališči rib iz rodu *Ctenognathichthys*, *Sangiorgioichthys* in *Furo*. Z zvezdo je označena lokacija današnjega Slovenije. Prirejeno po BÜRGIN (1992), LOMBARDO (2001) in TINTORI & LOMBARDO (2007).

Paleogeographic map of the Middle Triassic Earth (after SCOTESE, 2001) illustrating the geographic position of the fossil sites where fishes belonging to the genera *Ctenognathichthys*, *Sangiorgioichthys*, and *Furo* were found. Slovenian sites are marked with a star. After BÜRGIN (1992), LOMBARDO (2001), and TINTORI & LOMBARDO (2007).



Riba, ki najverjetneje pripada rodu *Furo* (T-946), Strelovska formacija, dolžina 65 mm. Negativ.
Fish most probably belonging to the genus *Furo* (T-946), Strelovec Formation, length 65 mm. Negative.



Riba, ki najverjetneje pripada rodu *Furo* (T-947), Strelovska formacija, dolžina 55 mm.
Fish most probably belonging to the genus *Furo* (T-947), Strelovec Formation, length 55 mm.

Utrinek z izkopavanj

Riba, ki najverjetneje pripada rodu *Sangiorgioichthys* (T-900), Strelovška formacija, dolžina 80 mm.

Fish most probably belonging to the genus *Sangiorgioichthys* (T-900), Strelovec Formation, length 80 mm.



Na najdišču.

On site.



Zaščita z lepilom.

Protection with glue.



Rezanje.
Cutting.



Zaščita s folijo in učvrstitev z mavcem.
Protection with foil and stabilisation with plaster.



Priprava na transport.

Preparation for transport.

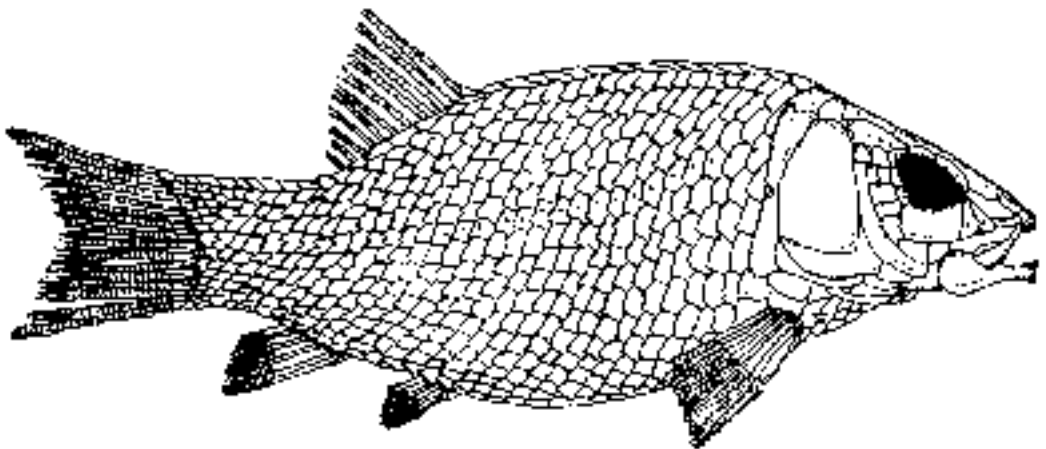


Izdelava podlage, odstranjevanje lepila in začetek preparacije.

Making base for stabilisation, removing glue and initial preparation.



Po preparaciji.
After the preparation.



Riba iz rodu *Sangiorgioichthys* (po TINTORI & LOMBARDO, 2007).
Fish of the *Sangiorgioichthys* genus (after TINTORI & LOMBARDO, 2007).

- BELTAN, L., TINTORI, A. 1980: The genus *Saurichtys* (Pisces, Actinopterygii) during the Gondwana Period. V: Cresswell, M. M., Vella P. (ured.): Gondwana five. Selected papers and abstracts of papers presented at the Fifth International Gondwana Symposium, Wellington.
- BÜRGIN, T. 1992: Basal Ray-finned Fishes (Osteichthyes; Actinopterygii) from the Middle Triassic of Monte San Giorgio (Canton Tessin, Switzerland). Systematic Palaeontology with Notes on functional Morphology and Palaeoecology. Schweizerische Paläontologische Abhandlungen, 114: 1–164.
- BÜRGIN, T. 2004: †*Eosemionotus cresiensis* sp. nov., a new semionotiform fish (Actinopterygii, Halecostomi) from the Middle Triassic of Monte San Giorgio (Southern Switzerland). V: Arratia, G., Tintori, A. (ured.): Mesozoic Fishes 3 - Systematics, Paleoenvironments and Biodiversity (Verlag Dr. Friedrich Pfeil): 239–251.
- CHOAT, J. H., BELLWOOD, D. R. 1991: Reef Fishes: Their History and Evolution. V: Sale, P.F. (ured.): The Ecology of Fishes on Coral Reefs. San Diego (Academic Press): 35–65.
- FRICKHINGER, K. A. 1991: Fossilien Atlas – Fische. Verlag Mergus, 1088 S.
- FRI TSCH, V. K. 1906: Betrag zum Kenntnis der Tierwelt der deutschen Trias. Abh. Naturforsch. Ges. Halle, 24: 217–285.
- GRIFFITH, J. 1978: A fragmentary specimen of *Saurichthys* sp. from the Upper Beaufort series of South Africa. Ann. S. Afr. Mus., 76 (8): 299–307.
- LOMBARDO, C. 2001: Actinopterygians from the Middle Triassic of Northern Italy and Canton Ticino (Switzerland): Anatomical descriptions and nomenclatural problems. Riv. It. Paleont. Strat., 107 (3): 345–369.
- MOLINARI, M., FELBER, M., SERRETTI, S., FURRER, H., TINTORI, A., BAUMGARTNER, S. 2002: Nomination of Monte San Giorgio for Inclusion on the World Heritage List. Agency for the Environment, Forests and Landscape (SAEFL), Bern, 56 p.
- RIEPEL, O. 1985: Die Triasfauna der Tessiner Kalkalpen. XXV. Die gattung *Saurichthys* (Pisces, Actinopterygii) aus der mittleren Trias des Monte San Giorgio, Kanton Tessin. Schweizerische Paläontologische Abhandlungen, 108: 1–81.
- SCHULTZE, H.-P., MÖLLER, H. 1986: Wirbeltierreste aus dem Mittleren Muschelkalk (Trias) von Göttingen, West-Deutschland. Paläontol. Z., 60 (1-2): 109–129.
- SCOTese, C. R. 2001: Atlas of Earth History, Volume 1, Paleogeography. PALEOMAP Project, Arlington, 52 p.
- SUN, Z., TINTORI, A., JIANG, D., LOMBARDO, C., RUSCONI, M., HAO, W., SUN, Y. 2009: A new Perleidiform (Actinopterygii, Osteichthyes) from the Middle Anisian (Middle Triassic) of Yunnan, South China. Acta Geol. Sin., 83: 460–470.
- TINTORI, A., LOMBARDO C. 2007: A new early semionotidae (Semionotiformes, Actinopterygii) from the Upper Ladinian of Monte San Giorgio area (Southern Switzerland and Northern Italy). Riv. It. Paleont. Strat., 113 (3): 369–381.
- TINTORI, A., SUN, Z.-Y., LOMBARDO, C., JIANG, D.-Y., SUN, Y.-L., HAO W.-C. 2010 (v tisku): A new basal Neopterygian from the Middle Triassic of Luoping County (South China). Riv. It. Paleont. Strat.



Plazilci Strelovške formacije

Tomaž Hitij in Silvio Renesto

Reptiles of the Strelovec Formation

In the Strelovec Formation, reptile remains are locally very common. Isolated bones are frequently found in the bright massive limestone, where they are often seen in cross-sections. So far, three specimens have been found, representing parts of complete reptile individuals. Two of them have been identified as belonging to pachypleurosaur sauropterygians. In addition, a small fragment of placodont armour and 7 vertebrae belonging to an ichthyosaur have been found. Outcrops of the Strelovec Formation have yielded to date the most abundant Triassic fish and reptilian fauna found in Slovenia.

Plasti Strelovške formacije so najbogatejše plasti z ostanki triasnih plazilcev v Sloveniji. Najpogostejši so v masivnem svetlem apnencu, v katerem pogosto lahko opazujemo preseke modrikastih kosti. Morsko dno je bilo pri odlaganju teh plasti dobro prezračeno, zato tu ne najdemo artikuliranih primerkov. Odlično ohranjene artikulirane primerke teh srednjetriasnih plazilcev pa lahko najdemo v tanko- do debeloplastnatem dolomitu in v temnem tankoplastnatem bituminoznem apnencu.

Pahipleurozavri (Pachypleurosauria)

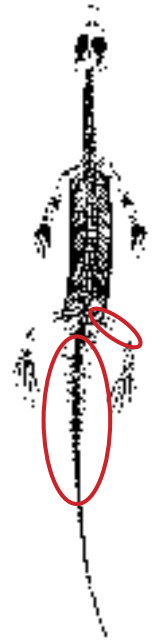
Po 132 letih od Stachejeve (DEECKE, 1886) prve najdbe plazilca v triasnih plasteh Kamniško-Savinjskih Alp smo septembra leta 2006 v grapi nad dolino Kamniške Bistrice odkrili drugo okostje triasnega plazilca (T-801). Gre za enajst artikuliranih, skoraj v celoti ohranjenih repnih vretenc z majhnim delom dvanajstega vretenca skupne dolžine 14 cm. Vretenca so se ohranila na velikem kosu bituminoznega apnenca. Ob prvih sedmih vretencih so ohranjena še pripadajoča rebra. Največje vretence je dolgo 11 mm, velikost naslednjih vretenc pa se postopno zmanjšuje. Loki vretenc so široki, v dorzalnem pogledu so kvadratne oblike s širokimi

zigopofizami (prezygopophysis in postzygopophysis), katerih artikulacijska površina tvori približno kot 20° glede na horizontalo. Vretenčni trni so slabo ohranjeni, zato jim ni mogoče določiti celotne dolžine. Dobro je ohranjena le njihova baza. Pri večini vretenc je viden prednji (kranialni) rob baze vretenčnih trnov, ki v sredini tvori izrastek, v katerega nalega repni rob baze vretenčnega trna naslednjega vretenca. Telesa vretenc so vidna le od osmega do enajstega vretenca, njihova oblika pa spominja na peščeno uro s konkavnim trebušnim robom. Ob prvih šestih vretencih sta ohranjena tako levo kot desno rebro, ob sedmem in osmem vretencu pa je vidno le levo rebro. Rebra so ravna, kratka in čokata. Večinoma so nepopolno ohranjena. Manjkajo predvsem distalni deli. Najbolje je ohranjeno rebro ob tretjem vretencu, ki je dolgo 23 mm. Velikost reber se od prvega do petega zmanjšuje počasi, nato pa hitro, tako da je zadnje rebro le še majhna bunkica. Prvih pet parov reber je rahlo kranialno nagnjenih, medtem ko so zadnja tri nagnjena rahlo kavdalno. Večina reber je ločena od telesa vretenc, razen zadnjih treh, ki so pritrjena v centralnem delu telesa vretenc. Pri prvih štirih do petih vretencih vretenčni loki tvorijo dele prečnih izrastkov. Ohranjeni so tudi slabše vidni sekundarni odtisi repnih vretenc in odtis kosti, ki verjetno pripadajo desni zadnji nogi. Vsi ohranjeni elementi



Pahiplevrozaver z ribo iz rodu
Sangiorgioichthys.
Risba: Tamara Korošec.
Fotografija za ozadje:
Ciril Mlinar Cic.

Pachypleurosaur sauropterigian
with fish of the genus
Sangiorgioichthys.
Drawing: Tamara Korošec.
Background photo:
Ciril Mlinar Cic.



Kranialni del repa pahiplevrozavra (T-801), Strelovška formacija, dolžina 14 cm.

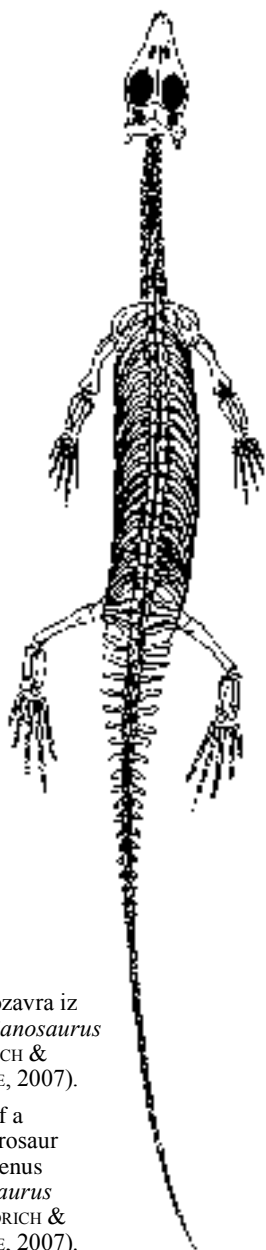
Cranialmost portion of the tail belonging to a pachypleurosaur (T-801), Strelovec Formation, length 14 cm.



Pahiplevrozaver (T-812), Strelovska formacija, dolžina 9 cm.

Pachypleurosauros (T-812), Strelovec Formation, length 9 cm.

jasno nakazujejo, da gre za repni del zavropteri-
gija (CARROLL & GASKILL, 1985). Sprememba v
smeri poteka reber skupaj s spremembo v arti-
kulaciji reber nakazuje, da gre za najbolj krani-
alni del repa. Nizki vretenčni trni z majhnimi in
širokimi zigopofizami pa nakazujejo, da gre za



Okostje
pahipleurozavra iz
rodu *Serpianosaurus*
(po DIEDRICH &
TROSTHEIDE, 2007).

Skeleton of a
pachypleurosaur
from the genus
Serpianosaurus
(after DIEDRICH &
TROSTHEIDE, 2007).

pahipleurozavra. Žal natančnejša taksonomska
uvrstitev zaradi pomanjkanja diagnostičnih ele-
mentov ni mogoča.

Drugi artikulirani primerek (T-812) je bil
najden na istem nahajališču kot prvi. Na kosu
svetlega debeloplastnatega dolomita je ohranjen
dorzalni del okostja, ki najverjetneje prav tako
pripada pahipleurozavru. Ohranjen je niz 10
artikuliranih stisnjenih vretenc s pripadajoči-
mi levimi rebrji in gastralijami. Vretenčni loki
z nizkimi vretenčnimi trni so ločeni od teles
vretenc. Vretenca od tretjega do osmega so
ohranjena skoraj v celoti, ostala pa le delno.
Ohranjenih je sedem proksimalnih delov reber
z odtisi distalnih delov teh in ostalih reber. Pod
vretenci in rebri je vidno veliko število gastralij,
ki so v pravilnem anatomskem položaju.

V plasteh Strelovške formacije je bilo poleg
opisanih primerkov najdeno še veliko število
posamičnih kosti, predvsem vretenc in reber,
ki najverjetneje prav tako pripadajo pahiple-
urozavrom. Kostni so še posebej pogoste v
masivnih apnencih, ki prekinjajo zaporedje
plasti temnega tankoplastnatega bituminoznega
apnenca. Našli smo tudi nekaj kosov, v katerih
je večje število neartikuliranih kosti, ki pripada-
jo istemu osebku. Lahko gre za najdbe osebkov,
katerih kadavri so dalj časa potovali v sedimen-
tacijski bazen in so zato razpadli. Lahko pa gre
ostanke plena večjih plenilcev ali pa za prepro-
sto bolje prezračeno morskno dno z močnejši-
mi morskimi tokovi, kjer telesa poginulih živali
hitreje razpadejo.

Plasti Strelovške formacije so nedvomno
med najbogatejšimi nahajališči pahipleuroza-
vrov pri nas, zato v prihodnosti pričakujemo
nove najdbe teh čudovitih triasnih plazilcev;
upamo, da takrat v celoti ohranjenih skeletov.

Plakodonti (Placodontia)

Plakodonti so zelo nenavadna skupina za-
vropteri-
gijev, značilnih le za triasno obdobje.
Pojavili so se že v zgodnjem triasu, izumrli
pa so malo pred koncem triasa (BARDET,
1995). Doslej so njihove ostanke odkrili v
srednji Evropi, severni Afriki in na Kitajskem.

V osrednji Sloveniji pa je bila v ladinjskih do karnijskih plasteh najdena spodnja čeljust z zobmi plakodonta rodu *Cyamodus* (BUFFETAT & NOVAK, 2008). Plakodonti so bili srednje veliki morski plazilci, ki so dosegali velikosti do dveh metrov. Delimo jih na plakodonte brez oklepa in plakodonte z oklepom, ki jih je varoval pred plenilci. Tisti s koščenim oklepom so imeli negativno plovnost, kar jim je omogočilo, da so se brez truda hranili na morskem dnu. Obe skupini sta imeli značilne velike in ploščate zobe, po katerih so tudi dobili ime (OWEN, 1858). Njihovi zobje so bili idealni za drobljenje lupin školjk, ramenonožcev in drugih nevretenčarjev, s katerimi so se prehranjevali. Zaradi negativne plovnosti in kratkih udov domnevajo, da so bili počasni plavalci. Živel naj bi predvsem v plitvih morjih. Neodrasli osebki, ki še niso imeli dovolj močnega oklepa, so bili pogost plen plenilskih zavropterigijev rodu *Lariosaurus* (TSCHANZ, 1989) in rib rodu *Saurichthys* (MAZIN & PINNA, 1993).

V plasteh Strelovske formacije so ostanki plakodontov v primerjavi z zelo pogostimi ostanki pahiplevrozavrov dokaj redki. Vendar je pogostnost plakodontov na drugih nahajališčih v Južnih Alpah in na Južnem Kitajskem podobna. Doslej smo v Strelovski formaciji uspeli najti le posamezne dele njihovih oklepov v obliki posameznih koščenih lusk (dermalnih ploščic). Verjetno so se zaradi slabših plavalnih sposobnosti le redko podali v globlje vode. Njihova težka telesa pa so po njihovi smrti hitro potonila na morsko dno, tako da jih morski tokovi niso mogli prinesiti v globok sedimentacijski bazen. Njihovo število v naravnem okolju je bilo tudi manjše od števila drugih zavropterigijev, na kar kažejo številna nahajališča po svetu.

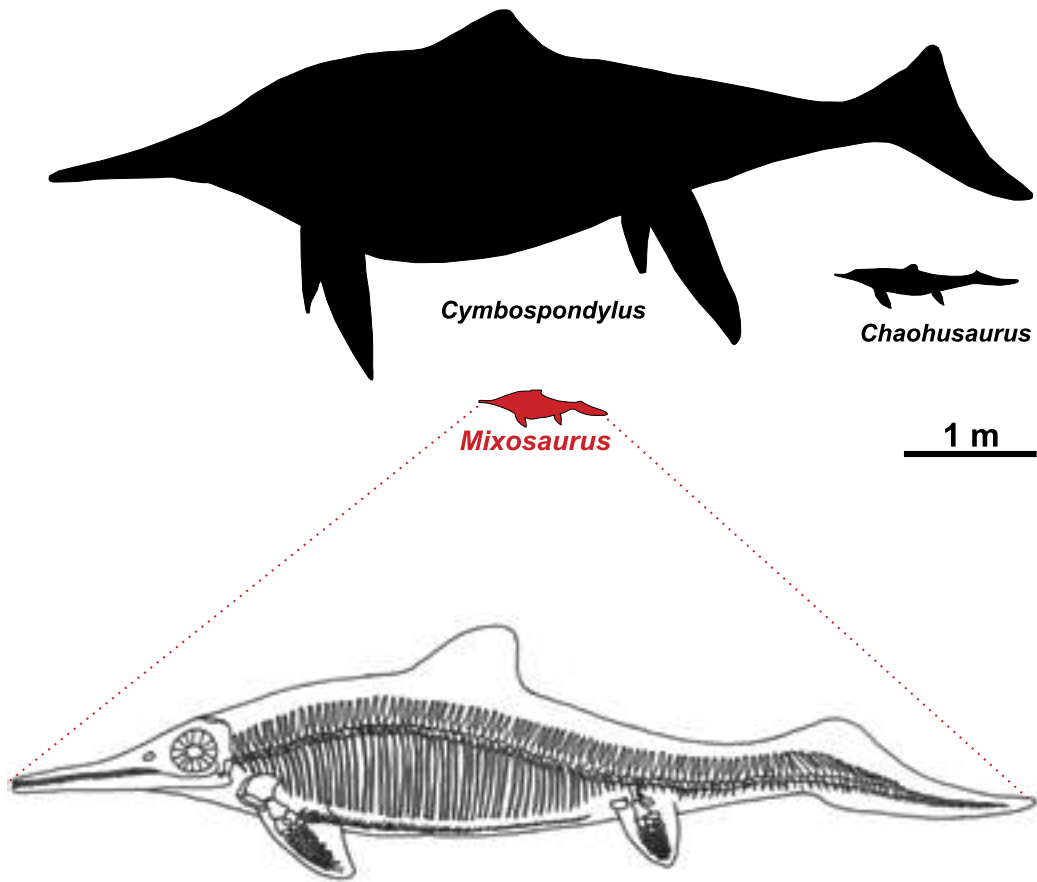
Ihtiozavri (Ichthyosauria)

Ostanki ihtiozavrov so v plasteh Strelovske formacije redki. Na kosu sivega debeloplastnatega



Ihtiozavrova vretenca (T-1014), Strelovska formacija, velikost vretenca 17 mm.

Ichthyosaur vertebrae (T-1014), Strelovec Formation, vertebra size 17 mm.



Triasni ihtiozaver iz rodu *Mixosaurus* (po CARROLL, 1988) v primerjavi z nekaterimi drugimi srednjetriasnimi ihtiozavri.

Triassic ichthyosaur from the *Mixosaurus* genus (after CARROLL, 1988) in comparison with some other Middle Triassic ichthyosaurs.

apnenca v spodnjem delu Strelovške formacije na območju Robanovega kota smo našli šest skoraj popolno ohranjenih in dve delno ohranjeni vretenca (T-1014). Vretenca so bočno sploščena, kar je značilno za repna vretenca. Kateremu rodu pridajo, je nemogoče ugotoviti. Glede na veliko pogostost ihtiozavrov iz rodu *Mixosaurus* v podobno starih plasteh po svetu, gre najverjetneje za miksozavra. Njihove ostanke so našli v srednji in severni Evropi, na Kitajskem, v Jugovzhodni Aziji ter v Severni Ameriki. Ti približno meter veliki, ribam podobni plazilci so bili eni izmed prvih

ihtiozavrov. Imeli so dolg nizek rep in v plavuti preoblikovane okončine, ki so bile sestavljene iz petih prstov (pri kasnejših oblikah ihtiozavrov so bile plavuti sestavljene le iz treh prstov). Sprednje okončine so bile večje od zadnjih, vsak prst pa je bil sestavljen iz večjega števila kosti, kar sta prilagoditvi, značilni prav za ihtiozavre. Imeli so podolgovato glavo z dolgimi in ozkimi čeljustmi, v katerih so bili koničasti zobje. Živeli so v velikih jatah, podobno kot dandanašnji delfini. Prehranjevali pa so se najverjetneje z ribami in glavonožci (MAISCH & MATZKE, 2000).

- BARDET, N. 1995: Evolution et extinction des reptiles marins au cours du Mesozoïque. *Palaeovertebrata*, 24: 177–283.
- BUFFETAUT, E. & NOVAK, M. 2008: A cyamodontid placodont (Reptilia: Sauropterygia) from the Triassic of Slovenia. *Palaeontology* 51/6: 1301–1306.
- CARROLL, R. L., GASKILL, P. 1985: The nothosaur *Pachypleurosaurus* and the origin of plesiosaurs. *Phil. Trans. Roy. Soc. London, B*, 309: 343–393.
- DEECKE, W. 1886: Ueber ein von Herrn Oberbergrath Stache in der Steiner Alpen gesammeltes Saurierfragment. *Verhandlungen der k. k. geologischen Reichsanstalt.*, 2: 50–52.
- DIEDRICH, C. G., TROSTHEIDE, F. 2007: Auf den Spuren der terrestrern Muschelkalksaurier und aquatischen Sauropterygier vom obersten Röt bis zum Mittleren Muschelkalk (Unter-/Mitteltrias) von Sachsen-Anhalt. *Abhandlungen und Berichte für Naturkunde*, 30: 5–56.
- MAISCH, M. W., MATZKE, A. T. 2000: The Ichthyosauria. *Stuttgarter Beitr. zur Naturkunde, Serie B*, 298: 1–159.
- MAZIN, J. M., PINNA, G. 1993: Palaeoecology of the armoured placodonts. *Paleontologia Lombarda, N. S.*, 2: 83–91.
- OWEN, R. 1858: Description of the skull and teeth of the *Placodus laticeps*, Owen, with indications of other new species of *Placodus*, and evidence of the saurian nature of that genus. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 148: 169–184.
- TSCHANZ, K. 1989: *Lariosaurus buzzii* n. sp. from the Middle Triassic of Monte San Giorgio (Switzerland) with comments on the classification of nothosaurs. *Palaeontographica, A*, 208: 153–179.



Detajl telesa ribe iz rodu *Saurichthys* iz Strelovške formacije (T-1013).

Rekonstrukcija sedimentacijskega okolja Strelovske formacije

Jure Žalohar in Tomaž Hitij

Depositional environment of the Strelovec Formation

In the major part of Strelovec Formation, the laminated style of sediments, absence of mollusk fauna and bioturbation traces, and occurrence of well articulated fish and reptile skeletons indicate a semi-enclosed depositional environment with stratified water-body and hypoxic and/or anoxic conditions. There are no indications of the current action and no indications of the seasonal character in deposition of the sediments. Synsedimentary structures (slump-folds, micro-faults, and resedimented blocks) are common, indicating an inclined depositional surface or irregular sedimentation rate and/or subsidence. Based on the sedimentological, paleontological, mineralogical and geographical data, we suppose that the Strelovec Formation was deposited in a deep intraplatform basin that spread in the Pelsonian throughout the present territory of the Kamniško-Savinjske Alps. With additional outcrops of the Strelovec Formation that have been recently discovered in the Julian Alps, the basin might have measured several tens of kilometres in diameter.

V nasprotju s plastmi Horizonta Velike planine je večina ribjih skeletov v plasteh Strelovske formacije celih in artikuliranih, kar kaže na prevladujoče anoksične razmere v sedimentacijskem okolju. Znaki vpliva morskih tokov so zelo redki, prav tako tudi znaki, ki bi kazali na sezonski značaj razmer v sedimentacijskem okolju. Zelo pogoste so sinsedimentne teksture zdrsov, mikroprelomov in presedimentiranih blokov, ki kažejo na relativno nestabilno morsko dno; na nagnjenost, neenakomerno hitrost sedimentacije, pogrezanje ipd.

V približno 5 m debelem horizontu svetlega laminiranega do tankoplastnatega apnenca v spodnjem delu Strelovske formacije na območju Robanovega kota lahko na ribjih koščicah najdemo majhne piritne framboide, ki kažejo na hitro sedimentacijo z organskim drobirjem bogatega sulfidnega blata (BRETT IN BEIRD, 1986) in na anaerobne pogoje (TINTORI, 1992). Takšna sedimentacija je bila verjetno povezana s postopnim spreminjanjem aerobnega okolja v popolnoma anoksično. Nad temi

plastmi ležijo temni laminirani do tankoplastnati bituminozni apneneci, meljeveci, laporovci in glinavci, ki tvorijo pretežni del profila Strelovske formacije. Verjetno so bile odložene v okolju s popolnoma anoksičnimi razmerami in z visoko produkcijo hranil v okolici sedimentacijskega bazena (TINTORI, 1992). V teh plasteh nismo našli nobenih znakov piritizacije fosilov. V redkih plasteh pa smo našli številne piritne framboide, razpršene v sedimentu, kar je tipično za anaerobne pogoje (BRETT IN BAIRD, 1986).

Lokalno se med plastmi laminiranega bituminoznega apnenca pojavljajo tudi do 4 m debele sekvence svetlega debeloplastnatega apnenca. V njih smo našli pogoste posamične kosti in fragmente kosti plazilcev. Te plasti zato kažejo na občasne bolj odprte oziroma prezračene morske razmere. Na vrhu horizonta temnih laminiranih bituminoznih plasti v Kamniški Bistrici sledi do 15 m debelo zaporedje temnih plasti apnenca s številnimi školjkami, ki ponekod tvorijo prave lumakele.



Nahajališče fosilnih vretenčarjev v plasteh Strelovške formacije.
Outcrop with fossil vertebrates in the beds of Strelovec Formation.

Na drugih mestih v Kamniško-Savinjskih Alpah te sekvence nismo opazili. Tudi te plasti kažejo na občasne bolj odprte oziroma prezračene morske razmere.

Ostanki rastlin tipa *Voltzia*

Rastlinski ostanki so v spodnje- in srednjetriasnih plasteh Kamniško-Savinjskih Alp in Karavank izjemno redki. V plasteh Strelovške formacije smo našli zelo redke ostanke morfološkega tipa »*Voltzia*«. Izjema je le zgornji del plasti Strelovške formacije pod Rjavčkim vrhom, kjer so v približno 10 m debelem zaporedju plasti okremenjenega tufa rastlinski ostanki dokaj pogosti. Ostanki tipa »*Voltzia*« pripadajo triasnim golosemenkam in so značilni za vroče in aridno podnebje. Poudariti moramo, da izraz »*Voltzia*« ne označuje nekega določenega rastlinskega rodu. Fosilni ostanki rastlin so najpogostejše nepopolni, zato ločeno najdemo veje, liste, plodove in semena, ki jih v paleontološki literaturi pogosto opisujejo z različnimi imeni. Po Mednarodnem kodeksu botanične nomenklature (ICBN) je zato ime »*Voltzia*« le oznaka za sterilne vejice (FRASER, 2006). Skupaj z ostanki tipa *Aetophyllum* so ostanki voltzij najpogostejši triasni rastlinski ostanki. Domnevajo, da so bile voltzije majhne razvejane grmičaste rastline. Glede na skorajšnjo odsotnost rastlinskih ostankov v spodnjetriasnih in srednjetriasnih anizijskih plasteh lahko sklepamo, da je bilo takrat pri nas podnebje bodisi izrazito sušno in/ali pa je bilo kopno relativno zelo oddaljeno.

Celestin

Na relativno vroče podnebje lahko sklepamo tudi na podlagi evaporitnega minerala celestina (stroncijev sulfat, SrSO_4), ki je pogost v nekaterih plasteh srednjetriasne Strelovške formacije. V laminiranih bituminoznih apnencih najdemo celo do 3 cm dolge celestinove kristale. V morskem okolju je celestin

primarno prisoten kot skeletna komponenta morskih planktonskih organizmov *Acantharia* (BERNSTEIN *et al.*, 1992). V vodnem stolpcu se raztaplja v odvisnosti od slanosti (RUSHDI *et al.*, 1992). Skeleti akantarij se zato ne morejo fosilizirati. Prisotnost celestina lahko razložimo kot posledico evaporacije morske vode v obalnih morskih območjih. Ko so goste slane raztopine potonile v globlje dele karbonatnih platform in pronicale skozi tam odlagajoč se sediment, se je iz njih, da bi prišlo do kemijskega uravnoveženja, izločila velika količina stroncija (HANOR, 2004).

Odlaganje dolomita

Za rekonstrukcijo paleookolja so pomembne tudi plasti dolomita z odlično ohranjenimi ribami in členonožci, ki smo jih našli na več mestih v spodnjem delu Strelovške formacije. Fosilne ribe in členonožci so v teh plasteh tako dobro ohranjeni, da lahko izključimo kakršno koli možnost kasnejše dolomitizacije apnenca. Ta dolomit torej ni nastal iz apnenca, temveč je bil neposredno odložen na morskno dno. Dolomit nastaja s kemičnim izločanjem kalcijevo-magnezijevnega karbonatnega minerala iz nasičene morske vode (na primer NOVAK, 2010). Kadar je razmerje med magnezijevimi in kalcijevimi ioni višje od 0,67, reakcija poteka v prid izločanja dolomita, v nasprotnem primeru pa se izločata kalcit in aragonit. V povprečju je v današnji oceanski vodi razmerje približno 5,2, kar bi vsaj teoretično vodilo v izločanje dolomita. Zanimivo pa je, da se dolomit v normalnih razmerah kljub temu ne izloča. V procesu hitrega izločanja karbonatov se kristalna rešetka dolomita namreč ne more zgraditi. Poleg tega se zaradi hidratacije ionov magnezija z molekulami vode kalcijevi ioni hitreje vključujejo v kristalno rešetko, pri čemer nastajata kalcit in aragonit. Danes se dolomit neposredno izloča na zelo redkih krajih; v zelo slanih jezerih v južni Avstraliji, v zelo slanih lagunah v anaerobnih razmerah vzdolž obale Ria de Janeiro in v globokih morjih z veliko vsebnostjo organskih snovi (NOVAK, 2010).



Vejica triasnega iglavca »*Voltzia*« (T-815), Strelovška formacija, dolžina 60 mm.

»*Voltzia*« conifer (T-815), Strelovec Formation, length 60 mm.

Kje so se torej odložile plasti Strelovške formacije?

Glede na vse zgoraj navedene podatke o okolju, v katerem je nastajala Strelovška formacija, lahko zaključimo, da je v tem delu anizija (pelson) prišlo do relativno kratkotrajnega, a za slovenske razmere pomembnega poglobljanja večjega dela Slovenske karbonatne platforme. Strelovška formacija je nastala v intraplatformnem bazenu evaporitno-karbonatne platforme, ki so bile takrat pogoste v zahodnem delu Tetide; točneje na območju današnjih Dolomitov, Karnijskih Alp, Durmitorja, Krasa (ZHARKOV & CHUMAKOV, 2001) in očitno na območju današnjih Kamniško-Savinjskih ter Julijskih Alp. Intraplatformni bazen je obsegal celotno ozemlje današnjih Kamniško-Savinjskih Alp, saj so le-tu plasti Strelovške formacije povsod prisotne. Osrednji del bazena je bil na prostoru današnjega Strelovca, kjer dosežejo plasti Strelovške formacije največjo debelino. Poleg tega na prostoru Strelovca, Rjavčkega vrha in Logarske doline skoraj ne najdemo svetlih in debelejših plasti

apnenca z ostanki plazilcev, ki so se denimo na ozemlju Kamniške Bistrice odlagale v bolj prezračeni morski vodi. Kot kaže, so v osrednjem delu bazena vladali dokaj konstantni pogoji z anoksičnimi ali hipoksičnimi razmerami. Proti zahodu, na ozemlju Kamniške Bistrice, ter proti jugu v Robanovem kotu so plasti Strelovške formacije nastajale v obrobnejših delih bazena, kar kažejo številni horizonti in vložki tanko- do debeloplastnatih svetlih apnencev s plazilci ter posamezne plasti s školjkami in ramenonožci. Proti severu, na območju Matkovega kota, proti vzhodu na območju Raduhe ter dalje proti zahodu pod Kalško goro nad Suhadolnikom se debelina plasti Strelovške formacije manjša. Temni, laminirani in bituminozni muljevci, tako značilni za območje Strelovca, pa se tu nemalokrat pojavljajo v povsem podrejeni količini. Zanimivo je, da so v Julijskih Alpah pod Vernarjem v Krmi plasti Strelovške formacije skoraj enako razvite kot na prostoru Robanovega kota. Sklepamo lahko, da so tamkajšnje plasti Strelovške formacije nastajale v južnem podaljšku nekdanjega sedimentacijskega bazena, ki se je razprostiral prek



Kristali celestina (SrSO_4) v laminiranem bituminoznem apnencu (T-875), Strelovska formacija, premer kristalnih skupkov 20 mm.

Celestine (SrSO_4) in laminated bituminous limestone (T-875), Strelovec Formation, length of the crystals 20 mm.

današnjega ozemlja Kamniško-Savinjskih Alp ter severnega dela Julijskih Alp.

Glede na fosilno makrofavno (kot so kačjerepi in ostvarji), odlaganje dolomitov z ostanki rib in prisotnost minerala celestina lahko domnevamo, da je bila globina morske vode v osrednjem delu bazena precejšnja, morda celo več sto metrov. Zaradi stalnega dotoka zelo slane in goste vode iz okoliških

evaporitnih delov platforme je prišlo do stratifikacije vodnega stolpca, zato so v spodnjem delu nastale izrazito anoksične ali hipoksične razmere, v katerih so se odlagali temni bituminozni sedimenti, dolomit in celestinovi kristali. Takšne razmere so občasno zmotili vulkanski izbruhi, s katerimi povezujemo odlaganje plasti tufa, intraformacijskih breč in številnih tekstur sinsedimentnih zdrssov.

- BERNSTEIN, R. E., BYRNE, R. H., BETZER, P. R., GERCO, A. M. 1992: Morphologies and transformations of celestine in seawater: the role of acantharians in strontium and barium geochemistry. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 65: 3273–3279.
- BRETT, C. E., BAIRD, G. C. 1986: Comparative taphonomy: a key to paleoenvironmental interpretation based on fossil preservation. *Palaios*. 1: 207–227.
- FRASER, N. C. 2006: *Down of the Dinosaurs: life in the Triassic*, Indiana University Press: 305–307.
- HANOR, J. S. 2004: A model of the origin of large carbonate- and evaporite-hosted celestine (SrSO_4) deposits. *J. Sed. Res.*, 74 (2): 168–175.
- NOVAK, M. 2010: Dolomit – kamnina leta 2010. *Proteus*, 72 (9/10): 455–460.
- RUSHDI, A. I., MCMANUS, J., COLLIER, R. W. 2000: Marine barite and celestine saturation in seawater. *Mar. Chem.*, 69: 19–31.
- TINTORI, A. 1992: Fish taphonomy and Triassic anoxic basins from the Alps: a case history. *Riv. It. Paleont. Strat.*, 97 (3-4): 393–408.
- ZHARKOV, M. A., CHUMAKOV, N. M. 2001: Paleogeography and Sedimentation Settings during Permian – Triassic Reorganizations in Biosphere. *Stratigraphy and Geological Correlation*, 9 (4): 340–363.



Obdobje ladinija – čas velikih sprememb

The Ladinian – a time of great changes

Pravijo, da je pred viharjem navadno zatišje. In res, ob koncu anizija in v začetku ladinija se je na območju današnje Slovenije pripravljalo obdobje velikih sprememb. Toda še prej je po odložitvi plasti Strelovske formacije nastalo »zatišje pred viharjem«, ko so se na progradirajoči karbonatni platformi ponovno odlagali apnenci in dolomiti. Nad plastmi Strelovske formacije tako sledijo apnenci in dolomiti Contrinske formacije, ki gradijo ostenja gora nad zahodnimi deli Kamniške Bistrice, severne stene Planjave, Rjavčkega vrha, Krofičke in Križevnika nad Robanovim kotom. Debelina Contrinske formacije znaša do 300 m. V teh plasteh le redko najdemo ostanke fosilov. Prve tektonske premike nakazujejo neptunski dajki na območju ostenja Križevnika nad Robanovim kotom, ki so zapolnjeni z rdečim meljastim sedimentom. Nato so se zaradi izjemno močne triasne tektonike začele odlagati bazenske plasti, ki jih najdemo v Kamniško-Savinjskih Alpah, Južnih Karavankah in Julijskih Alpah. V teh plasteh neredko najdemo tudi ostanke velikih triasnih vretenčarjev. Zaradi raznolikih okolij so se v istem času od mesta do mesta odlagale zelo različne plasti, zato so iste triasne formacije v različnih delih nastajale v različnih obdobjih.

Pogled na apnenec Contrinske formacije, ki gradijo severna ostenja Križevnika nad Robanovim kotom.

Limestones of the Contrin Formation that build the northern slopes of Mt Križevnik above the Robanov kot Valley.

Ladinijske plasti v Kamniško-Savinjskih Alpah in Južnih Karavankah

Bogomir Celarc in Jure Žalohar

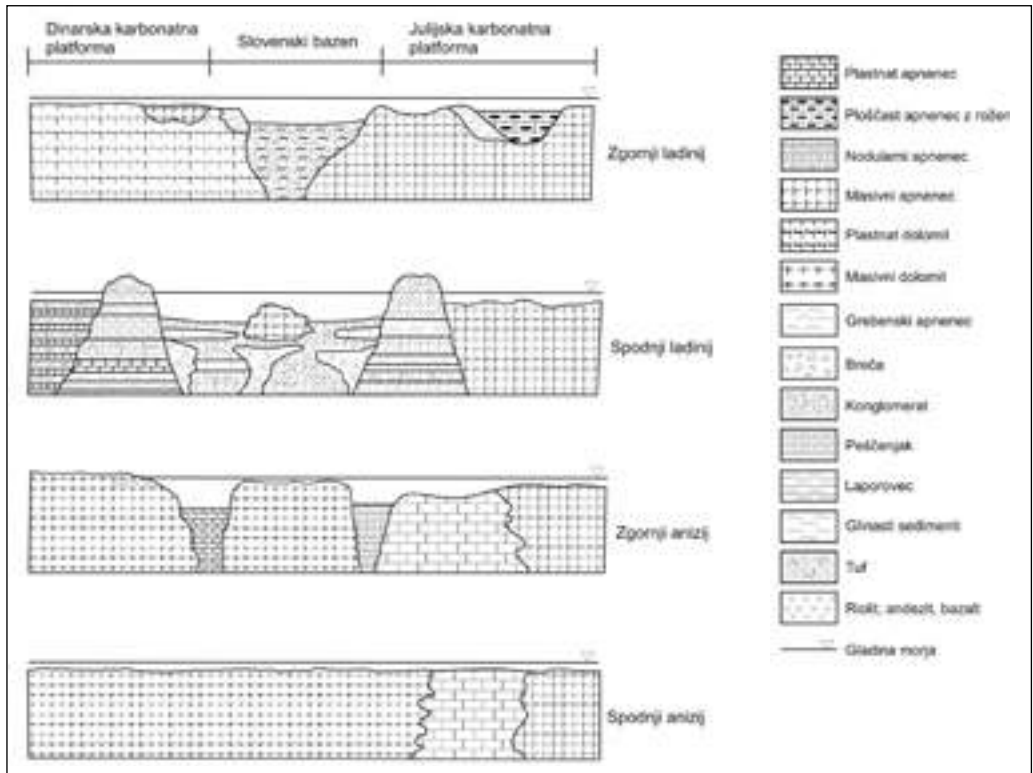
Ladinian beds in the Kamniško-Savinjske Alps and Southern Karavanke Mountains

Massive light grey platform limestones of the Contrin Formation were deposited above the Strelovec Formation. Locally, very thin beds of dark marl and claystone occur with numerous plant remains and small brachiopods. Contrin Formation is cut by neptunian dykes, filled with red silty sediment and overlain by Illyrian (*Kellnerites* Ammonoid Zone) Loibl Formation, consisting of thin radiolarian-rich horizon of red pelagic limestones. The red limestones with radiolarians indicate the Upper Anisian (Illyrian) age (CELARC & GORIČAN, 2007) and point to the break-up and partial drowning of the platform in the Late Anisian. Loibl Formation is covered by polymict breccia or conglomerate (equivalent of the Uggowitz breccia). The megabreccias were deposited in the deepest parts of the half-graben structures that were formed as a consequence of differential movements of different blocks in the extensional tectonics. Polymict breccia or conglomerate grade upward into marlstones and marly limestones with resedimented algae (*Diplopora annulata*) that could correspond to the Pontebba limestone (*sensu* FOIS & JADOU, 1983). Laterally, thin sheets of volcanites (riolites) are present, partly resedimented as clasts in the Uggowitz breccia. As lateral equivalents of the Loibl Formation, the Buchenstein Formation can be locally observed. This is represented by a succession of limestones, marls, and breccias.

Idrijska tektonska faza

Povečana tektonska aktivnost je v iliru (konec anizija) ponovno povzročila diferencirano premikanje tektonskih blokov in njihovo rotacijo (CELARC, 2004; CELARC IN GORIČAN, 2007). Močna tektonska in erozijska aktivnost je v Sloveniji poznana kot Idrijska tektonska faza (BUSER, 1980), ki je povzročila popoln razpad Slovenske karbonatne platforme. Nekateri predeli so bili globoko pogreznjeni pod morje, nekateri pa so postali kopni. Le na redkih mestih so ostali manjši ostanki nekdanje karbonatne platforme. Najgloblje pogreznjen predel je bil na območju osrednje Slovenije in predstavlja začetek kasnejšega Slovenskega bazena. V globljem morju so nastale psevdoskilavske plasti skrilavih glinavcev, drob in tufov s poredkimi plastmi temnosivega apnenca.





Razpad Slovenske karbonatne platforme v triasu. Poenostavljeno po BUSER *et al.*, 2007.

Disintegration of the Slovenian carbonate platform in the Triassic. Simplified after BUSER *et al.* (2007).



Izdanek zelenega tufa »pietra verde« pod Rjavčkim vrhom nad Logarsko dolino.

Outcrop of the green tuff »pietra verde« under Mt Rjavčki vrh above the Logarska dolina Valley.

Razpad Slovenske karbonatne platforme je bil glavni dogodek v okviru srednjetriasne Idrijske tektonske faze. Po podatkih, pridobljenih iz idrijskega rudišča, se je dogodil ob koncu srednjega ali začetku zgornjega anizija (ČAR, 2009). Vzrok za razpad je bil proces razpiranja (rifting), ki pa je bil že v ladiniju prekinjen. Zaradi antiklinalnega dviganja, ki spremlja začetno obdobje razpiranja, so se oblikovali dolgi in ozki brazdasti jarki. Ob srednjetriasnih normalnih prelomih je bilo ozemlje razrezano na večje ali manjše bloke, ki so bili različno pogreznjeni in nagnjeni. Nastala je zapletena morfologija in različni sedimentacijski pogoji.

Vulkanske kamnine

Pri razpiranju zemeljske skorje se je ob globokih prelomih na površje prebijala najprej gabrska, pozneje pa granitna magma. Tudi na prostoru Kamniško-Savinjskih Alp je zgornje-anizijska karbonatna platforma, na kateri so nastajali apnenci in dolomiti Contrinske formacije, razpadla. Nekateri bloki so se relativno dvignili, drugi pa pogreznili. Na majhnem območju so nastala različna sedimentacijska okolja, ob prelomih je pritekla lava, usedali pa so se tudi tufi. Lave na primarnem mestu so znane v Matkovem kotu, na Utah in Durcah (severno od Raduhe). Zeleni tufi tipa »pietra verde« pa so znani iz Grla in Rjavčkega vrha. Bližnja nahajališča v Kamniško-Savinjskih Alpah so še na območju Jezerskega (Štularjeva planina), v dolini Kokre in Kamniški Bistrici (RAKOVEC, 1946; FANINGER, 1961; GRAFENAUER, 1980; Mioč *et al.*, 1983).

Ukovške breče

Zaradi diferenciranega premikanja so bili nekateri bloki Julijske karbonatne platforme dvignjeni nad morsko gladino in izpostavljeni subaerskemu preperevanju in zakrasevanju, kar je povzročilo erozijo starejših kamnin in njihovo odnašanje v nižje ležeče depresije. V teh depresijah so se odlagale raznovrstne breče (Ukovške breče), gramozovci



Izdanek ukovške breče v Dovžanovi soteski.

Outcrop of the Uggovizza breccia in the Dovžanova soteska Valley.

in konglomerati, ki v Kamniško-Savinjskih Alpah dosežejo debelino do nekaj 10 m (CELARC, 2004a). Prodniki in kosi, ki tvorijo brečo in konglomerat izvirajo predvsem iz skitskih in anizijskih apnencev in dolomitov, redkeje naletimo tudi na klaste vulkanitov. Breče in konglomerati so najverjetneje nastali kot podvodni vršaj v relativno plitvem morju.

Konglomerati in breče so najlepše razviti v profilu Ute severno od Krofičke, nad Belškovo planino, pod vrhom Raduhe in na Durcah. Kontakt s spodaj ležečimi masivnimi apnenci je oster, ni pa popolnoma jasno, ali je erozijski, saj ni izraženega paleoreliefa ali paleokrasi, ki bi dokazoval subaersko izpostavljenost in erozijo. Razmere so take, kot da bi pričelo material prinašati od drugod, verjetno iz relativno dvignjenih predelov. Konglomerati postopno prehajajo v kalkarenite ter ploščaste in plastnate apnenice z redkimi vmesnimi plastmi laporovcev, ti pa preidejo v masivne apnenice.



Izdanek plasti Buchensteinske formacije na Utah.
Outcrop of the Buchenstein Formation on Mt Ute.



Izdanek apnencev tipa Pontebba na Križevniku.
Outcrop of Pontebba limestones on Mt Križevnik.

Začetek odlaganja bazenskih plasti

Ob koncu anizija so ponovno nastali intraplastformni jarki, v katerih so se v zelo raznolikih okoljih odlagali bazenski sedimenti. V takšnih bazenih so se na ozemlju celotnih Kamniško-Savinjskih Alp odložile plasti Ljubeljske in Buchensteinske formacije. Zadnja kaže na hitro in intenzivno spreminjanje sedimentacijskih okolij, od odprtih morskih do restriktivnih bazenskih in turbiditnih. Kot lateralni ekvivalent Buchensteinske formacije se pojavljajo tudi plasti Ljubeljske formacije. Nazadnje so se odložili še apnenci tipa Pontebba (v smislu FOIS IN JADOU, 1983). Tem ustrezajo plasti laporovcev in laporastih apnencev s presedimentiranimi algami *Diplopora annulata*. Buchensteinska in Ljubeljska formacija sta se odlagali tudi na ozemlju današnjih Južnih Karavank, podobne plasti pa najdemo tudi v Julijskih Alpah. Na območju Križevnika sta CELARC & GORIČANOVA (2007) določila ilirsko starost tankega horizonta rdečkastega pelagičnega apnenca z radiolariji (amonitna cona *Kellnerites*). Ta horizont lahko vzporejamo z Ljubeljsko formacijo. KOZUR *et al.* (1994, 1996) so v Južnih Karavankah s pomočjo konodontnih raziskav dokazali spodnjeladinijsko (fassansko) starost Ljubeljske formacije. Glede na raziskavo CELARCA & GORIČANOVE (2007) pa je ta formacija v spodnjem delu še zgornjeanizijske (ilirjske) starosti. Večjo razprostranjenost imajo plasti Buchensteinske formacije, ki je razvita na Križevniku, na Utah med Logarsko dolino in Robanovim kotom. Njena debelina na Utah dosega okoli 30 m, na Križevniku pa okoli 10 m.

Plasti Buchensteinske formacije v Sloveniji pravzaprav niso značilno razvite. Izjema so skladoviti apnenci z roženci v krovni vulkanitov na ozemlju Južnih Karavank (KOZUR *et al.*, 1994, 1996) in ladinjsko zaporedje južno od Bohinjskega jezera, kjer najdemo diabazom podobne predornine s tufi, ki jih prekrivajo temni ploščasti apnenci z roženci in plastmi »pietra verde«, nad katerimi sledi Schlernska formacija (RAMOVŠ, 1970).

Bazenske plasti v Kamniško-Savinjskih Alpah

V zadnjem času odkrivamo zelo bogata in zanimiva nahajališča fosilov v plasteh Buchensteinske formacije, v Južnih Karavankah in v Kamniško-Savinjskih Alpah.

Na Utah ležijo na konglomeratnih in brečastih plasteh (ekvivalenti Ukovške breče) kalkareniti, v katerih najdemo bogat fosilni material, predvsem lupinice školjk, hišice polžev, pooglenele rastlinske ostanke, presedimentirane korale vrste *Volzeia sublaevis*. V kalkarenitih zasledimo ponekod horizontalno laminacijo in redke plastiklaste. Prisotna je tudi bioturbacija. Nad kalkareniti sledijo tankoplastnati črni apnenci z lapornatimi vložki, navzgor apnenci prevladajo in so vedno svetlejši (sivi). V njih najdemo alga *Teutlopora triasina*. Sivi plastnati apnenci navzgor hitro preidejo v svetlosive masivne apnence.

Na območju Križevnika ležijo na brečah z ostro mejo tankoplastnati sivi do temnosivi apnenci z vložki rjavkastega lističastega laporovca. Sledi horizont z več lapornate komponente, v katerem se menjavajo skrilavi, slabo kompaktni sivkasti, rjavkasto-sivkasti do zelenkasti laporovci. Vmes najdemo kompaktnije plasti, v katerih je polno fosilov (ostanki lupinic školjk, alge, slabo ohranjeni amoniti in korale). V eni izmed teh plasti smo našli kolonjsko koralo vrste *Andrazella labyrinthica* (določila Dragica Turnšek), ki ima stratigrafski razpon od začetka cordevola do konca tuvala (TURNŠEK, 1997). Do sedaj so korale te vrste v Sloveniji našli na Mežakli (nekdanja Julijska karbonatna platforma) in v biohermah v amfiklinskih plasteh v okolici Hudajužne. Pri naših raziskavah smo jih našli v ladinjskih bazenskih plasteh tudi v dolini Drage severno od Begunj. V isti plasti kot korale je na Belškovi planini CELARC (2004) našel alga *Teutlopora triasina* (z razponom od ilira do konca ladinija). Višje sledijo sivi laporasti apnenci. Na njih leži horizont sivkastega do rjavkastosivkastega gomoljastega apnenca. Navzgor ima kamnina masiven izgled in postaja svetlejša; vsebnost lapornate komponente se manjša, prevladajo svetlosivi masivni apnenci.



Schlernski apnenci gradijo ostenja Ojstrice.
Schlern limestones build massifs of Mt Ojstrica.

Proti jugozahodu se plasti nadaljujejo po policalh proti Križevniku.

V spodnjem ladiniju so se na ozemlju današnjih Kamniško-Savinjskih Alp ponovno začeli odlagati karbonatni sedimenti, med tem ko so se bazenske plasti še naprej odlagale v današnjih Južnih Karavankah. V Kamniško-Savinjskih Alpah ladinij obsega do več 100 m debelo zaporedje Schlernskega apnenca in dolomita (Schlernska formacija). Tam, kjer plasti Buchensteinske in Ljubeljske formacije, Ukovške breče in apnenca tipa Pontebba niso razvite, sledijo Schlernski apnenci in dolomiti neposredno nad plastmi Contrinske formacije. Apnenci in dolomiti so ponekod masivni, drugod plastnati in gradijo ostenja Ojstrice in Planjave, najdemo pa jih tudi v višjih predelih Križevnika in Krofičke. Plastnati apnenci so svetlosivi, ponekod tudi srednjesivi. Plastnatost je dobro izražena, debelina plasti pa se močno spreminja. Pretežno najdemo srednjeplastnate apnenice, redkeje tankoplastnate in ploščaste. Skoraj vedno so vmes debelejši (od 5 do 10 m) horizonti masivnega apnenca. Redko najdemo

v sicer masivnem apnencu leče in gnezda plastnatega apnenca. V masivnih apnencih Ojstrice najdemo številne korale, zato sklepamo, da so ponekod apnenci grebenske tvorbe, v plastnatih apnencih pa najdemo mikrofosile: *Teutloporella* cf. *echinata*, *Microtubus communis* in *Pynocopridium eomesozoicum*.

Bazenske plasti v Južnih Karavankah

Zelo dobro so plasti Buchensteinske formacije odkrite v dolini Drage severno od Begunj ter na Ljubelju. Podrobne stratigrafske raziskave ladinjskih plasti na ozemlju Južnih Karavank, ki so jih opravili Kozur *et al.* (1994, 1996), kažejo, da so plasti Buchensteinske formacije tu nekoliko mlajše kot v Kamniško-Savinjskih Alpah in pripadajo ladiniju, medtem ko so v Kamniško-Savinjskih Alpah nastajale nekako na prehodu med anizijem in ladinijem, točneje v iliru. Ladinjsko zaporedje je tudi v Južnih Karavankah povezano z razpadom



Plasti Ljubeljske formacije med Ljubeljem in Košutico.
Beds of the Ljubelj Formation in the area between Ljubelj and Košutica.

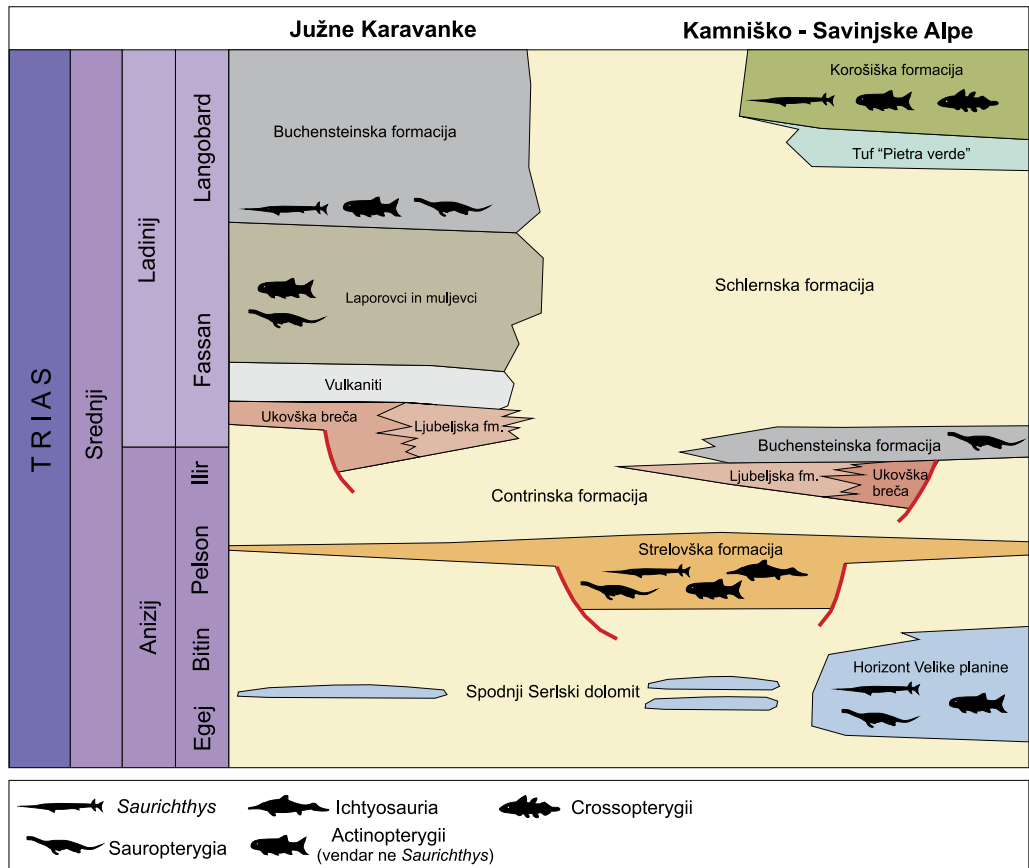


Izdanki srednjetriasnih ladinjskih plasti pod starim mejnim prelazom Ljubelj.
Outcrops of the Middle Triassic Ladinian beds below the old Ljubelj border crossing.

karbonatne platforme (Idrijska tektonska faza). Glede na opise Kozurja in sodelavcev sledijo nad plastmi Contrinske formacije rdeči pelagični apnenci Ljubeljske formacije. Navzgor najdemo vulkanoklastične plasti in kamnine (aglomerati, tufi, lavine breče in lave). Zaradi nadaljnjih tektonskih premikov so nato nastali bazeni, v katerih so se začele odlagati plasti Buchensteinske formacije. Bazenska sekvenca nad vulkanoklastičnimi kamninami se začne s klastičnimi sedimentnimi kamninami (polimiktične breče, konglomerati, peščenjaki, meljevci in glinavci) v skupni debelini do 45 m.

Te sedimentne kamnine so ekvivalent Ukovške breče. Z ostro mejo nato sledijo buchensteinske plasti, ki sestojijo iz plastnatih, gomoljaštih apnencev z roženci in z vmesnimi plastmi tufov in tufitov. Skupna debelina Buchensteinske formacije in klastičnih plasti pod njo glede na naša opazovanja variira, doseže pa gotovo nekaj deset metrov. Deloma je to verjetno posledica triasne topografije, deloma pa je to posledica današnje tektonske zgradbe ozemlja.

Podoben profil, kot ga opisujejo KOZUR *et al.* (1994, 1996), je razkrit tudi na slovenski strani na Ljubelju, vendar je stratigrafsko zaporedje



Poenostavljen shematski stratigrafski stolpec srednjetriasnih plasti v Kamniško-Savinjskih Alpah in Južnih Karavankah.

Simplified stratigraphic column of the Middle Triassic beds in the Kamniško-Savinjske Alps and Southern Karavanke Mountains.

zapleteno zaradi tektonike. Pod Košutico najdemo precej razširjene rdeče peščene apnenice in peščenjake ter sivorjave laporaste apnenice v skupni debelini nekaj deset metrov. V teh plasteh se pojavljajo številni rastlinski ostanki, v rjavkastih plasteh pa ponekod najdemo tudi sledi bioturbacije. Med rastlinskimi ostanki prevladuje pooglenel organski drobir, ponekod pa najdemo tudi več deset centimetrov dolge veje, ki so neredko piritizirane. Velika prisotnost rastlinskih ostankov govori v prid bližine kopnega ter vsaj sezonsko bolj humidnih razmer. V rdečih peščenih apnencih in peščenjakih se pojavljajo tudi do 1 cm veliki, popolnoma okrogli prodniki, verjetno permških kamnin, ponekod pa najdemo prave Ukovške breče, ki govorijo v prid ladinjski starosti. Glede na svoja opazovanja sklepamo,

da je vsaj del sedimenta za nastanek rdečih plasti puščavskega izvora. Domnevamo, da so bile takratne puščave deloma podvržene sezonskim klimatskim razmeram, ki so omogočale razmeroma bogato vegetacijo vsaj ob vodotokih. Posamezni kosi starejših kamnin so morali ležati v strugah in v pesku precej dolgo časa, da so pridobili popolnoma okroglo obliko.

Na Ljubelju so zelo razširjene tudi plasti Buchensteinske formacije, ki sledijo nad vulkanoklastičnimi plastmi. Najprej leži na vulkanoklastičnih plasteh več deset metrov debelo zaporedje, v katerem se pojavljajo rumenkasti apnenci ter rjavkasti, sivkasti do črni laporovci. V teh plasteh se pojavljajo številni drobni rameonožci, ribji ostanki in kosti plazilcev. Navzgor sledijo plasti Buchensteinske formacije, v katerih se prav tako pojavljajo ostanki plazilcev.

- BUSER, S. 1980: Stratigrafske vzeli v paleozojskih in mezozojskih plasteh v Sloveniji. – Simpozijum iz regionalne geologije i paleontologije (knjiga povzetkov), Beograd: 335–345.
- BUSER, S., KOLAR-JURKOVŠEK, T., JURKOVŠEK, B. 2007: Triassic conodonts of the Slovenian Basin. *Geologija*, 50 (1): 19–28.
- CELARC, B. 2004: Geological structure of the northwestern part of the Kamnik-Savinja Alps. Ph. D. Thesis, University of Ljubljana, Ljubljana, 137 p.
- CELARC, B., GORIČAN, Š. 2007: Diferenciran razpad anizijske (ilirske) karbonatne platforme v Julijskih Alpah (Prisojnik) in Kamniško-Savinjskih Alpah (Križevnik). Reports, 18th Meeting of Slovenian Geologists, 18: 11–15.
- ČAR, J. 2009: O geološki karti Idrijsko-Cerkljanskega hribovja med Stopnikom in Rovtami. *Geološki zbornik*, 20: 24–27.
- FANINGER, E. 1961: Magmatske kamnine v Kamniških Alpah in pri Laškem. *Geologija*, 7: 197–225.
- FOIS, E., JADOU, F. 1983: La Dorsale Paleocarnica anisica di Pontebba. *Riv. It. Paleont. Strat.*, 89 (1): 3–30.
- GRAFENAUER, S., 1980: Petrologija triadnih magmatskih kamnin na Slovenskem. Dela SAZU, Razred za prirodoslovne vede, 25: 1–220.
- KOZUR, H., KRAINER, K., LUTZ, D. 1994: Middle Triassic Conodonts from the Gartnerkofel – Zielkofel Area (Carnic Alps, Carinthia, Austria). *Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt*, 137 (2): 275–287.
- KOZUR, H. W., KREINER, K., MOSTLER, H. 1996: Radiolarians and Facies of the Middle Triassic Loibl Formation, South Alpine Karawanken Mountains (Carinthia, Austria). *Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck*, 4: 195–269.
- MIOČ, P., ŽNIDARČIČ, M., JERŠE, Z. 1983: Osnovna geološka karta SFRJ, list Ravne na Koroškem, 1 : 100.000. Zvezni geološki zavod, Beograd.
- RAKOVEC, I. 1946: Triadni vulkanizem na Slovenskem. *Geografski vestnik*, 2: 139–171.
- RAMOŠ, A. 1970: Stratigrafski in tektonski problemi triasa v Sloveniji. *Geologija*, 13: 159–173.
- TURNŠEK, D. 1997: Mesozoic Corals of Slovenia. Znanstvenoraziskovalni center SAZU, Založba ZRC, Ljubljana, 511 str.

Bogastvo fosilov v ladinijskih plasteh Kamniško-Savinjskih Alp in Južnih Karavank

Tomaž Hitij, Matija Križnar in Jure Žalohar

Fossils in Ladinian beds of the Kamniško-Savinjske Alps and Southern Karavanke Mountains

In the Ladinian beds, numerous fossil sites appear. In the Buchenstein Formation of the Kamniško-Savinjske Alps and Southern Karavanke Mountains, numerous plant remains, bivalves, gastropods, crinoids, echinoids, sponge spicule, corals, brachiopods, ammonites, fish, and reptile remains were found. The plant remains belong to the *Voltzia*, *Dicrodium*, and *Peltaspermum* genera. The crinoids often belong to the Encrinidae family. Among the echinoids, the *Braunechinus* and »*Cidaris*« genera were recognized. In the Draga Valley in the Southern Karavanke Mountains, numerous ammonites of the Trachyceratidae family occur. Among the vertebrates, isolated reptile and fish remains are common. From Ute Mountain in the Kamniško-Savinjske Alps we identified an isolated reptile tooth belonging to the Nothosauridae family. In the Draga Valley, articulated neopterygians and shark teeth of the *Palaeobates* genus were found. On the outcrop of the Buchenstein Formation near the Ljubelj mountain pass, fish of the genus *Saurichthys*, isolated ichthyosaur vertebra, and one disarticulated sauropterygian were found.

Ladinjske plasti v Kamniško-Savinjskih Alpah in Južnih Karavankah so izjemno bogate s fosilnimi ostanki. V njih smo našli številne ostanke školjk, polžev, morskih lilij, morskih ježkov, ramenonožcev, koral, spikul spongij in ostanke vretenčarjev (rib in plazilcev) ter številne rastlinske ostanke.

V ladinjskih plasteh Buchensteinske formacije so rastlinski ostanki dokaj pogosti. V profilu Ut so med fosili polžev, školjk, ramenonožcev in koral pogosti tudi do 5 cm veliki fragmenti fosilnega lesa, ki verjetno pripadajo voltzijam. V dolini Drage pa smo med rastlinskimi ostanki našli približno 5 cm dolg pooglenel ostanek, ki morda pripada praprotnicam morfološkega tipa *Dicrodium* ali *Peltaspermum*. Podobne rastlinske ostanke smo našli tudi v plasteh Koroške formacije. Oba morfo-tipa sta bila v triasu prisotna na južni (D'ANGELO, 2006) in tudi severni polobli (KARASEV, 2009).

Dicrodium pripada družini Corytospermaceae, ki združuje majhne in lesnate rastline, *Peltaspermum* pa pripada družini Peltasperma-ceae (FRASER, 2006), kamor spada tudi rod *Scytophyllum*.

Med številnimi fosilnimi spikulami spongij, školjkami, polži, koralami, amoniti in morskimi ježki smo nad dolino Drage v ladinjskih plasteh odkrili členke morskih lilij. Po velikosti in obliki sodeč vsi pripadajo večjim morskim lilijam iz družine Encrinidae, na kar kaže tudi odsotnost cernih brazgotin na vseh ostankih. Gladka in ravna zunanja površina členkov pečlja, razporeditev in število krenul kažejo na pripadnost rodovoma *Encrinus* in *Chelocrinus*. Ob upoštevanju starosti plasti lahko z veliko verjetnostjo pripišemo ostanke vrsti *Encrinus liliformis*, ki se množično pojavlja v srednetriasnih plasteh jugozahodne Nemčije in Poljske (HAGDORN,

1995). Hitra specializacija posameznih družin morskih lilij se je odvijala v poznem aniziju in začetku ladinija, kar se odraža tako v germanskem triasnem bazenu (Muschelkalk) kot v alpskem Tetidinem razvoju triasa (HAGDORN, 1999), čeprav pri nekaterih vrstah ni zaslediti velikega endemizma (SALAMON & NIEDŹWIEDZKI, 2005). Tako v ladiniju najdemo tudi stratigrafsko ozko omejeno vrsto *Encrinus greppini* in nekatere druge rodove. Dokaj podobne ostanke pecljev imata tudi vrsti *Chelocrinus carnali* in *Chelocrinus schlotheimi*, ki se pojavljata v zgornjem aniziju. Kot navaja HAGDORN (1999), je nahajališč z ostanki enkrinidnih morskih lilij veliko in bi bilo potrebno izvesti njihovo revizijo. Čeprav je bilo v Sloveniji kar nekaj najdb morskih lilij, so te še dokaj neraziskane predvsem v spodnje- in srednjetriasnih plasteh.

Na posameznih ploščah kamnine nad dolino Drage smo našli veliko število bodic morskih ježkov. Nekatere bodice (ali radiole) pripadajo rodu *Braunechinus* in so zelo podobne tistim pri vrsti *Braunechinus waechteri*. To vrsto so našli v plasteh od anizija do karnija južne Evrope (KROH, 2010). Isto vrsto na svojih tablah prikazuje tudi ZARDINI (1988), in sicer še pod imenom *Cidaris waechteri*. Bodica ima lepo viden vrat in telo, pokrito z vzdolžnimi nizi izrastkov ali trnov. Poleg omenjenih bodic smo odkrili še nekoliko večje bodice, ki imajo prav tako po telesu razporejene trne, a ti niso tako izraziti. Glede na velikost in obliko bodic bi jih lahko pripisali vrsti »*Cidaris*« *venestepinosa* ali »*Cidaris*« *wissmanni*. Slednja ima pogostejše in močnejše trne. Obe vrsti so našli v zgornjeanizijskih plasteh Kitajske (provinca Guizhou), medtem ko je vrsta »*Cidaris*« *wissmanni* najdena tudi v plasteh anizija, ladinija in karnija Italije, Madžarske in Romunije (STILLER, 2001).

Izdanki Buchensteinske formacije
nad dolino Drage.

Outcrops of the Buchenstein Formation
above the Draga Valley.







Ploščica morske lilije iz ladinjskih plasti v Dragi (T-1035), Buchensteinska formacija, velikost 5 mm.

Crinoid plate from Ladinian beds in the Draga Valley (T-1035), Buchenstein Formation, size 5 mm.



Lupina ramenonožca iz ladinjskih plasti v Dragi (T-1041), Buchensteinska formacija, velikost 4 mm.

Brachiopod shell from Ladinian beds in the Draga Valley (T-1041), Buchenstein Formation, size 4 mm.



Bodica morskega ježka *Braunechinus waechteri* iz Drage (T-1041), Buchensteinska formacija, dolžina 7 mm.

Bristle of the echinoid *Braunechinus waechteri* from Ladinian beds in the Draga Valley (T-1041), Buchenstein Formation, length 7 mm.



Rebro plazilca (?) iz ladinjskih plasti v Dragi (T-1029),
Buchensteinska formacija, dolžina 35 mm.

Reptile (?) rib from Ladinian beds in the Draga Valley (T-1029),
Buchenstein Formation, length 35 mm.



Neznan ostanek vretenčarja iz ladinjskih plasti v Dragi (T-1035),
Buchensteinska formacija, velikost 4 mm.

Unidentified vertebrate remain from Ladinian beds in the Draga
Valley (T-1035), Buchenstein Formation, size 4 mm.

Med fosilnimi ostanki, ki smo jih odkrili na južnem pobočju Begunjščice v dolini Drage so tudi lupine ramenonožcev. Ostanki so majhni in slabše ohranjeni, toda po vidnih znakih verjetno pripadajo spiriferidom (red Spiriferida), ki so bili v triasu še dokaj pogosti. Sodeč po nekaterih znakih, kot sta ramenski aparat in oblika lupine bi lahko nekatere primerke uvrstili v naddružino Thecidaeacea, katerih predniki so se odcepili prav iz spiriferidnih ramenonožcev (MURRAY, 1985).

V laminiranem do tankoplastnatem sivem do rjavem muljevcu v dolini Drage se pojavljajo tudi številčna nakopičenja amonitov, ki pripadajo družini Trachyceratidae. V teh plasteh smo našli tudi dobro ohranjene artikulirane ribje skelete. Na žalost smo jih doslej našli le v precej prepereli kamnini, tako da so bili ostanki precej sprani. Vendar njihova ohranjenost kaže, da bi z novimi izkopavanji lahko dobili sveže, dobro ohranjene primerke. Posamezne ostanke rib smo v istih plasteh našli tudi na Ljubelju. Našli smo 5 cm veliko lobanjo



Ribja čeljust iz ladinjskih plasti v Dragi (T-1035), Buchensteinska formacija, dolžina 10 mm.

Fish jaw from Ladinian beds in the Draga Valley (T-1035), Buchenstein Formation, length 10 mm.

juvenilnega primerka ribe iz rodu *Saurichthys* (T-1032) ter artikuliran skelet žarkopalvutarice (T-1033), ki je v postopku preparacije. V plasteh gomoljastega apnenca na Gradišču se pojavljajo tudi številni drugi ribji ostanki, predvsem gre za posamezne nedoločljive kosti

in čeljusti, ki se pojavljajo skupaj z drobnimi ramenonožci, školjkami, polži, koralami in spikulami spongij. Skoraj cel skelet ribe je v teh plasteh našel tudi Stane Lamovšek (RAMOVŠ, 1998). Odtis ribe verjetno pripada družini Peltopleuridae ali Habroichthyidae.



Skelet hibodontnega morskega psa iz rodu *Hybodus* (po CAPPETTA, 1987).

Skeleton of a hybodont shark from the *Hybodus* genus (after CAPPETTA, 1987).



Zob morskega psa rodu *Palaeobates* iz ladinjskih plasti v Dragi (T-1035), Buchensteinska formacija, dolžina 4 mm.

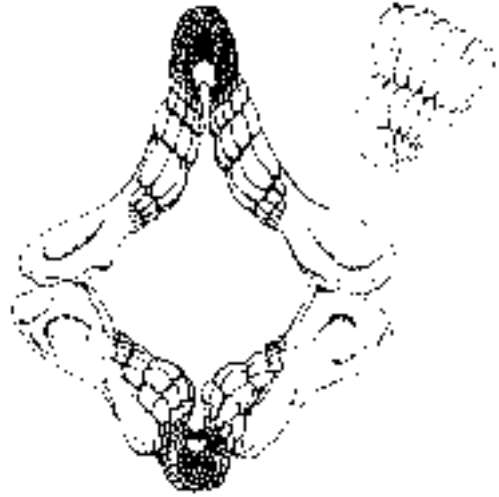
A shark tooth belonging to the *Palaeobates* genus from the Ladinian beds in the Draga Valley (T-1035), Buchenstein Formation, length 4 mm.



Zob morskega psa rodu *Palaeobates* iz ladinjskih plasti v Dragi (T-1028), Buchensteinska formacija, dolžina 11 mm.

A shark tooth belonging to the *Palaeobates* genus from the Ladinian beds in the Draga Valley (T-1028), Buchenstein Formation, length 11 mm.

Med ostanki rib kostnic smo našli tudi zobe triasnih morskih psov iz rodu *Palaeobates*. So podolgovati, imajo nizko krono in visoko korenino. Močno usločen zob iz doline Drage, ki smo ga pripisali rodu *Palaeobates*, je dolg približno 15 mm in širok okoli 4 mm (T-1028). Ornamentacija zobne krone je iz mrežasto razporejenih izboklinic, korenina je visoka z vidno notranjo zgradbo. Ostanek zoba je zelo podoben prednjim zobem vrste *Palaeobates angustissimus* iz klasičnega nahajališča srednjetriasnih vretenčarjev Monte San Giorgio v Švici (CAPPETA, 1987). V istih plasteh je bil najden še en manjši, 4 mm velik zob z visoko korenino (T-1035), ki najverjetneje prav tako pripada rodu *Palaeobates*. Ta rod je znan in opisan predvsem na osnovi najdb zob, bodic pred hrbtnimi plavutmi in redkih drugih skeletnih ostankov (RIEPEL, 1981), ki so jih našli tudi v Nemčiji, Franciji, Romuniji, Luksemburgu, na Nizozemskem in v Združenih državah Amerike.



Čeljusti z zobmi morskega psa rodu *Heterodontus* (levo) in ostanek čeljusti triasnega morskega psa rodu *Acrodus* (desno, po WALKER & WARD, 1992).

Jaws with teeth of the shark belonging to the *Heterodontus* genus (left) and remain of the jaw belonging to the shark genus *Acrodus* (right, after WALKER & WARD, 1992).

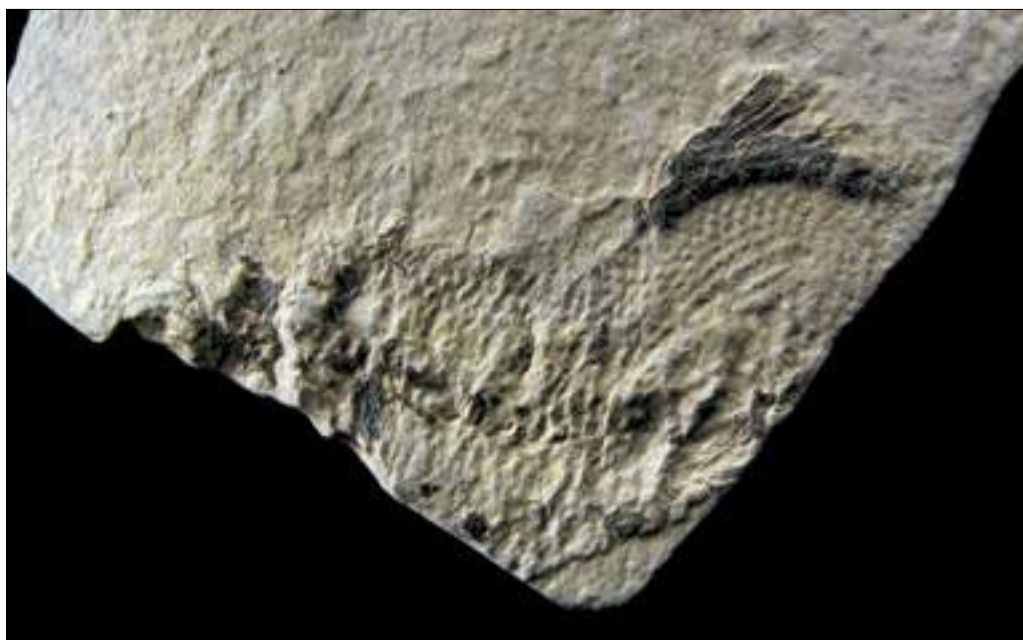


Amonit iz ladinjskih plasti v Dragi (T-1024), Buchensteinska formacija, velikost 12 mm.

Ammonite from Ladinian beds in the Draga Valley (T-1024), Buchenstein Formation, size 12 mm.



Riba iz ladinjskih plasti v Dragi (T-1026), Buchensteinska formacija, velikost 20 mm.
Fish remain from Ladinian beds in the Draga Valley (T-1026), Buchenstein Formation, size 20 mm.



Riba iz ladinjskih plasti v Dragi (T-1027), Buchensteinska formacija, velikost 47 mm.
Fish remain from Ladinian beds in the Draga Valley (T-1027), Buchenstein Formation, size 47 mm.

Podobne zobe so imeli tudi morski psi iz rodu *Acrodus*, ki se v triasnih plasteh pojavljajo pogosteje. Po novejših raziskavah zob (REES, 2008) oba rodova uvrščajo v poddružino Acrodontinae, ki spada v družino Hybodontidae. Rod *Palaeobates* je CAPPETA (1987) uvrstil v družino Polyacrodontidae, vendar je opozoril, da je ta uvrstitev hipotetična. Sistematika triasnih morskih psov je nedorečena, saj so njihovi zobje zelo raznoliki, drugi ostanki pa so izjemno redki. V Sloveniji smo do sedaj poznali le skromne ostanke rodu

Palaeobates iz zgornjetriasnih plasti Poljanske doline (KRIŽNAR, 2009).

Predstavniki obeh rodov *Palaeobates* in *Acrodus* so imeli zobe v čeljustih razporejene tako, da so pokrivali veliko površino in s tem omogočili učinkovito drobljenje lupin mehkužcev, glavonožcev in mogoče tudi kosti vretenčarjev. Podobne oblike zob in čeljusti se pojavljajo že od paleozoika in jih srečamo še danes pri morskih psih iz rodu *Heterodontus*.

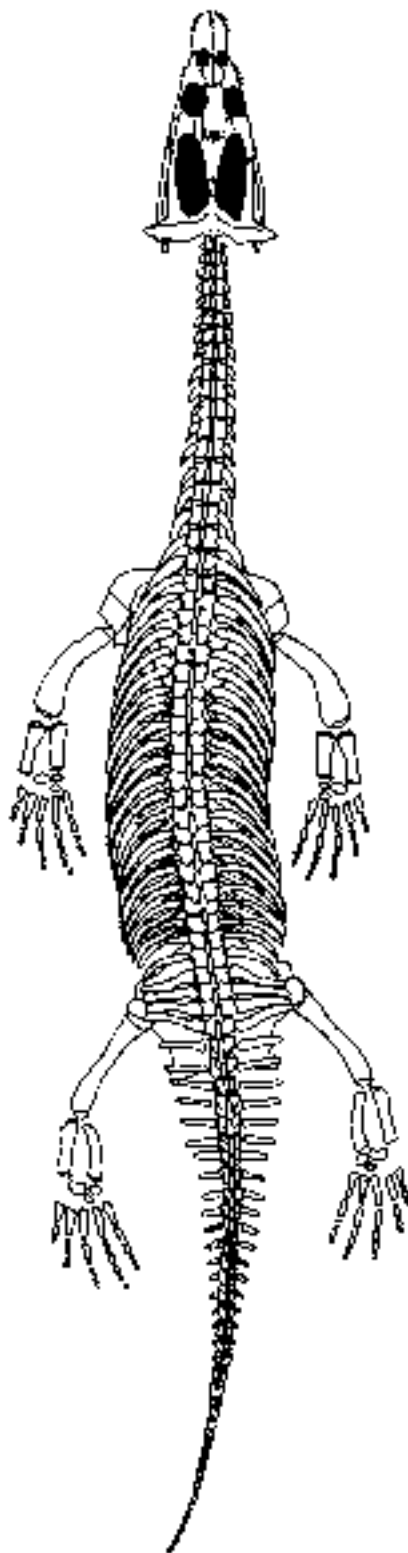
Poleg omenjenih fosilov smo v zadnjih letih v plasteh klastičnih sedimentnih kamnin pod



Ihtiozavrovo vretence iz ladinjskih plasti iz Ljubelja (T-1023), Buchensteinska formacija, velikost 10 mm.
Ichthyosaur vertebra from Ladinian beds near Ljubelj border crossing (T-1023), Buchenstein Formation, size 10 mm.

Buchensteinsko formacijo (v Južnih Karavankah) in v sami Buchensteinski formaciji (v Južnih Karavankah in Kamniško-Savinjskih Alpah) odkrili tudi bogata nahajališča triasnih morskih plazilcev. V dolini Drage smo našli le rebro (T-1029). Več njihovih ostankov pa smo našli na Ljubelju. V temnosivih ploščastih apnencih in rjavkastih gomoljastih, nekoliko brečastih apnencih so posamezne kosti in vretenca zavropterigijev in ihtiozavrov. V marogastih rjavih laporastih apnencih smo našli neartikulirano okostje vodnega plazilca (T-1034). Skoraj v celoti so ohranjena tri dorzalna rebra, eno kavalno rebro, sednica in črevnica. Ohranjenih je še nekaj fragmentov kosti, ki jih zaradi delne ohranjenosti nismo uspeli natančneje določiti.

V plasteh Buchensteinske formacije na Utah nas je presenetila najdba zelo velikega zoba (T-1036). Ohranil se je le spodnji del koničasto oblikovanega zoba, ki meri 2,5 cm v dolžino. Celotna krona zoba je bila verjetno dolga vsaj 4 cm. Glede na velikost in obliko zoba sklepamo, da pripada reptilu iz družine Nothosauridae. V primerjavi s pahipleurozavri so bili notoza-vri evlucijsko mlajše oblike reptilov. Dosegali so velikosti okoli treh metrov. Imeli so dolg vrat, na koncu katerega je bila dolga in sploščena glava. Čeljusti so imeli posejane s številnimi dolgimi koničastimi zobmi, ki so štrleli navzven in so dajali notoza-vru njegov značilni videz. Notoza-vri so se prehranjevali z ribami, manjšimi reptili in glavonožci. Njihove ostanke so našli na Kitajskem, v Franciji, Nemčiji, Izraelu, na Nizozemskem, v Rusiji, Švici, Italiji in v severni Afriki.



Okostje notoza-vra (vrsta *Nothosaurus marchicus*) z veliko glavo in s kratkim repom (po DIEDRICH & TROSTHEIDE, 2007).

Skeleton of a nothosaur (*Nothosaurus marchicus*) with large head and short tail (after DIEDRICH & TROSTHEIDE, 2007).



Ostanki vodnega plazilca iz Ljubelja (T-1034), Buchensteinska formacija, dolžina rebra 70 mm.
Sauropterygian remains found near Ljubelj border crossing (T-1034), Buchenstein Formation,
length of the rib 70 mm.

- CAPPETA, H. 1987: Chondrichthyes II. Mesozoic and Cenozoic Elasmobranchi. Handbook of Paleichthyology, 3B, GustavFischerVerlag; 193 p.
- D'ANGELO, J. A. 2006: Analysis by Fourier transform infrared spectroscopy of *Johnstonia* (Corystospermales, Corystospermaceae) cuticles and compressions from the Triassic of Cacheuta, Mendoza, Argentina. *Ameghiniana*, 43 (4): 669–685.
- DIEDRICH, C.G., TROSTHEIDE, F. 2007: Auf den Spuren der terrestern Muschelkalksaurier und aquatischen Sauropterygier vom obersten Röt bis zum Mittleren Muschelkalk (Unter-/Mitteltrias) von Sachsen-Anhalt. *Abhandlungen und Berichte für Naturkunde*, 30; 5–56.
- FRASER, N. C. 2006: *Down of the Dinosaurs: Life in the Triassic*, Indiana University Press, 307 p.
- HAGDORN, H. 1995: Triassic crinoids. *Zbl. Geol. Paläont.*, 2 (1/2): 1–22.
- HAGDORN, H. 1996: Palökologie der Trias-Seelilie *Dadocrinus*. *Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck*, 21:18-38.
- HAGDORN, H. 1999: Triassic Muschelkalk of Central Europe. V: Hess, H., Ausich, W. I., Brett, C. E., Simms M. J. (ured.): *Fossil Crinoids*. Cambridge University Press: 164–176.
- HAGDORN, H., GLUCHOWSKI, E. 1993: Paleobiogeography and Stratigraphy of Muschelkalk Echinoderms (Crinoidea, Echinoidea) in Upper Silesia. V: Hagdorn, H., Seilacher, A. (ured.): *Muschelkalk*. Goldschneck Verlag: 165–176.
- KARASEV, E. V. 2009: A New Genus *Navipelta* (Peltaspermales, Pteridospermae) from the Permian/Triassic Boundary Deposits of the Moscow Syncline. *Paleontological Journal*, 43 (10): 1262–1271.
- KIER, P. M. 1977: Triassic Echinoids. *Smithsonian Contributions to Paleobiology*, 30: 1–88.
- KOŠIR, A. 1989: O fosilnih morskih ježkih. *Proteus*, 51, 331–334.
- KRIZNAR, M. 2009: Triasni morski pes rodu *Palaeobates* v Sloveniji. *Proteus*, 72 (2): 78–79.
- KROH, A. 2010: Index of Living and Fossil Echinoids 1971 - 2008. *Ann. Naturhist. Museum Wien, Serie A*, 112: 195–470.
- LEBEDEV, O. A. 2008: Systematics and dental system reconstruction of the durophagous chondrichthyan *Lagardus* Jaekel, 1898. *Acta Geologica Polonica*, 58 (2): 199–204.
- MURRAY, J. W. 1985: *Atlas of Invertebrate Macrofossils*. The Palaeontological Association, Longman, 241 p.
- RAMOVŠ, A. 1998: Najstarejša triasna riba v Sloveniji. *Proteus*, 61 (2): str. 55.
- REES, J. 2008: Interrelationships of Mesozoic hybodont sharks as indicated by dental morphology – preliminary results. *Acta Geologica Polonica*, 58 (2): 217–221.
- RIEPEL, O. 1981: The hybodont sharks from the Middle Triassic of Mte. San Giorgio, Switzerland. *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.*, 161 (3), 324–353.
- SALAMON, M. A., Niedzwiedzki, R. 2005: An explanation for low endemisms of Triassic crinoids from the epicontinental germanic Basin, Poland. *Geological Quarterly*, 49 (3): 331–338.
- STILLER, F. 2001: Echinoid Spines from the Anisian (Middle Triassic) of Qingyan, South- western China. *Palaeontology*, 44 (3): 529–551.
- WALKER, C., WARD, D. 1992: *Fossils - Eyewitness Handbooks*. Dorling Kindersley Lm.: 199–200.
- ZARDINI, R. 1988: *Geologia e fossili delle Dolomiti di Cortina e dintorni*. Edizioni Dolomiti, 45 p.





Korošiška formacija – zadnji ladinijski anoksični dogodek

The Korošica Formation – the last Ladinian anoxic event

Tektonski premiki v živahnem obdobju srednjega triasa so bili povezani z izmenjujočimi se obdobji, ko so se enkrat odlagali apnenci in dolomiti na karbonatnih platformah, spet drugič so karbonatne platforme razpadle, se pogreznile in takrat so se odlagali bazenski sedimenti Horizonta Velike planine, Strelovške in Buchensteinske formacije. V ladiniju Kamniško-Savinjskih Alp pa nimamo le treh bogatih fosilonosnih horizontov z vretenčarji, temveč so se ob koncu ladinija, natančneje v langobardu, odložile še plasti Korošiške formacije, ki so s paleontološkega stališča prav tako zelo zanimive.

Kocbekov dom na Korošici.

Kocbek Chalet on Mt Korošica.

Zgornjeladinijske plasti in fosili v Kamniško-Savinjskih Alpah

Jure Žalohar, Bogomir Celarc in Tomaž Hitij

Upper Ladinian beds and fossils of the Kamniško-Savinjske Alps

More than 600 m of massive limestones of the Schlern Formation (Ladinian) were deposited above the Pontebba limestones or Buchenstein Formation. In some areas, shallow water carbonate sedimentation was not interrupted by the break-up of the platform and Contrin Formation passes into the Schlern Formation continuously.

The upper part the Schlern Formation is interrupted by deposition of the Langobardian Korošica Formation. The Korošica Formation is represented by a tuff horizon and vertebrate-bearing bituminous platy limestones with chert and calcarenites. Locally, the Korošica Formation was not deposited at all. In such localities, breccias indicate discordance between carbonate rock of the Schlern Formation and younger Carnian limestones (CELARC, 2004). The end of the deposition of Korošica Formation is characterized by progradation of the Upper Ladinian to Carnian carbonate platform.

The macrofossil content of the Korošica Formation on the classical fossil site on Korošica comprises bivalves *Daonella lommeli*, *Posidonia wengensis*, and *P. pannonica*, several ammonites with leading Langobardian substage species *Trachyceras (Protrachyceras) archelaus* and *Monophyllites wengensis*, and plant remains belonging to *Volzia foetterlei* (TELLER, 1885; SEIDL, 1907/1908; JURKOVŠEK, 1984; SCHATZ, 2004). Furthermore, during our later research a fish scale belonging to the family Coelacanthidea was found among a number of coprolites and isolated fish remains on Korošica, as well as a fish of the genus *Saurichthys* on the outcrop of Korošica Formation in the Kamniška Bela Valley.

Plasti Korošiške formacije predstavljajo zadnji ladinijski anoksični dogodek na ozemlju današnjih Kamniško-Savinjskih Alp. Najdemo jih na širšem prostoru Korošice (pod Dedcem), Dleskovške planote, med Lučami in dolino Kamniške Bele (pritok Kamniške Bistrice). Profil Korošiške formacije na Korošici je znan zaradi bogastva fosilov že več kot stoletje, saj ga je v drugi polovici 19. stoletja odkril TELLER (1898b). Kasneje so ga podrobno obdelali JURKOVŠEK (1984) ter GORIČANOVA & BUSER (1990). Langobarske plasti nastopajo kot tankoplastnat, ploščast apnenec temnosive barve s tankimi vzporedno usmerjenimi silificiranimi laminami, kongrecijami ali gomolji. Ponekod so vmes plasti debeložrnatega apnenca in

laminiranega do tankoplastnatega temnega (skoraj črnega) bituminoznega apnenca. Skladovnica je debela približno 50 m. Navzgor prehaja zaporedje v rjavkastosiivi apnenčev dolomit, ki mu je Jurkovšek (1984) pripisal cordevolsko starost. Meja je rahlo tektonizirana, vendar gre tu le za manjše horizontalne premike. Medtem ko je zgornja meja profila jasna, pa spodnja zaradi pretežno pokritega terena ni tako očitna. Od kočice na Korošici vzdolž planinske poti proti Robanovem kotu se v bazi ploščastih apnenecv pojavljajo zeleni tufi tipa »pietra verde«, ki imajo masiven izgled brez izrazite plastnatosti, le ponekod je vidna laminacija. Verjetno h Korošiški formaciji spadajo tudi ploščasti apneneci z redkimi gomolji rožencev



Školjke *Daonella lommeli* (T-895) so najpogostejši fosil na klasičnem nahajališču na Korošici, Koroška formacija, velikost 60 mm.

The bivalves *Daonella lommeli* (T-895) are the commonest fossils on the classical fossil site on Mt Korošica, Korošica Formation, size 60 mm.



Amonit *Protrachyceras* sp. (T-888) s klasičnega nahajališča langobardske favne na Korošici, Koroška formacija, velikost 23 mm.

Ammonite *Protrachyceras* sp. (T-888) from the classical fossil site with Langobardian fauna on Mt Korošica, Korošica Formation, size 23 mm.

pri slapu Rinka in na vzhodnih pobočjih Mrzle gore. RAMOVŠ (1975) je menil, da so ti apnenci enako stari kot karnijski ploščasti apnenci pri Bivaku pod Skuto. Vendar je KOLAR - JURKOVŠKOVA (2001) v njih določila konodontni rod *Glandigondolella*, ki ima razpon od spathija do karnija. Glede na fosilne ostanke ploščastih apnencev pri Bivaku pod Skuto (tuval) in tistih ob slapu Rinka ne smemo starostno enačiti, ker so plasti na območju slapu Rinka in nad njim bistveno starejše. Glede na stratigrafsko lego so ladinjske starosti, glede na fosilni inventar pa ladinjske ali cordevolske starosti. Koroška formacija je nastala v poznem obdobju Idrijske tektonske faze, ki jo je spremljalo močno vulkansko delovanje.

Fosili Koroške formacije

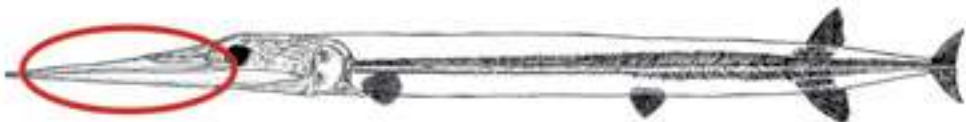
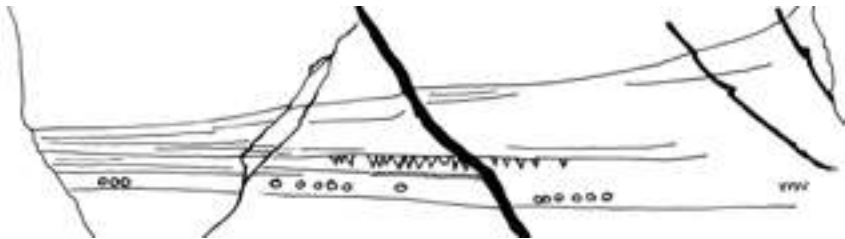
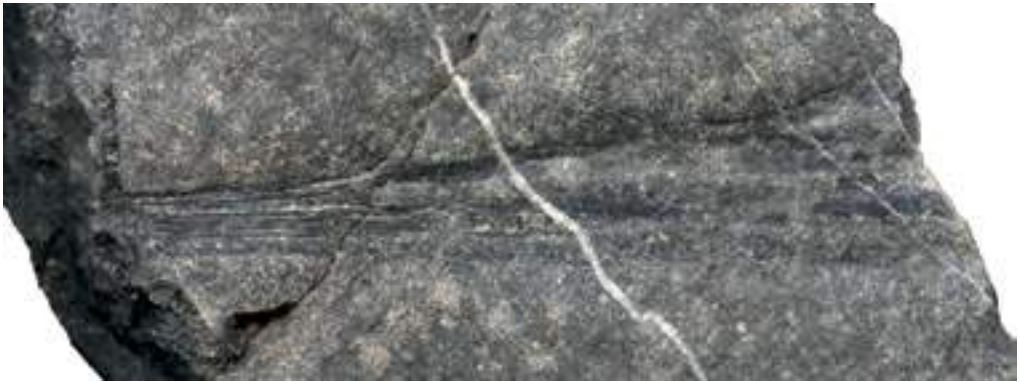
V plasteh Koroške formacije se pojavljajo številni makrofosili. Najbolj znano nahajališče je na Korošici (TELLER, 1898a, b; JURKOVŠEK, 1984), kjer se v plasteh temnega ploščatega laminiranega do tankoplastnatega apnenca pojavljajo številne školjke vrst *Daonella lommeli*, *Posidonia wengensis*, najrazličnejši amoniti ter ostanke vretenčarjev. Podobna nahajališča v langobardskih plasteh JURKOVŠEK (1984) opisuje tudi drugod v Sloveniji. Med njimi naj omenimo nahajališča na Rakitovcu pri Blagovici, pri celjskem gradu in pri Gradišču v bližini Polhovega Gradca. V Kamniški Beli pri partizanski bolnišnici smo v plasteh Koroške



Izdanek Koroškiške formacije na Korošici
Outcrop of Korošica Formation on Mt Korošica.

formacije našli ostanek ribe iz rodu *Saurichthys*, ki so ga predhodno napačno pripisali ostanku glavonožca (MIKUŽ *et al.*, 1997). Ohranila se je lobanja z delom zgornje in spodnje čeljusti, v katerih so številni zobje. Na planini Korošica pa smo v plasti med številnimi ostanki školjk *Daonella lommeli* našli lusko, ki pripada resoplavutarici. Čeprav gre le za lusko, je najdba zelo pomembna, saj je to prva najdba resoplavutarice v Sloveniji. Resoplavutarice so zelo poseben red rib. Imajo značilno preoblikovane plavuti, ki spominjajo na okončine kopenskih

živali, zato naj bi predstavljale manjkajoči člen med ribami in štirinožci. Pojavile so se v devonu in dolgo časa smo bili prepričani, da so izumrle ob koncu krede. Leta 1938 je znanstveni svet močno presenetilo odkritje prvega danes živečega primerka te ribe iz rodu *Latimeria* v Južni Afriki. To presenetljivo odkritje bi lahko primerjali z odkritjem danes živečih dinosavrov. Sledilo je še več podobnih odkritij, tako da poznamo že dve recentni vrsti iz reda resoplavutaric.



Eden prvih triasnih ostankov vretenčarjev, najdenih nad dolino Kamniške Bistrice, pripada ribi iz rodu *Saurichthys* (T-1022), Koroška formacija, dolžina 53 mm.

One of the first Triassic vertebrate remains found above the Kamniška Bistrica Valley belongs to the *Saurichthys* sp. (T-1022), Korošica Formation, length 53 mm.



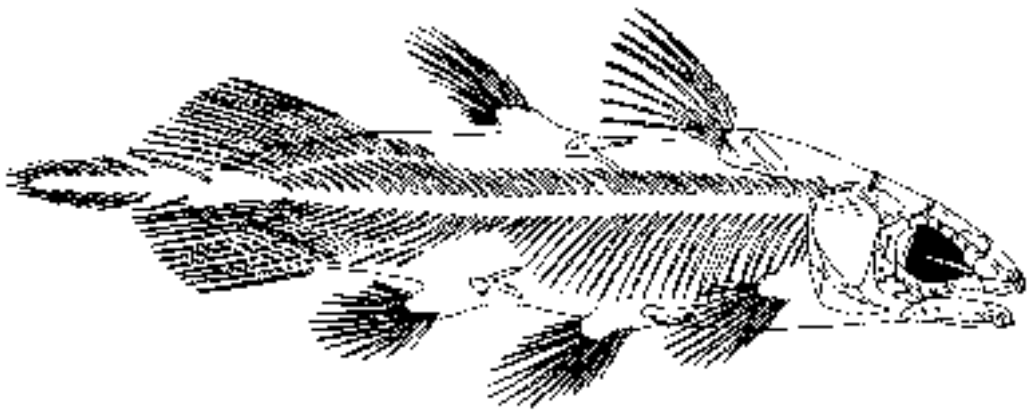
Luske različnih resoplavutaric (Coelacanthiformes). Levo: *Diplurus newarki* (po SCHAEFFER, 1952); sredina: *Latimeria chalumnae* (po MÜLLER, 1966); desno: *Undina penicillata* (po ZITTEL, 1911). Risbe niso v razmerju.

Scales belonging to various coelacanth (Coelacanthiformes). Left: *Diplurus newarki* (after SCHAEFFER, 1952); middle: *Latimeria chalumnae* (after MÜLLER, 1966); right: *Undina penicillata* (after ZITTEL, 1911). Drawings are not to scale.



Delno ohranjena luska resoplavutarice (T-887), Korošiška formacija, velikost 8 mm.

Partly preserved Coelacanth scale (T-887), Korošica Formation, size 8 mm.



Triasna resoplavutarica iz rodu *Diplurus* (po SCHAEFFER, 1952).

Triassic coelacanth belonging to the *Diplurus* genus (after SCHAEFFER, 1952).

Rekonstrukcija sedimentacijskega okolja

Plasti Koroškiške formacije so bile v primerjavi s plastmi Horizonta Velike planine in Strelovške formacije odložene v bolj odprtem morskem okolju. Ostanke vretenčarjev se pojavljajo v obliki izoliranih kosti in lusk. Velika vsebnost organskega drobirja v temnem bituminoznem apnencu kaže na visoko produktivnost okolja (TINTORI, 1992). Številčne dobro ohranjene tanke lupine školjk rodov *Daonella* in *Posidonia* kažejo na relativno mirno okolje (JURKOVŠEK, 1984) in dobro prezračeno morsko dno. Posamezne vrste teh rodov so odlični vodilni fosili, ki so zlasti pomembni pri razčlenjevanju

ladinijskih plasti (JURKOVŠEK, 1984). Daonele in pozidonije na večini nahajališč najpogosteje najdemo v temnem, bituminoznem in laporastem apnencu, ki kaže na redukcijsko okolje, ki je nastalo zaradi razpada organskih snovi. Vendar so bile redukcijske razmere, ki so kamnino obarvale temno, prisotne le znotraj sedimenta, zato niso bistveno vplivale na življenje daonel in pozidonij (JURKOVŠEK, 1984). Stopnja ohranjenosti njihovih lupin je tudi dober pokazatelj energijskega indeksa okolja. Daonele imajo zelo tanko lupinico, ki se ob prisotnosti močnejših morskih tokov hitro zdrobi.

-
- CELARC, B. 2004: Geological structure of the northwestern part of the Kamnik-Savinja Alps. Ph.D. Thesis, University of Ljubljana: 137 p.
- GORIČAN, Š., BUSER, S. 1990: Middle Triassic radiolarians from Slovenia (Yugoslavia). *Geologija*, 31-32: 133–197.
- JURKOVŠEK, B., 1984: Langobardske plasti z daonelami in pozidonijami v Sloveniji. *Geologija*, 27: 41–95.
- MIKUŽ, V., PAVŠIČ, J., KRIŽNAR, M. 1997: Nenavadni belemniti. *Gea*, 7 (6): 32–33.
- RAMOVŠ, A. 1975: Kako je nastal slap Rinka. *Proteus*, 38: 51–59.
- SCHAEFFER, B. 1952: The Triassic coelacanth fish *Diplurus*, with observations on the evolution of the Coelacanthini. *Bull. Amer. Museum. Nat. Hist.*, 99 (2): 25–78.
- SEIDL, F. 1907/1908: Slovenska zemlja. Opis slovenskih pokrajin v prirodnoznanem, statističnem, kulturnem in zgodovinskem oziru. Peti del: Kamniške ali Savinjske Alpe, njih zgradba in lice. Poljuden geološki in krajinski opis. I. zvezek. Matica Slovenska, Ljubljana.
- TELLER, F. 1885: Fossilführende Horizonte in der oberen Trias der Sanntataler Alpen. *Verhandl. Geol. R. A.*: 355–361.
- TELLER, F. 1898a: Eisenkappel und Kanker, Zone 20, Col. 11 (Geologische Spezialkarte der k. k. Österreichisch – Ungarischen Monarchie 5453, 1: 75 000). K. k. Geologische Reichsanstalt, Wien.
- TELLER, F. 1898b: Erläuterungen zur Geologischen Karte der k. k. Österreichisch – Ungarischen Monarchie Eisenkappel und Kanker. K. k. Geologische Reichsanstalt, Wien, 150 S.
- TINTORI, A. 1992: Fish taphonomy and Triassic anoxic basins from the Alps: a case history. *Riv. It. Paleont. Strat.*, 97 (3-4): 393–408.





Zgornjetriasni gorski masivi

The Upper Triassic rocky massifs

Po natančnih opisih triasnih plasti, ki smo jih podali v prejšnjih poglavjih, nam je preostalo le, da pestro obdobje triasa sklenemo z opisom zgornjetriasnih kamnin. Zgornjetriasne plasti dosegajo namreč izjemno debelino in gradijo večino pogorja slovenskih Alp, tako Kamniško-Savinjskih kot tudi Julijskih Alp ter Južnih Karavank. Na ozemlju Kamniško-Savinjskih Alp doslej nismo našli ostankov vretenčarjev, so pa le te našli v Južnih Karavankah in Julijskih Alpah.

Triglav.

Mt Triglav.

Zgornjetriasne plasti Slovenskih Alp

Jure Žalohar in Bogomir Celarc

Upper Triassic beds of the Slovenian Alps

The Upper Triassic rocks build the greater part of the Kamniško-Savinjske Alps and Julian Alps. From the Carnian, predominantly shallow water platform limestones in the biolithitic reef facies or bedded peritidal limestones are present. They correspond to the Razor limestone from the Julian Alps (CELARC & KOLAR-JURKOVŠEK, 2008). Distinct regional drowning in the Tuvallian affected previous platforms with deposition of the thin package of red pelagic Martuljek limestones. Later, strong progradation of the Norian Dachstein platform with extensive reef and slope limestones filled the basin. Typical peritidal Dachstein limestone was deposited behind the prograding reef. Thick-bedded Dachstein limestones, frequently characterized by Lofer cyclothems, are occasionally overlain by massive reef limestone (BUSER *et al.* 1982).

Karnij

Za spodnji karnij, ki že pripada zgornjemu triasu, je značilna progradacija karbonatne platforme in proces kompakcije (CELARC, 2004a; BUSER *et al.*, 2007). Osrednje območje Slovenije je ostalo še naprej globoko pogreznjeno in je prešlo v Slovenski bazen. Vulkanizem je popolnoma zamrl. Slovenski bazen je ločil Julijsko karbonatno platformo na severu in Dinarsko karbonatno platformo na jugu. Proti severu so se v karniju iz Slovenskega bazena v Julijsko karbonatno platformo zajedali globljemorski intraplatformni jarki, v katerih so se odlagali beli do temnosivi mikritni apnenci.

Julijska karbonatna platforma je torej nastala v območju severno od Slovenskega bazena (BUSER *et al.*, 2007). Zavzemala je današnje Julijske Alpe, Južne Karavanke in Kamniško-Savinjske Alpe. V slednjih ležijo na pestrih ladinjskih kamninah apnenci, ki so po ugotovitvah CELARCA (2004b) v spodnjem delu še

Planja in Razor, Julijske Alpe.
Mt Planja and Mt Razor, Julian Alps.



ladinijske starosti, navzgor pa segajo v karnij (cordevol). Ti apnenci in dolomiti so ekvivalent kasijanskega dolomita v italijanskih Dolomitih (CELARC, 2004a,b, 2008). V Julijskih Alpah je normalni kontakt viden v severnem ostenju Prisojnika, na območju Vernarja in v jugozahodnih pobočjih Mežakle.

Julske plasti v Kamniško-Savinjskih Alpah

V Kamniško-Savinjskih Alpah nad plastmi Koroškiške formacije, ponekod pa neposredno nad plastmi Schlernske formacije sledijo Razorski apnenci in ponekod dolomiti. Ti ležijo konkordantno nad langobardskimi plastmi. Makroskopsko so podobni starejšim apnencem Schlernske formacije. Razorske apnence najdemo v vrhnjih ostenjih Dedca nad Korošico, na

velikem delu Dleskovške planote in v vrhnjih delih Planjave. Podoben je razvoj na Razorju v Julijskih Alpah, kjer Razorski apnenc vsebuje številne polže, spongije in korale.

Karnijski dolomiti so masivni in podobni anizijskemu dolomitu, le da so malenkostno svetlejši, v njih pa tudi ne najdemo razvite laminacije (stromatolitov). Gradijo območje pod severnimi ostenji Turske gore in Rink. Njihova zgornja meja je določena s prehodom v plastnate, domnevno julske apnence loferskega faciesa in razvitim paleokraškimi horizontom, spodnja meja pa je prelomna.

Velik stratigrafski problem predstavljajo plastnati apnenci, ki so glede na makroskopske značilnosti močno podobni Dachsteinskimi apnencem (ciklična sedimentacija, stromatoliti, izsušitvene pore), vendar stratigrafsko ležijo pod tuvalskimi plastmi, zato so glede na superpozicijo starejši, verjetno julske starosti.



V teh apnencih so pogoste majhne megalodontidne školjke. Njihovo talnino predstavljajo masivni cordevolski apnenci, ponekod dolomiti. Debelina apnencev v Turski gori in na Rinkah je vsaj 500 m. Zgornja meja s tuvalskimi apnenci je ostra, vendar ni videti makroskopskih znakov za diskordanco. Plasti vpadajo povsod enako. Spodnja meja z masivnimi apnenci je ravno tako ostra, z intenzivno razvitim paleokrasom, ki ga predstavljajo žepi, zapolnjeni s peščenim karbonatnim kompaktnim sedimentom. Žepi imajo včasih izgled manjših kavern. Podobne kamnine najdemo tudi ob poti proti Savinjskemu sedlu in v severnem ostenju Mrzle gore (na avstrijski strani), vse na meji med masivnimi in plastnatimi apnenci.

Rabeljski dogodek

V spodnjem karniju se je začela druga faza ekstenzijske tektonike, ki jo je v Julijskih Alpah

in osrednji Sloveniji spremljalo odlaganje rabeljskih plasti. Te plasti so zanimive tudi zaradi najdb številnih vretenčarjev v Južnih Karavankah in Julijskih Alpah, zato si jih podrobneje ogledjmo.

Rabeljske plasti predstavlja menjavanje temnosivih bituminoznih apnencev, laporastih apnencev, laporovcev, dolomitov in apnencev z roženci (GERMOVŠEK, 1956). Ponekod je v njih izjemno bogata fosilna združba s školjkami *Pachycardia rugosa*, *Myophoria kefersteini* in *Trigonodus carniolicus* (RAMOVŠ, 1973). V apnencih in laporovcih je tudi veliko polžev, bodic morskih ježkov, amonitov in ribjih ostankov. Značilni rabeljski skladi se pojavljajo tudi v zahodnih Posavskih gubah (obrobje Ljubljanskega barja, Loški in Polhograjski hribi, idrijska okolica) (GERMOVŠEK, 1956). Najdemo jih tudi ponekod na Notranjskem, Kočevskem in Dolenjskem (RAMOVŠ, 1958). Odlaganje rabeljskih plasti je povezano s t. i. rabeljskim dogodkom v Južnih Alpah



Izdanek rabeljskih plasti nad plazom Log pod Mangartom v Julijskih Alpah.
Outcrop of Rabelj beds in the area of Log pod Mangartom in the Julian Alps.

in v zahodnih Severnih Apneniških Alpah ter z »Reingrabenskim« preobratom v vzhodnih Severnih Apneniških Alpah (SCHLAGER & SCHÖLLNBERGER, 1974). Karbonatne platforme v Južnih Alpah in Severnih Apneniških Alpah so okopnele zaradi relativnega padca nivoja morske gladine v spodnjem karniju (BOSELLINI, 1984; BRANDNER, 1984). SIMMS & RUFFEL (1989) sta za ta dogodek, ki je prekinil pretežno aridno klimo v zgornjem triasu, predlagala ime »pluvialni« dogodek. Kolizija Cimmeridov z Evrazijo naj bi povzročila, da so bila velika območja v vzhodnem delu severne Tetide relativno dvignjena, kar je povzročilo spremembe v oceanski cirkulaciji in močan dotok terigenous sedimentov. Okrepil se je tudi monsunski vzorec klime. Del ozemlja osrednje Slovenije med Ligojno in Ribnico ter na Hrvaškem v Liki je bil takrat subaersko izpostavljen preperevanju in eroziji (CELARC, 2008). Na tem ozemlju namreč v karniju najdemo bolj ali manj debele horizonte kraških boksitov, nad katerimi sledijo klastične in karbonatne borovniške plasti.

Rabeljske plasti v Južnih Karavankah najdemo južno od Košute in vzhodno od Kepe. Gradijo jih laporovci, posamezne plasti apnencev, skrilavi glinavci in dolomiti. Na območju Kepe v Goliški sinklinali podobne plasti tvorijo kamnine jarka, ki je obstajal od karnija do liasa. Istočasno s temi plastmi so se na platformi odlagali karbonatni sedimenti. DOBRUSKINA *et al.* (2001) iz teh plasti opisujejo posamezne dobro ohranjene skelete rib iz rodu *Peltopleurus*, v naših kasnejših raziskavah smo našli tudi zob, ki pripada rodu *Saurichthys*. Iz teh plasti je tudi že omenjeni morski plazilec, ki ga je našel T. Budkovič med Dovjem in Hrušico. Verjetno najbolj znana pa je najdba velike in popolnoma ohranjene ribe iz rodu *Birgeria* v karnijskih plasteh na območju Kozje dneve v dolini Vrat (JURKOVŠEK & KOLAR - JURKOVŠEK, 1986; KOLAR - JURKOVŠEK, 1990). Tu karnijske plasti sicer niso v istem razvoju kot rabeljske plasti, so pa podobne starosti.

Še več vretenčarjev, predvsem rib, so našli v rabeljskih plasteh na območju zahodnih Julijskih Alp v okolici Trbiža v Italiji (DALLA VECCHIA, 2008). Med njimi se pojavljajo

najrazličnejši rodovi, predvsem *Peltopleurus*, *Pholidopleurus*, *Saurichthys*, *Birgeria*, *Thracopterus*, *Polzbergia*, *Colobodus*, *Palaeobates* in drugi.

V rabeljskih plasteh so znana tudi nahajališča fosilne flore, ki so jih našli na območju Julijskih Alp in Južnih Karavank (DOBRUSKINA *et al.*, 2001). Prevladujejo ostanki voltzij, našli so tudi dolge liste rodu *Desmiophyllum*, nekaj sterilnih cikadofitov, sfenopsidov in praproti. Takšna zgornjetriassna flora relativno dobro ustreza hipotezi o aridnem do semiaridnem podnebjem v zahodnem delu Tetide s sezonskim vplivom monsuna (FRASER, 2006).

Martuljski apnenci v Kamniško-Savinjskih Alpah

V Kamniško-Savinjskih Alpah rabeljskih plasti ni, kot njihov lateralni ekvivalent pa nastopajo ploščasti in tankoplastnati Martuljski apnenci tuvalske starosti (JAMNIK & RAMOVŠ, 1993). Izdanjajo na območju Turske gore in Rink. Apnenci so rjavkastosive barve, debelina plasti je relativno enakomerna (od 10 do 20 cm), lezike so ravne. Makroskopsko ima apnenec mikriten izgled. Debelina kompleksa je do 20 m. Karnijske (tuvalske) plasti so s fosili dokazane kakih 50 m zahodno od Bivaka pod Skuto (JAMNIK & RAMOVŠ, 1993). V 20 m debelem pasu ploščastih apnencev je Ramovš našel konodont *Epigondolella nodosa*, ki dokazuje zgornjetuvalsko starost apnencev. Tankoplastnati in ploščasti apnenci pri Bivaku pod Skuto starostno ustrezajo ploščastim apnencem z ramedonožci in amoniti na Razorju, ki jim RAMOVŠ (1987b, 1989) pripisuje tuvalsko starost, saj je v obeh našel isto vrsto konodontov. TELLER (1896) je na dveh mestih zahodne strani Grintovčevega masiva na sekundarnem mestu našel tudi apnenčeve bloke, velike od 3 do 5 kubičnih metrov, s fosilnimi ostanki, ki jih je Bittner uvrstil v mejni nivo med rabeljskimi plastmi in Dachsteinskim apnencem. Kamnine v teh blokih pripadajo deloma temnosivemu gostemu, nekoliko laporastemu apnencu, ki ga je odkril na obeh mestih, in deloma nekoliko

dolomitnemu apnencu, ki ga je odkril le na enem kraju. V obeh litoloških različkih je Teller našel posamične lupine halobij in mioforij ter velike množine ramenonožcev rodov *Konocina*, *Amphiclina*, *Amphiclinodonta*, *Spiriferina*, *Rhynchonella*, *Waldheimia* in *Terebratula*. Ker so Kamniško-Savinjske Alpe nadaljevanje Julijskih Alp kot prvotno enotnega sedimentacijskega prostora, je pričakovati tudi tu vsaj deloma podoben kronostratigrafski razvoj. V severnih Julijskih Alpah se je na ozemlju Macesnovca, Mlinaric in Vrat, na Kukovi špici, Razorju in Planji v vrhnjem delu karnijske stopnje kratek čas odlagala hallstattska cefalopodna facija. Posebno pogosti so tam v nižjem delu amoniti rodov *Projuvavites*, *Arcestes*, *Barrandeites* in *Discotropites*. Ta favna je najštevilčnejša malo pod vrhom Razorja in pripada najvišjemu tuvalu. V cefalopodnih apnencih se pojavljajo tudi konodonti *Epigondolella*

nodosa, številne forminifere in manj pogosti holoturijski skleriti ter ostanki planktonskih krinoidov (RAMOVŠ, 1986). V vrhnjem delu karnijske stopnje se je v severnih Julijskih Alpah morsko dno pogreznilo v pasu s smerjo vzhod-zahod. Nastala je globlja vzdolžna brazda na ozemlju Julijske karbonatne platforme, v kateri so bile ugodne razmere za življenje glavonožcev, konodontov, malih foraminifer in drugih morskih prebivalcev. Na meji med karnijsko in norijsko dobo se je Julijska karbonatna platforma spet stabilizirala in na njej se je odložilo več kot 1000 m skladnatega Dachsteinskega apnenca ali približno toliko grebenskega Dachsteinskega apnenca.

V zgornjekarnijskem apnencu pod Skuto so kar pogosti terebratulidni in rinhonedlni ramenonožci, ki so v horizontu cefalopodnega apnenca pod Razorjem prav tako številčni. Manj je na obeh mestih školjk. V organogenem



Martuljški apnenci na pobočjih Škrlatice v Julijskih Alpah.

Martuljek limestones on the slopes of Mt Škrlatica in the Julian Alps.

apnencu pod Skuto prevladujejo, prav tako kot na Razorju, foraminifere, redkejši so holoturjski skleriti in ostanki planktonskih krinoidov, pojavljajo pa se še ostrakodi in ribji zobci. Tako sta litološka sestava in združba makro- ter mikrofosilov pod vrhom Razorja in pod Skuto enaki, zato ni vprašljiva niti starost večinoma ploščastih apnencev na obeh krajih: zgornji karnij, vrhnji tuval (RAMOVŠ, 1989). Ugotovljena hallstattska facija vrhnjega karnija pod Skuto dokazuje, da je segala takratna vzdolžna brazda na Julijski karbonatni platformi z današnjega severnega dela vzhodnih Julijskih Alp tudi na ozemlje Kamniških Alp (RAMOVŠ, 1989).

Norij in retij

Za Julijsko karbonatno platformo je v noriju in retiju značilna nadaljnja progradacija »dachsteinske« karbonatne sedimentacije Dachsteinskega apnenca in Glavnega dolomita. V Kamniško-Savinjskih Alpah sledijo nad tankoplastnatimi in ploščastimi apnenci pri Bivaku pod Skuto plastnati apnenci, podobni tistim pod ploščastimi apnenci. Nad njimi sledijo nato apnenci z gomolji roženca norijske starosti (Slеме, spodnji del Kogla, Ljubljanska jama), nato pa plastnati apnenci in masivni grebenski apnenci. Plastnati apnenci z roženci pod Skuto (RAMOVŠ, 1994a) kažejo na poglobitev tega dela v noriju. To se ujema z nadaljevanjem poglobitve na Razorju v vrhnjem delu tuvala. Obsežna progradacija dachsteinske karbonatne platforme je povzročila odlaganje debelega masiva Dachsteinskega apnenca in grebenskega apnenca, ki ju najdemo na območjih nariva Velikega vrha, Grintavca, Kočne in Kamniške Bistrice (BUSER, 1975). Glavni dolomit najdemo nad rabeljskimi plastmi v zahodnih Julijskih Alpah, v zahodnih in nekaj malega tudi v vzhodnih Karavankah, v Loških in Polhograjskih hribih ter v idrijski okolici, na večjem prostoru južno od Bohinjskega grebena med Cerknim in Tolminom (RAMOVŠ, 1958). Zgornjetriasni dolomit je navadno svetlosiv, le redkeje temnosiv. Pogosto sestoji iz menjajočih se, nekaj milimetrov debelih svetlejših in

temnejših pasov. Dolomiti so večinoma skladoviti in krušljivi. Na prehodu med rabeljskimi plastmi in Glavnim dolomitom najdemo tudi posamezne pole dolomitnega laporovca. Fosilnih ostankov, razen stromatolitov, je v Glavnem dolomitu malo. Največkrat najdemo preseke školjk iz družine *Megalodontidae* in redke ostanke polžev *Worthenia solitaria*.

V Južnih Karavankah Dachsteinski apnec gradi vrhove Kepe, Stola, Begunjščice, Olševe, grebenski apnence pa najdemo južno od ljubljanskega prelaza. Ponekod v Julijskih Alpah dosega debelino celo več kot 1000 m. Za Dachsteinski apnec je značilno menjavanje v lagunah nastalih drobnozrnatih apnencev s školjkami, skorjastih stromatolitov (ostankov modrozelenih cepljiv v območju plimovanja) ter redkejših breč, nastalih med kratkotrajnimi okopnitvami ozemlja (HERLEC & HLAD, 2005). Ponekod najdemo zelo veliko fosilov. Najpogostejše so megalodontidne školjke. V grebenskem apnencu so pogoste korale, alge, parastromatopore in spongije. V obdobju od karnija do retija je na prostoru Julijske karbonatne platforme (širša okolica Pokljuke) obstajal intraplatformni jarek. Na severozahodnem robu jarka so na platformi nastajali grebenski apnenci, ki jih danes najdemo na prostoru Dovškega križa, Kopice, Šplevta, Malega in Velikega oltarja, Velikega rokava, predvsem pa na Razorju, Planji, Triglavu in Pokljuki (med Rudnim poljem in Mrzlim studencem). Velik greben je nastal tudi na jugozahodnem robu jarka med Rdečim robom v Krnskem pogorju, Koblo, Bohinjskim grebenom, Bohinjsko Bistrico, Jelovico in Ratitovcem. Nadaljevanje tega grebena verjetno sega tudi v Južne Karavanke, in sicer na jugozahodna pobočja Stola, Begunjščico in Košuto. Na Begunjščici je debelina grebenskega apnenca okoli 300 m. Na prostoru Kamniško-Savinjskih Alp je greben ohranjen le severovzhodno od Cerkelj (BUSER *et al.*, 1982). V grebenskem apnencu prevladujejo korale in spužve, najdemo pa še trdoživnjake (hidrozoje), redke mehkužce in mahovnjake (briozoje). Na Begunjščici so ponekod kamnotvorni debelolupinasti polži, ki so se nakopičili v ekoloških nišah znotraj grebenskega kompleksa (BUSER *et al.*, 1982).

- BOSELLINI, A. 1984: Progradation geometries of carbonate platforms: examples from the Triassic of the Dolomites, Northern Italy. *Sedimentology* 31: 1–24.
- BRANDNER, R. 1984: Meeresspiegelschwankungen und Tektonik in der Trias der NW-Tethys. *Jb. Geol. B.-A.*, 126: 435–475.
- BUSER, S. 1975: Osnovna geološka karta SFRJ 1: 100 000. Tolmač lista Celovec (Klagenfurt). – Zvezni geološki zavod Beograd, Beograd, 62 str.
- BUSER, S., KOLAR - JURKOVŠEK, T., JURKOVŠEK, B. 2007: Triassic conodonts of the Slovenian Basin. *Geologija*, 50 (1): 19–28.
- BUSER, S., RAMOŠ, A., TURNŠEK, D. 1982: Triassic Reefs in Slovenia. *Facies*, 6: 15–24.
- CELARC, B. 2004a: Geological structure of the northwestern part of the Kamnik-Savinja Alps. Ph.D. Thesis, University of Ljubljana, Ljubljana, 137 p.
- CELARC, B., 2004b: Problematika »cordevolskih« apnencev in dolomitov v slovenskih Južnih Alpah. *Geologija* 47 (2): 139–149.
- CELARC, B. 2008: Karnijski boksitni horizont na Kopitovem griču pri Borovnici – ali je v njegovi talnini pozabljen stratigrafska vrzel?. *Geologija* 51 (2): 147–152.
- DALLA VECCHIA, F. M. 2008: Vertebrati fossili del Friuli. 450 milioni di anni di evoluzione. *Publicazioni del Museo Friulano di Storia Naturale*, 50, 303 p.
- DOBRSKINA, I. A., JURKOVŠEK, B., KOLAR - JURKOVŠEK, T. 2001: Upper Triassic flora from »Raibl beds« of Julian Alps (Italy) and Karavanke Mts. (Slovenia). *Geologija*, 44 (2): 263–290.

Dachsteinski apnenci Stola v Južnih Karavankah.

Dachstein limestones of Mt Stol in the Southern Karavanke Mountains.



- FRASER, N. C. 2006: *Down of the Dinosaurs: Life in the Triassic*, Indiana University Press, 307 p.
- GERMOVŠEK, C. 1956: Razvoj mezozoika v Sloveniji. Prvi jugoslovanski geološki kongres (Bled), knjiga povzetkov: 35–44.
- HERLEC, U., HLAD, B. 2005: Rojstvo, rast in propad gora. Geotrip '02 v Sloveniji, Agencija RS za okolje: 6–69.
- JAMNIK, A., RAMOVŠ, A. 1993: Holoturijski skleriti in konodonti v zgornjekarnijskih (tuvalskih in norijskih apnencih osrednjih Kamniških Alp. *Geologija*, 35: 7–63.
- JURKOVŠEK, B. 1984: Najdba 210 milijonov let starega ribjega okostja. *Proteus*, 47 (1): 23–26.
- JURKOVŠEK, B., KOLAR - JURKOVŠEK, T. 1986: A Late Triassic (Carnian) fish skeleton (family Birgeriidae) from Slovenia, NW Yugoslavia. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Monatshefte*, 8: 475–478.
- RAMOVŠ, A. 1973: Biostratigrafske značilnosti triasa v Sloveniji. *Geologija*, 16: 379–388.
- RAMOVŠ, A. 1987: Razvoj karnijske stopnje v vzhodnem delu severnih Julijskih Alp. *Geologija*, 30: 67–82.
- RAMOVŠ, A. 1989: Zgornjetuvalski apnenci (karnij, zgornji trias) v hallstattskem razvoju tudi v Kamniško Savinjskih Alpah. *Rudarsko-metalurški zbornik* 36 (2): 191–197.
- RAMOVŠ, A. 1994: *Epigondolella abneptis* and *E. spatulata* in the Lower Norian in the central Kamnik Alps, Slovenia. *Geologija*, 36: 69–74.
- SCHLAGER, W., SCHÖLLNBERGER, W. 1974: Das Prinzip stratigraphischer Wenden in der Schichfolge der Nördlichen Kalkalpen. *Mitt. Geol. Ges. Wien*, 66/67 : 165–193.
- SIMMS, M. J., RUFFEL, A. H. 1989: Synchronicity of climate change and extinctions in the Late Triassic. *Geology*, 17: 265–268.



Zgornjetriasno izumrtje v družbi »velikih pet«

Tomaž Hitij

The Triassic–Jurassic extinction event

The end of the Triassic was, similar to its beginning, marked by a mass extinction event. The Triassic–Jurassic extinction event was one of the “Big Five” extinction events in the Earth’s history (BENTON, 1995; SEPKOSKI, 1996, 1997; KEMP, 1999; LUCAS, 1999; PÁLFY *et al.*, 2002). It was particularly severe in the oceans. More than one fifth of marine families and possibly about half of marine genera became extinct (NEWELL, 1963; SEPKOSKI, 1997). Ammonites, brachiopods, gastropods, and mollusks were severely affected, the conodonts disappeared, and all the marine reptiles except ichthyosaurs and plesiosaurs went missing (NEWELL, 1963, TANNER *et al.*, 2004). We do not know with certainty what caused this Upper Triassic extinction. However, most certainly it was accompanied by massive volcanic eruptions that occurred as the supercontinent Pangaea began to break apart about 202 to 191 million years ago. The Central Atlantic Magmatic Province (CAMP) was formed. CAMP was one of the largest known inland volcanic events since the planet cooled and stabilized (PÁLFY *et al.*, 2001; RETALLACK, 2001; HESSELBO *et al.*, 2002).

A new Jurassic period began and the dinosaurs stepped out of the shadow to rule the Earth for the next 135 million years. 65 million years later, strange mammals conquered the Earth. Just in 100 years they caused the Earth to come close to another “runaway greenhouse” phenomenon. Is this going to be the first time that the “animals” themselves are going to cause a mass extinction event?



Tako kot začetek se je tudi konec triasnega obdobja končal z izumiranjem številnih vrst rastlin in živali. Zgornjetriasno izumrtje sodi med »velikih pet« izumrtij v zemeljski zgodovini (BENTON, 1995; SEPKOSKI, 1996, 1997; KEMP, 1999; LUCAS, 1999; PÁLFY *et al.*, 2002) in označuje mejo med triasom in juro (pred 199,6 milijoni let). Izumiranje je še posebej močno prizadelo življenje v oceanih, kjer je izginilo

Lobanja srnjaka v dolini Kamiške Bistrice.
Roebuck skull in the Kamniška Bistrica Valley.



22 % družin in približno 50 % vseh rodov (NEWELL, 1963; SEPKOSKI, 1997). Izumrli so vsi konodonti, vsi morski plazilci, razen ihtiozavrov in plezozavrov. Zelo močno so bili prizadeti tudi amoniti, ramenonožci, polži in školjke. Davek pa je izumiranje terjalo tudi na kopnem. Izginili so krurotarsi (veliki arhozaverski plazilci), nekateri preostali terapsidi, večina velikih dvoživk, skupine manjših plazilcev in

sinapsidi (razen protososalcev) (NEWELL, 1963, TANNER *et al.*, 2004). Med rastlinami so preživele sodobne oblike iglavcev in sagovci, ki so nato zavladali v mezozoiku (McELWAIN *et al.*, 1999). Številne izmed naštetih skupin so že bile v počasnem upadu proti koncu triasa, nekatere pa so nenadno izginile (TANNER *et al.*, 2004). Vzorki za triasno-jursko izumiranje še niso dokončno razjasnjeni. Omenja se

veliko vzrokov, predvsem vulkanske izbruhe (MCELWAIN *et al.*, 1999; MARZOLI *et al.*, 1999; WIGNALL, 2001; McHONE, 2003). Kot mogoč vzrok se omenja tudi padec bolida (OLSEN *et al.*, 2002a, b), vendar je jezero Manicouagan krater, ki ga je izkopal bolid, za dobrih 10 milijonov let prestaro, da bi bil lahko padec bolida edini in neposredni vzrok za izumrtje. Za verjetnejšega povzročitelja velja Centralna Atlantska Magmatska Pokrajina oz. CAMP, ki je predstavlja enega izmed največjih kopenskih vulkanskih dogodkov. Nastala je zaradi razpadanja Pangee pred približno 202 do 191 milijona let. Močni odkloni v morskih ogljikovih izotopih kažejo na pomembne odklone v ciklu ogljika na triasno-jurski meji. Zato so prav tako kot pri permsko-triasnem izumrtju, metanovi hidrati, ki so se sproščali

iz oceanskega dna, eden od pomembnih osumljencev za izumiranje (model t. i. pobeglega učinka tople grede) (PÁLFY *et al.*, 2001; RETALLACK, 2001; HESSELBO *et al.*, 2002). Najverjetneje pa je izumiranje povzročila kombinacija naštetih vzrokov (TANNER *et al.*, 2004). Prazne ekološke niše so zapolnili dinozavri, ki so Zemlji vladali nadaljnjih 135 milijonov let.

65 milijonov let kasneje pa so Zemlji zavladala nenavadna živa bitja – ljudje. In morala se bodo zamisliti. Kajti, če je model pobeglega učinka tople grede pravilen, ga bodo morala v prihodnosti dobro proučiti in razumeti. Mogoče ne bi smela gledati v nebo, kdaj jih bo zadela velika ognjena skala. Morala bodo ugotoviti, do kakšne mere še lahko naravni mehanizmi vzdržujejo globalno segrevanje, ki ga povzročajo. Mogoče jim bo vendarle uspelo ...



Kapelica Marije Snežne na Veliki planini.

The Chapel of Our Lady of the Snows on the Velika planina Mountain.

- BENTON, M. J. 1995: Diversification and extinction in the history of life. *Science*, 268: 52–58.
- HESSELBO, S. P., ROBINSON, S. A., SURLYK, F., PIASECKI, S. 2002: Terrestrial and marine extinction at the Triassic– Jurassic boundary synchronized with major carbon-cycle perturbation: a link to initiation of massive volcanism?. *Geology*, 30: 251–254.
- KEMP, T. S. 1999: *Fossils and Evolution*. Oxford Univ. Press, Oxford. 284 p.
- LUCAS, S. G. 1999: The epicontinental Triassic, an overview. *Zentralblatt für Geologie und Paläontologie Teil 1* (1998): 475–496.
- MARZOLI, A., RENNE, P. R., PICCIRILLO, E. M., ERNESTO, M., BELLINI, G., DEMIN, A. 1999: Extensive 200-million-year-old continental flood basalts of the central Atlantic Magmatic province. *Science*, 284: 616–618.
- MCÉLWAIN, J. C., BEERLING, D. J., WOODWARD, F. I. 1999. Fossil plants and global warming at the Triassic– Jurassic boundary. *Science*, 285: 1386–1390.
- McHONE, J. G. 2003: Volatile emissions from central Atlantic magmatic province basalts: mass assumptions and environmental consequences. V: Hames, W.E., McHone, J.G., Renne, P.R., Ruppel, C. (ured.): *The Central Atlantic Magmatic Province: Perspectives from the Rifted Fragments of Pangea*. Am. Geophys. Union Monograph, 136: 241–254.
- NEWELL, N. D. 1963: Crises in the history of life. *Scientific American*, 208 (2), 76–92.
- OLSEN, P. E., KENT, D. V., SUES, H. D., KOEBERL, C., HUBER, H., MONTANARI, A., RAINFORTH, E. C., POWELL, S. J., SZAJNA, M. J., HARTLINE, B. W. 2002: Ascent of dinosaurs linked to an iridium anomaly at the Triassic–Jurassic boundary. *Science*, 296: 1305–1307.
- OLSEN, P. E., KOEBERL, C., HUBER, H., MONTANARI, A., FOWELL, S. J., ET-TOUHANI, M., KENT, D. V. 2002: The continental Triassic– Jurassic boundary in central Pangea: recent progress and preliminary report of an Ir anomaly. V: Koeberl, C., MacLeod, K. (ured.): *Catastrophic Events and Mass Extinctions: Impacts and Beyond*. Geol. Soc. Amer. Spec. Paper, 356: 505–522.
- PÁLFY, J., DEMENY, A., HAAS, J., HTENYI, M., ORCHARD, M. J., VETO, I. 2001: Carbon isotope anomaly at the Triassic– Jurassic boundary from a marine section in Hungary. *Geology*, 29: 1047–1050.
- PÁLFY, J., SMITH, P.C., MORTENSEN, J. K. 2002: Dating the end-Triassic and Early Jurassic mass extinctions, correlating large igneous provinces, and isotopic events. V: Koeberl, C., MacLeod, K. (ured.): *Catastrophic Events and Mass Extinctions: Impacts and Beyond*. Geol. Soc. Amer. Spec. Paper, 356: 523–532.
- RESTALLACK, G. J., 2001: A 300-million-year record of atmospheric carbon dioxide from fossil plant cuticles. *Nature*, 411: 287–290.
- SEPKOSKI JR., J. J. 1996: Patterns of Phanerozoic extinction: a perspective from global data bases. V: Walliser, O. H. (ured.): *Global Events and Event Stratigraphy in the Phanerozoic*. Springer-Verlag, Berlin: 35–51.
- SEPKOSKI JR., J. J. 1997: Biodiversity: past, present and future. *J. Paleontol.*, 71: 533–539.
- TANNER, L. H., LUCAS, S.G., CHAPMAN, M.G. 2004: Assessing the record and causes of Late Triassic extinctions. *Earth-Science Reviews*, 65: 103–139.
- WIGNALL, P. B. 2001: Large igneous provinces and mass extinctions. *Earth-Sci. Rev.*, 53: 1–33.

Primerjava s triasnimi nahajališči po svetu

Andrea Tintori in Tomaž Hitij

Srednji trias je na območju nekdanje Tetide zapustil številna izjemna nahajališča vretenčarjev. Večina nahajališč se nahaja v Južnih Alpah, predvsem v Lombardiji (Italija), v kantonih Ticino in Graubunden (Švica) ter na jugu Kitajske (provinci Guizhou in Yunnan). Nedavno odkrita nahajališča v slovenskem delu južnih Alp se nahajajo med tema svetovno znanima področjema. Kamenine s fosili vretenčarjev so se v Južnih Alpah odlagale v številnih intraplatformnih anoksičnih bazenih, ki so merili od nekaj

kilometrov do nekaj deset kilometrov v premeru. Njihov nastanek je bil v Sloveniji povezan z ekstenzijsko tektoniko v anizijskem in ladinjskem obdobju (BUSER *et al.*, 1982; HASS *et al.*, 1995; BUSER *et al.*, 2007; BUSER *et al.*, 2008).

Nekateri rodovi rib so bili v srednjem triasu zelo razširjeni. Tako lahko nekatere rodove rib, ki smo jih našli v Sloveniji (npr. *Eosemionotus*, *Habroichthys* in *Placopleurus*), najdemo tako v Alpah kot tudi na jugu Kitajske (SUN *et al.*, 2009; TINTORI *et al.*, v tisku). Vsako področje



Izkopavanje v spodnje ladinjskih plasteh Buchensteinske formacije na pobočju gore Grigna Settentrionale (Severna Grigna) v bližini mesta Lecco (Lombardija) v severni Italiji leta 2008. Skrajno levo je prof. Andrea Tintori iz Milanske univerze.

Excavation carried out in the Lower Ladinian beds of the Buchenstein Formation on the slopes of Mt Grigna Settentrionale (Northern Grigna) near the city of Lecco (Lombardy), Northern Italy, in the year 2008. Far left is Prof Andrea Tintori from the University of Milan.

je do sedaj poskrbelo tudi za svoje endemične rodove, zato lahko v nadaljevanju raziskovanja pričakujemo še več čudovitih najdb. Ogromna

težko dostopna in še neraziskana področja slovenskih gora prav gotovo skrivajo še veliko skrivnosti.

- BUSER, S., RAMOVŠ, A., TURNŠEK, D. 1982: Triassic reefs in Slovenia. International symposium on Triassic reefs:15–24.
- BUSER, S., KOLAR - JURKOVŠEK, T., JURKOVŠEK, B. 2007: Triassic conodonts of the Slovenian Basin. *Geologija*, 50 (1): 19–28.
- BUSER, S., KOLAR - JURKOVŠEK, T., JURKOVŠEK, B. 2008: The Slovenian Basin during the Triassic in the Light of Conodont Data. *Boll. Soc. Geol. It. (Ital. J. Geosci)*, 127 (2): 257–263.
- HAAS, J., KOVACS, S., KRYSZYN, L., LEIN, R. 1995: Significance of Late Permian-Triassic facies zones in terrain reconstructions in the Alpine – North Pannonian domain. *Tectonophysics*, 242: 19–40.
- SUN, Z., TINTORI, A., JIANG, D., LOMBARDO, C., RUSCONI, M., HAO, W., SUN, Y. 2009: A new Perleidiform (Actinopterygii, Osteichthyes) from the Middle Anisian (Middle Triassic) of Yunnan, South China. *Acta Geol. Sin.*, 83: 460–470.
- TINTORI, A., SUN, Z.-Y., LOMBARDO, C., JIANG, D.-Y., SUN, Y.-L., HAO, W.-C. (v tisku): A new basal Neopterygian from the Middle Triassic of Luoping County (South China). *Riv. It. Paleont. Strat.*



Izlet na najdišče Wusha v bližini mesta Xingyi, zgornji ladinij, člen Zhuganpo, Falang formacija, provinca Guizhou, Kitajska. Mednarodni simpozij o triasni in kasnejši morski favni vretenčarjev 2010, Peking, Kitajska.

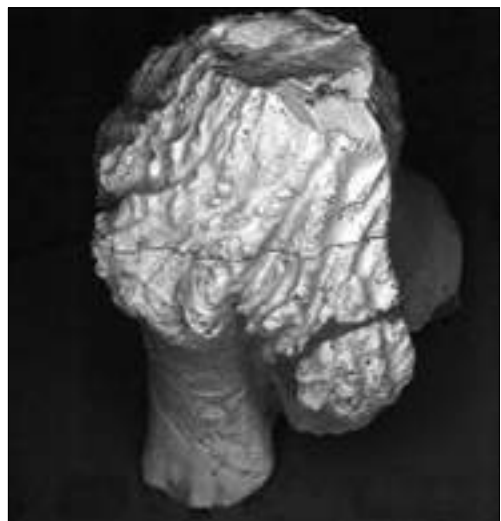
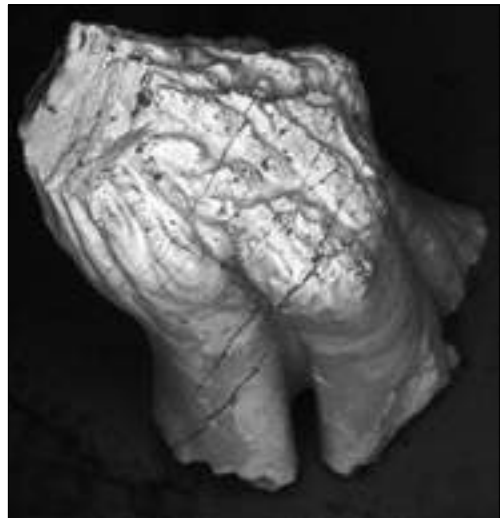
Excavation site at Wusha of Xingyi, upper Ladinian, Zhuganpo Member of the Falang Formation, Guizhou Province, China. Post-symposium trip by participants of the international symposium on Triassic and later marine vertebrate faunas 2010, Beijing, China.

Summary

After the winter of 2006, several samples of Triassic dark bituminous marlstone and laminated limestone were collected in the Kamniška Bistrica Valley in the Kamniško-Savinjske Alps, northern part of Central Slovenia. The site was more detailly investigated, and during the field excursion in September 2006 the first fish remain was found on a fragment of dark bituminous marlstone. Afterwards, several surveys were carried out in search for the original outcrop, which was discovered at the end of September 2006. In the following four years, broader area of the Kamniško-Savinjske Alps was investigated in more detail. As a result of this work, several new sites with mostly very well preserved Lower and Middle Triassic plant, mollusk, decapod, brachiopod, echinoid, ophiuroid, crinoid, amphibian, fish, and reptile remains were found. The most important are discoveries of the Middle Triassic (Anisian) Velika planina Horizon and Strelovec Formation. The recovered fish specimens belong to the genera *Eosemionotus*, *Habroichthys*, *Saurichthys*, *Placopleurus*, and to early neopterigians probably close to the “semionotiform”, whereas the majority of recovered reptile specimens belong to pachypleurosaur sauropterygians.

So far, the Tethydean Middle Triassic basins have yielded several sites, which are very rich in marine vertebrates. The majority of localities are concentrated in the Southern Alps, mainly in Lombardy (Italy), Canton Ticino and Graubunden (Switzerland), and in Southern China (Guizhou and Yunnan Provinces). The recently discovered Slovenian sites lie in between these two regions. In the Southern Alps, several intraplateau basin existed in the internal parts of the evaporite-carbonate platforms. In Slovenia, their formation was related to the extension tectonics in the Anisian and Ladinian. Contrary to the Middle Triassic basins of Southern China, the basins in the Southern Alps were smaller, with sedimentological and

paleoenvironmental conditions strongly influenced by local tectonic and paleotopographic settings. Some of the Triassic small fish genera found on the new Slovenian sites, such as *Eosemionotus*, *Habroichthys* and *Placopleurus*, were very widespread and are frequently found all along the Southern Alps as well in Southern



China. However, as each area also yielded its own endemic genera, it can be expected that on Slovenian sites, too, we might find new interesting fossils within the ongoing field research.

The new fossil sites from the Kamniško-Savinjske Alps have yielded to date the most abundant Triassic fish and reptilian fauna found

in Slovenia. Despite the difficult terrain, which was probably the reason why these sites had not been discovered earlier, the very well preserved specimens, the great variety of species and the large but still not well investigated area give hope that new interesting finds and fossil sites will be discovered in the future.



Neznani ostanek vretenčarja iz Strelovške formacije (T-956). Velikost 4,5 mm. Spodnji sliki sta narejeni pod vrstičnim elektronskim mikroskopom: Miloš Miler, Geološki zavod Slovenije.

Unidentified vertebrate remains from the Strelovec Formation (T-956). Size 4.5 mm. Scanning electron microscope (SEM) images: Miloš Miler, Geological Survey of Slovenia.

Zaključek

Bogastvo slovenskega triasnega tetidnega morja se je po dolgih 240 milijonih let pokazalo v vsej svoji pestrosti in lepoti. Nikakor ne moremo spregledati izjemnih ostankov rib in vodnih plazilcev. Enako velja za odlično ohranjene ostanke nevretenčarjev od najrazličnejših rakov do morskih lilij.

Rezultat komaj štiriletnega terenskega dela je neverjetno veliko število fosilnih ostankov, ki so pomembni za slovensko in tudi svetovno paleontologijo. Skoraj vsak od njih zahteva dolgotrajno preparacijo pod mikroskopom, ki lahko traja tudi nekaj mesecev. Najdbe je nato potrebno ustrezno fotografirati, evidentirati in shraniti. Tu pa se znanstveno delo šele dobro začne. Najdbe je potrebno določiti in nekatere tudi strokovno obdelati, za kar se moramo med drugim zahvaliti tudi strokovnjakom iz tujine. V veliko pomoč sta nam bila predvsem profesor Andrea Tintori z Milanske univerze, ki je vodilni strokovnjak za triasne ribe, ter profesor Silvio Renesto z univerze v Insubriji, ki je strokovnjak za triasne plazilce.

Upam, da nam bralci Scopolije niso zamerili nekaj negotovosti pri taksonomskih določitvah, saj zaradi izjemno velikega števila najdb nismo uspeli strokovno obdelati vseh najdenih vrst fosilov. V prihodnjih letih nas zato čaka še veliko dela. Preparirati in določiti bo potrebno še mnogo najdb, prav tako pa nas čaka še veliko terenskega dela.

Vse najdbe so shranjene v paleontološki zbirki Tomaža Hitija in Jureta Žaloharja, ki je del evidentiranih zbirk Prirodoslovnega muzeja Slovenije. Tu je posebej potrebno poudariti, da sta med najditelji tudi Matija Križnar in Bogomir Celarc, ki prav tako menita, da je potrebno ohraniti enovito zbirko fosilov s teh nahajališč, ki je v javni lasti. Sama preparacija in strokovna obdelava fosilnega materiala in nahajališč je zelo zahtevna in zahteva skupinsko delo. To je sicer v nasprotju s splošno zbirateljsko logiko, a je to edina prava pot za ohranitev naše dediščine.

Geologija Kamniško-Savinjskih Alp je zelo kompleksna in še vedno je veliko neznank, kar poleg fosilov dokazujejo tudi nova dognanja o stratigrafiji tega območja. Zapleteni prehodi med formacijami in menjavanje faciesov skozi daljša časovna obdobja triasa so bili le ena



izmed ugank, ki smo jih poskušali vsaj delno rešiti. Tu nam je bila še posebej v pomoč doktorska disertacija Bogomirja Celarca.

Avtorji upamo, da je pričujoča publikacija dobro izhodišče za nadaljnja raziskovanja, prav tako pa nas popelje v čudoviti svet

preteklosti, v svet triasa. S takimi nahajališči triasnih vretenčarjev se lahko pohvalijo le redki v svetu, kar je vsekakor lepa spodbuda za prihodnost.



Trias je bil eno izmed najpomembnejših geoloških obdobij. Začelo se je z največjo doslej znano katastrofo v zemeljski zgodovini, ko je izumrlo okoli 95 % vseh znanih vrst organizmov. Po katastrofi je bila Zemlja biološko siromašna. Številne prazne ekološke niše pa so postale idealen teren za nove evolucijske podvige. V triasu so se tako razvili vsi pomembnejši gradniki, ki sestavljajo današnje ekosisteme. To je bil čas čudovitih bitij, ki je na slovenskem ozemlju pustil ogromen pečat v obliki naših gora. A najlepše strani te triasne zgodbe smo odprli šele pred kratkim. V knjigi Vam v besedi in sliki predstavljamo nekaj strani te nove zgodbe slovenskega triasa, ki so tako kot naše gore ene najlepših na svetu.

The Triassic was one of the most important periods in the Earth's history. Its beginning was characterized by the severest extinction event in history, when around 95 % of all known species become extinct. At the beginning of the Triassic, the Earth was biologically impoverished. However, numerous emptied ecological niches offered an ideal terrain for new evolutionary achievements. In the Triassic, all the most important milestones that build today's ecosystems were laid down. In Slovenia, the Triassic period left us an enormous legacy in the form of our beautiful mountains. However, the most impressive pages of this wonderful Triassic story have been opened just recently. In this book, we present the new story of Slovenian Triassic, which is as beautiful as the nature of the mountains itself.

