



Badenijske in sarmatijske plasti v gradbeni jami za hidroelektrarno Brežice

Badenian and Sarmatian beds in excavation pit for the hydroelectric power plant Brežice, Slovenia

Marijan POLJAK¹, Vasja MIKUŽ², Mirka TRAJANOVA¹, Valentina HAJEK-TADESSE³, Mirjana MIKNIĆ³, Bogdan JURKOVŠEK¹ & Aleš ŠOSTER⁴

¹Geološki zavod Slovenije, Dimičeva ulica 14, SI-1000 Ljubljana, Slovenija;

e-mail: marijan.poljak@geo-zs.si, mirka.trajanova@geo-zs.si, bogdan.jurkovsek@geo-zs.si

²Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za geologijo, Privoz 11, SI-1000 Ljubljana, Slovenija; e-mail: vasja.mikuz@geo.ntf.uni-lj.si

³Hrvatski geološki institut, Sachsova 2, HR-10001 Zagreb, Hrvatska;

e-mail: tadesse@hgi-cgs.hr, mmiknic@gmail.com

⁴Dobrna 20, SI-3204 Dobrna, Slovenija; e-mail: geolog.bauci@gmail.com

Prejeto / Received 8. 7. 2016; Sprejeto / Accepted 2. 11. 2016, Objavljeno na spletu / Published online 23. 12. 2016

Ključne besede: foraminifere, ostrakodi, mehkužci, klastični sedimenti, badenij, sarmatij, Centralna Paratetida, HE Brežice

Key words: foraminifera, ostracoda, mollusca, clastic sediments, Badenian, Sarmatian, Central Paratethys, HPP Brežice, Slovenia

Izvleček

V prispevku so obravnavane geološke razmere v omejeno dostopnem delu gradbene jame za hidroelektrarno (HE) Brežice. Raziskovane so paleontološka vsebina in sedimentno-petrografske značilnosti posameznih kamnin. Neogenski del razkritega zaporedja plasti gradijo karbonatni melji in meljevci z vložki drobnnozrnatega karbonatnega in silikatnega peščenjaka ter debelozrnatega polimiktnega konglomerata. Na osnovi foraminifer, ostrakodov, mehkužcev in morskih sesalcev je ugotovljena zgornjebadenijska in spodnjesarmatijska starost plasti. Razkrita je bila meja med badenijem in sarmatijem, ki jo označuje krajša prekinitev sedimentacije in sprememba okolja. Fosilne najdbe pričajo, da sta v sarmatiju nihali, generalno pa upadali slanost in globina sedimentacijskega bazena. Kvartarni del skladovnice v krovlini predstavljajo prodnati, peščeni in meljasti nanosi reke Save.

Abstract

Geological prospection of partly accessible constructional pit for the hydroelectric power plant (HPP) Brežice was performed. Paleontological content and sediment-petrographic characteristics of rocks were investigated. Neogene part of the succession consists of carbonate silt and siltstone with intercalations of carbonate and silicate sandstone, and polymict sandstone to conglomerate. Based on foraminifera, ostracods, molluscs and marine mammals, the Upper Badenian and Lower Sarmatian age of beds and boundary between them have been determined. The transition is characterized by a shorter break in sedimentation and environmental change. Fossil finds indicate that salinity and depth of sedimentary basin were oscillating in Sarmatian, but in general decreasing. Quaternary cover beds consist of gravelly, sandy and silty deposits of the Sava River.

Uvod

Krška kotlina je že desetletja predmet različnih geoloških raziskav. Najobsežnejše in najpopolnejše so bile povezane z načrtovanjem in izgradnjo Nuklearne elektrarne Krško, nato pa so se nadaljevale v sklopu izdelave geološke karte merila 1 : 25.000 (POLJAK, 2015). Ponovna priložnost za tridimenzionalni vpogled v geološko zgradbo

kotline se je ponudila v letih 2014 in 2015 ob izkopu gradbene jame za izgradnjo HE Brežice pri so-točju Save in Krke, ki meri približno 40.000 m² (sl. 1, 2). Na območju, ki je sicer pokrito z vegetacijo, debelo plastjo preperine in kvartarnimi peščeno prodnatimi nanosi, so bile razkrite debele plasti miocenskih klastičnih kamnin. Stratigrafski odsek meje med badenijem in sarmatijem v razponu nekaj deset metrov je analiziran paleontološko in

sedimentno-petrografske. Koncem leta 2014 sta Aleš Šoster in Mihael Ravnjak v izkopu za HE Brežice v sarmatijskih plasteh našla več kostnih ostankov zobatega kita iz skupine delfinov, ki so jih predstavili MIKUŽ in sodelavci (2015).

Članek predstavlja rezultate razmeroma hitrega dokumentiranja geoloških razmer v izkopu za HE Brežice v času, ko so se ta že bližala zaključni fazi. Avtorji smo želeli podati informacijo o velikem posegu v prostor, pri katerem nekatere ključne veje temeljne geologije (biostratigrafija, sedimentologija itd.) niso bile predhodno načrtovane. Žal je podobnih primerov ob velikih gradbenih posegih v Sloveniji vse več, temeljne geološke raziskave pa ostajajo v domeni dobre volje raziskovalcev, še večkrat pa so prepuščene zbiralcem fosilov in ljubiteljskim geologom. S tem se, poleg dragocenih geoloških podatkov, izgublja tudi pomemben del naravne dediščine. Avtorji želimo opozoriti, da bi morala postati vsestranska podrobna geološka spremljava vsaj nekaterih večjih posegov v prostor, kar izkop gradbene jame za HE Brežice nedvomno je, samoumevna ter organizacijsko, finančno in zakonsko že predhodno urejena v »Geološkem zakonu«.

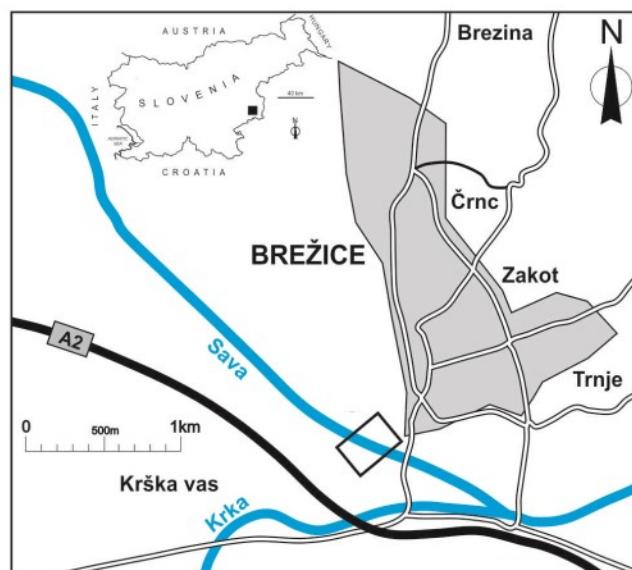
Geografski položaj

Gradbena jama za HE Brežice leži v južnem delu Krške kotline zahodno od sotočja Save in Krke (sl. 1). V geomorfološkem in geološkem smislu pripada to območje široki holocenski dolini reke Save. Njen tok je v subrecentnem in recentnem času meandriral in se prepletal. Dolina je zapolnjena z mešanim karbonatno-silikatnim prodromom in peskom, ki je mestoma pokrit z recentnimi poplavnimi nanosi. Slednji so prav tako sestavljeni iz silikatno-karbonatnega peska in melja. Debelina celotne holocenske skladovnice znaša v gradbeni jami največ 9 metrov.

Gradbena jama je izkopana v recentno, predhodno regulirano Savino korito. Pred začetkom del je bil rečni tok preusmerjen v umetni rokav, izkopan na južnem bregu reke. Po zaključeni izgradnji hidroelektrarne bo tok Save povrnjen v prvotno korito.

Metode raziskav

Prikazani rezultati so dobljeni na osnovi terenskih raziskav gradbene jame in laboratorijskih preiskav, izvedenih na vzorcih iz različnih



Sl. 1. Geografski položaj objekta HE Brežice (očrtan s pravokotnikom).

Fig. 1. Geographical position of HPP Brežice (marked with rectangle).

litostratigrafskih nivojev. Opravljene so makro in mikropaleontološke analize fosilnega gradiva ter sedimentno-petrografske analize kamninskih razlikov, katerih barva je bila določena z barvno skalo za kamnine (Rock Color Chart). Sedimentno-petrografske preiskave obsegajo določitev strukture in sestave badenijskih lapornatih plasti, kompleksometrijsko vsebnost karbonatov v njih ter sedimentno-petrografske analize debeložrnatih peščenih in konglomeratnih vložkov.

Stratigrafski odsek meje med badenijem in sarmatijem je preiskan sedimentno-petrografske in paleontološko. Makrofavna je analizirana na samem prehodu iz badenija v sarmatij, mikrofavna pa le primerjalno in sicer iz badenijskih plasti nekaj deset metrov pod litostratigrafsko mejo ter iz sarmatijskih plasti nekaj metrov nad mejo (sl. 2, 3b). Raziskanih je bilo tudi 137 makrofosilov. Vsi so bili najdeni leta 2014 v kamninah razkritih v gradbeni jami za HE Brežice.

Rezultati in interpretacija

Badenijske in sarmatijske plasti Krške kotline

Krška kotlina je del Panonskega bazena, ki pripada Centralni Paratetidi. Paleogenske in neogenske bazene Centralne Paratetide v Sloveniji so v novjšem času obravnavali številni avtorji med katerimi omenjamo JELEN-a in sodelavcev (2008). Pregled raziskav z obsežno literaturo so



Sl. 2. Gradbena jama za hidroelektrarno Brežice v letu 2014.

Fig. 2. Excavation pit for HPP Brežice in the year 2014.

podali DROBNE in sod. (2009), PAVŠIČ in HORVAT (2009) ter MARKIČ (2009). Transgresija Centralne Paratetide na jugozahodni rob Panonskega bazena se je začela v spodnjem badeniju (ĆORIĆ et al. 2009). Morska in brakična sedimentacija se je na raziskanem ozemlju nadaljevala do konca sarmatija, ko se je formiralo Panonsko jezero *sensu stricto*.

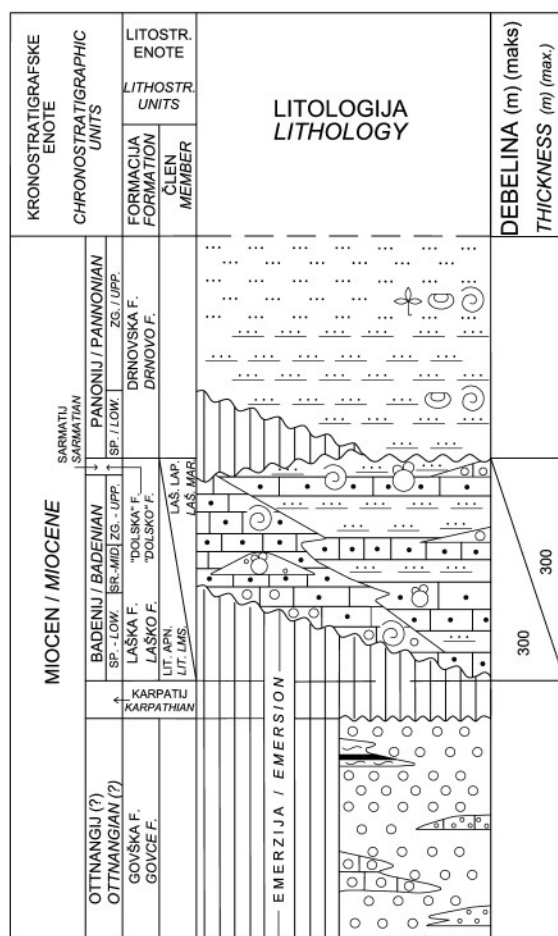
Badenijske plasti so na širšem območju Krške kotline razvite v dveh faciesih in sicer v faciesu t.i. *litotamnijskega apnenca* in *laškega laporja* (sl. 3a). Litotamnijski apnenec leži praviloma v spodnjem delu badenijske skladovnice in predstavlja prvi neogenski morski litostratigrafski člen, ki leži neposredno na starejših paleozojsko-mezozojskih in/ali na terestričnih ottnangijskih plasteh. V njegovi bazi je ponekod debelozrnat polimiktni (bazalni) konglomerat debel do nekaj metrov. Navzgor sledijo različne vrste svetlo rjavega do rumenega bolj ali manj sprijetega kalkarenita in kalcirudita do biokalkarenita in biokalcirudita. Kamnina je masivna do debelo plastnata. Nad njimi leži plastnat lapor do laporovec (sedimentono-petrografske karbonatni meljevec do peščenjak) s pogostim menjavanjem dobro in slabo sprejetega meljevca ali peščenjaka. V tej sedimentni skladovnici se pojavljajo tudi nekaj metrov debele plasti ali leče polimiktnega proda in konglomerata. Tak je razvoj badenijskih plasti v osrednjem in zahodnem delu Krške kotline, v vzhodnem delu, v Bizeljskem gričevju pa litotamnijskega apnenca ni, ampak ga v celoti nadomeščata laporovec (kalcitno dolomitni meljevec) in peščenjak.

Sarmatijske plasti Krške kotline so bolj heterogene; sestoje iz biokalkarenita, karbonatnega meljevca in peščenjaka s plastmi in lečami polimiktnega konglomerata ter večjih leč čistega diatomita. Najpogostejše ležijo na badenijskih plasteh brez jasne litološke meje, ponekod pa sarmatijske plasti manjkajo v celoti in je panonij-ski laporovec odložen neposredno na badenijsko podlago. Pri tem ni vedno jasno, ali gre za stratigrafski ali erozijski hiatus.

V starejši geološki literaturi so badenijske plasti Posavskih gub opredeljevali kot laške plasti, ki so sestavljene iz litotamnijskega apnenca ali litavca v spodnjem in laškega laporja v zgornjem delu skladovnice (BITTNER, 1884; TELLER, 1907; KUŠČER, 1967). Po navedenih avtorjih so sarmatijske plasti bolj glinaste in peščene. KUŠČER (1967) navaja, da je meja med badenijem in sarmatijem morfološko ostro vidna le tam, kjer je na vrhu tortona zgornji litavski apnenec. V novjšem času so o badenijsko-sarmatijskih kamninah na območju Krške kotline pisali RIŽNAR in sodelavci (2002), HORVAT (2004), OTONIČAR in CIMERMAN (2006), in drugi. RIŽNAR in sodelavci. (2002) so plasti navedene starosti na severnem pobočju Gorjancev opredelili kot »Čateško formacijo«. Avtorji navajajo, da je erozijska diskordanca na meji med badenijem in sarmatijem pogojena z lokalno tektoniko in ima hiatus različno velik obseg. HORVAT (2004) je iz useka Dolenjske avtoceste pri Beli Cerкви opisal bogato makrofavno in makrofloro ter silikoflagelate in diatomeje iz stratigrafskega odseka zgornji badenij - spodnji sarmatij. OTONIČAR in CIMERMAN (2006) sta iz useka avtoceste pri Čatežu ob Savi prav tako

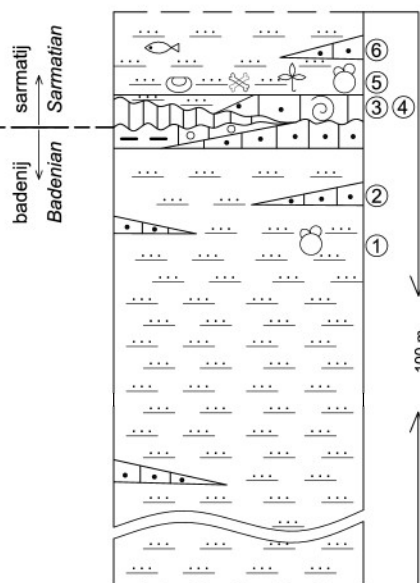
3a

Krška kotlina / Krško basin

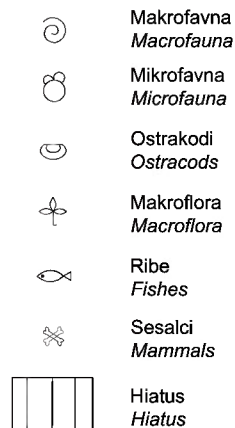
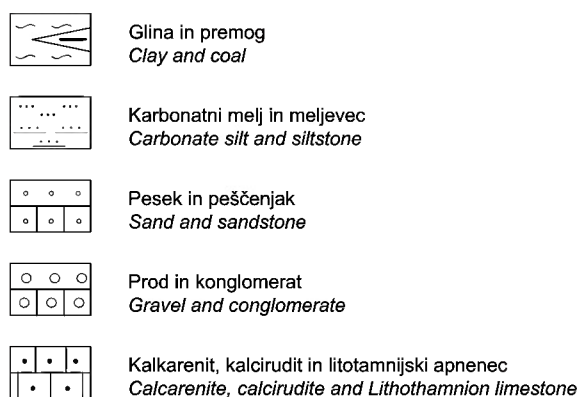


3b

HE Brežice / HPP Brežice



LEGENDA / LEGEND



Sl. 3a. Geološki stolpec Krške kotline.
Fig. 3a. Geological column of the Krško basin.

Sl. 3b. Geološki stolpec raziskovanih plasti v izkopu za HE Brežice.
Fig. 3b. Geological column of investigated beds in the excavation pit for the HPP Brežice.

določila paleogeografsko sedimentacijsko okolje badenijskih in sarmatijskih plasti. Ugotovila sta, da so mikritni apnenci neposredno nad litotamnijskimi rodoidnimi apnenci še badenijske starosti, nekoliko višje ležeči laporasti apnenci z značilnostmi resedimentov pa spodnjesarmatijske starosti.

V okviru izdelave Geološke karte Krške kotline 1:25.000 (POLJAK, 2015) je bila v badenijsko-sarmatijskih plasteh določena številna foraminiferna mikrofavna. Ugotovitve se ujemajo z rezultati podanimi na Osnovni geološki karti SFRJ 1:100.000, list Rogatec (ANIČIĆ & JURIŠA, 1985a). Na njej so tako badenijske (originalno

tortonske), kot tudi sarmatijske plasti združene, ker zaradi enake litološke sestave delitev na terenu ni bila mogoča (ANIČIĆ & JURISA, 1985a; 1985b).

Na Geološki karti Krške kotline 1:25.000 (POLJAK, 2015) so badenijske in sarmatijske plasti združene v eno enoto, z dvema členoma (lito-tamnijski apnenec in laški lapor), in opredeljene kot Laška formacija po analogiji z zgoraj navedenimi laškimi plastmi v Posavskih gubah (KUŠČER, 1967). Talnino badenijskih plasti ponekod predstavljajo neogenske klastične kamnine sestavljene iz proda, peska, melja in gline s premogom. Na Osnovni geološki karti SFRJ 1:100.000, list Zagreb (ŠIKIĆ et al., 1978, 1979), so določene kot spodnjehelvetske, torej ottangijske, na Geološki karti Krške kotline 1:25.000 (POLJAK, 2015) pa so po govških plasteh v Posavskih gubah (KUŠČER, 1967) opredeljene kot Govška formacija, domnevno ottangijske starosti. Na badenijskih in sarmatijskih plasteh Laške formacije so odloženi t.i. panonijski laporji, ki po ostrakodni mikrofavni pripadajo spodnjemu in zgornjemu panoniju. Tudi med sarmatijskimi in panonijskimi plastmi je ponekod hiatus (najverjetneje stratigrafski), tako da so na sarmatijskih ali celo na badenijskih plasteh odloženi laporji spodnje ali zgornjepanonijske starosti.

Badenijske in sarmatijske plasti v gradbeni jami za HE Brežice

Gradbena jama za HE Brežice je globoka do 26 m in obsega približno 220 × 180 m veliko površino badenijskih in sarmatijskih sedimentnih kamnin. Stratigrafska debelina razkritih plasti znaša približno 100 metrov. Predstavljajo južno krilo Krške sinklinale in so nagnjene proti severu za 20 do 30° (sl. 2 in 4). Celotna skladovnica je sestavljena iz sivih plastovitih karbonatnih meljevcev (debelina plasti do 40 cm) z relativno pogostimi plastmi in lečami rumenih do svetlorjavih karbonatnih in kremenovih peščenjakov s kalcitnim cementom, ki prehajajo v drobno do debelozrnate polimiktne konglomerate. Prodniki v konglomeratu dosežejo velikost do 30 cm. Na stratigrafski meji med badenijem in sarmatijem se pojavljajo tudi tanke leče rjavega premoga debele 2 do 3 cm.

V plasteh badenijske in posebej sarmatijske starosti so relativno bogati ostanki moluskov (školjke in polži) ter makroflore. Redkeje najdemo ostanke rib, v glavnem njihovih drobnih

lusk in fragmentov drobnih kosti. V spodnjem delu sarmatijskih plasti, takoj nad stratigrafsko mejo z badenijskimi, je nekaj deset centimetrov debela plast s številnimi polži opisanimi v tem prispevku. Pogosti so listi raznorodne vegetacije. V celotnem zaporedju kamnin je obilna tudi mikrofavna, v kateri prevladujejo foraminifere. Meja badenij/sarmatij je diskordantna z jasnim paleoreliefom.

Sedimentno-petrografske značilnosti badenijskih in sarmatijskih plasti

Da bi lahko sklepali na izvor sedimentnega zasipa in deloma na sedimentacijsko okolje, smo določili sedimentno-petrografske značilnosti glavnih litoloških členov v odkopu. Prevladujočo litologijo badenijskih plasti predstavljajo zelo drobnozrnate sedimentne kamnine, terensko imenovane laporovci (največkrat pa samo laporji - vz. 1). Sestavljajo skladovnico z izrazitimi plastmi srednje sive barve (N 5) (sl. 4) in debele od 2 cm do okrog 40 cm (sl. 4). Debelejše plasti so pogosto laminirane, ponekod z vidno postopno zrnnavostjo (na sliki 4 rumenkastosivo (5 Y 8/1) zbledela plast pod kladivom).



Sl. 4. Plastovit badenijski lapornati meljevc in peščenjak iz izkopa za HE Brežice.

Fig. 4. Bedded Badenian marly siltstones and sandstone in the excavation pit for the HPP Brežice.

Lapornate plasti so diagenetsko malo spremenjene. V vodi posamezni deli zelo počasi razpadajo v židek sediment, tako da je za celoten paket ime lapor vsaj toliko upravičeno, kot laporovec. Granulometrijska sestava je pokazala zelo visok delež melja, kar 88 % in le okrog 10 % frakcije gline, zrnnavost pa je praktično v celoti manjša od 0,1 mm. Delež posameznih frakcij je prikazan v tabeli 1.

Tabela 1. Delež posameznih zrnastostnih frakcij v lapornatem meljevcu iz izkopa za HE Brežice.

Table 1. Content of grain size fractions in marly siltstone from the excavation pit for the HPP Brežice.

Frakcija (mm) Fraction (mm)	< 0,002	0,002-0,005	0,005-0,01	0,01-0,02	0,02-0,04	0,04-0,063	0,063-0,1	0,1-0,15
Delež (%) Content (%)	9,8	12,3	12,8	23,5	32,4	7,6	1,4	0,2

Tabela 2. Rezultati kompleksometrijske analize lapornatega meljevca iz izkopa za HE Brežice.

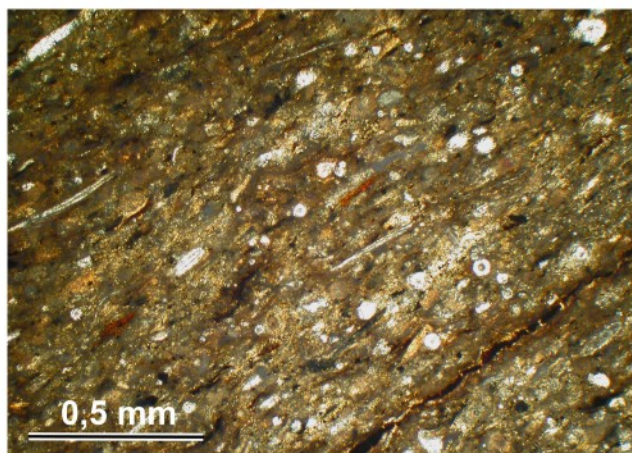
Table 2. Results of complexometric analysis of marly siltstone from the excavation pit for the HPP Brežice.

Komponenta Component	CaO	MgO	Kalcit Calcite	Dolomit Dolomite	Skupni karbonat Total carbonate	Netopni ostanek Insoluble residue
Vsebnost (%) Content (%)	29,2	0,8	50,1	3,6	53,7	46,3

Sedimentno-petrografsko pripadajo slabo sprijetemu lapornatemu meljevcu. Kompleksometrijska analiza značilnega vzorca je pokazala, da vsebujejo okrog 30 % CaO, pri čemer je okrog 0,8 % MgO in preko 46 % netopnega ostanka (tab. 2). Laporovec je torej sestavljen iz več kot 50 % kalcita, saj je nizka vsebnost MgO najverjetneje vezana predvsem na kalcit.

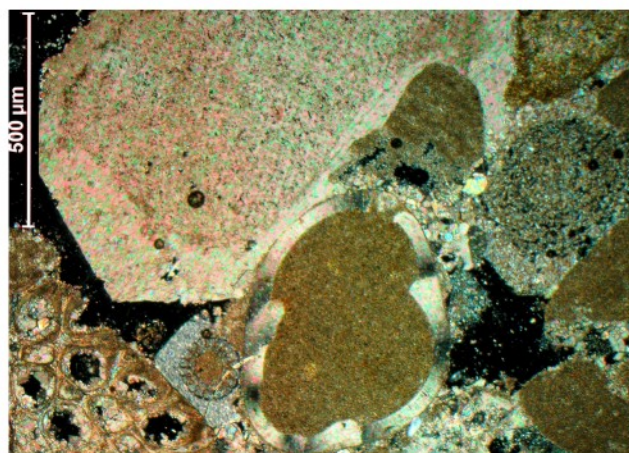
Tekstura lapornatega meljevca nakazuje usmerjenost po plastovitosti (ang. shally). Po-udarjajo jo predvsem zelo številne, planarno razporejene spikule spongij in drugih podolgovatih odlomkov fosilov in mineralov ter trakaste koncentracije organske snovi, ki jo pripisujemo predvsem kerogenu (sl. 5). V glineno karbonatni osnovi se nahajajo še meljasta do drobno peščena monokristalna zrna kalcita, kremenca, malo glinencev, klorita in sericita. Redke so foraminifere. Fosili v kamninah nakazujejo nekoliko globlje morsko okolje sedimentacije.

Iz zgornjega dela badenijskega zaporedja smo podrobneje določili sestavo leče drobnozrnatega biokalcirudita do debelo-zrnatega biokalkarenita tipa grainstone (sl. 3, vz. 2). Prevladujoča zrna v sestavi kamnine so bioklasti, ki merijo do 4 mm in predstavljajo do okrog 70 % površine. Klasti so slabo sortirani, oglati in polzaobljeni. Med seboj se v glavnem dotikajo s točkastimi do tangencialnimi stiki. Alokemična zrna sestavljajo večinoma drobci koralinacejskih alg (litotamnij), pogoste so ploščice ehinodermov, redkejši pa odlomki moluskov in posamezne bentoške foraminifere. Zaslediti je tudi posamezne intraklaste mikritnega apnenca ter terigena zrnca monokristalnega kremenca, katerih skupna količina je ocenjena na približno 2 %. Zrna povezujejo mikrit, mikrosparit in sparit, katerih količina je ocenjena na največ 10 %. Kalcitni cement je dveh oblik: prva je porni z družimozaično strukturo, druga pa sparitni sintaksialni obrobni cement, ki pogosto raste na ploščicah iglokožcev (sl. 6). Mikrit



Sl. 5. Lapornat meljevec z usmerjeno teksturo, vidno po orientaciji številnih spikul spongijev s prednostno orientacijo. Vz. 1, vzporedna polarizatorja. Izkop za HE Brežice.

Fig. 5. Oriented structure of marly siltstone visible due to numerous spicules of sponges with preferred orientation. Samp. 1, parallel polarizers. Excavation pit for the HPP Brežice.



Sl. 6. Preseka foraminifere (desno) in bodice ježka (sredina) zapolnjena z mikritom. Zgoraj levo je ploščica iglokožca sintaksialno obraščena s kalcitom. Vz. 2, navzkrižna polarizatorja. Izkop za HE Brežice.

Fig. 6. Cross-section of foraminifera (right) and echinoid spine (middle) filled with micrite. At the top is echinoderm plate syntaxially overgrown with calcite. Samp. 2, crossed polarizers. Excavation pit for the HPP Brežice.

je ohranjen kot zapolnitve mikrofossilov (interni mikrit, sl. 6). Kamnina ima okrog 15 odstotno medzrnsko poroznost. Struktura biokalcirudita priča o višjeenergijskem okolju nastanka.

V spodnjem delu sarmatijskega sedimentnega zaporedja se nahaja nekaj decimetrov debela plast muljevca s prodniki (sl. 3, vz. 3), ki je odložen na badenijskih lapornatih meljevcih. Po razponu zrnivosti prodnikov in bioklastov ter mulja ustreza nekoliko prodnatemu karbonatnemu mulju do muljevca (sl. 7). Vsebuje številne naplavljenе lupine mehkužcev, rdečih alg-rodoidov in malo foraminifer. Redkejši so litoklasti (veliki do 2,5 cm) in intraklasti glinasto karbonatnega muljevca. Med litoklasti najdemo v sledovih močno izpran pelmikitni apnenec s posameznimi zrni kremenca (sl. 8).



Sl. 7. Muljevec s številnimi odlomki in skeleti mehkužcev in posameznimi litoklasti. Vz. 3, izkop za HE Brežice.

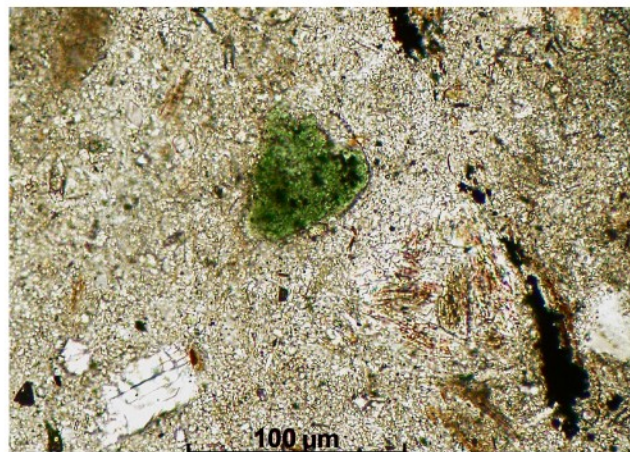
Fig. 7. Mudstone with numerous fragments and skelets of moluscs, and some lithoclasts. Samp. 3, excavation pit for the HPP Brežice.



Sl. 8. Litoklast izpranega pelmikitnega apnenca v karbonatnem mulju. Vz. 3, vzporedna polarizatorja. Izkop za HE Brežice.

Fig. 8. Lithoclast of washed pelmikitic limestone in the carbonate mud. Samp. 3, parallel polarizers. Excavation pit for the HPP Brežice.

Klasti so podprti z muljasto osnovo, ki je sestavljena iz glinasto karbonatnega mulja z meljastimi do peščenimi zrni kremenca, kalcita, neprosojne organske snovi, sericita ter v sledovih glavkonita (sl. 9).

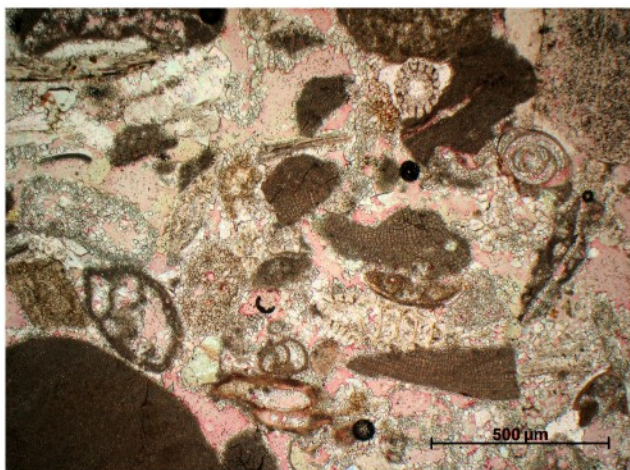


Sl. 9. Zaobljeno zrno glavkonita (zeleno) v meljasto glinasti osnovi. Belo zrno je kalcit. Vz. 3, vzporedni polarizatorji. Izkop za HE Brežice.

Fig. 9. Rounded glauconite grain (green) in the silty clayey matrix. White grain is calcite. Samp. 3, parallel polarizers. Excavation pit for the HPP Brežice.

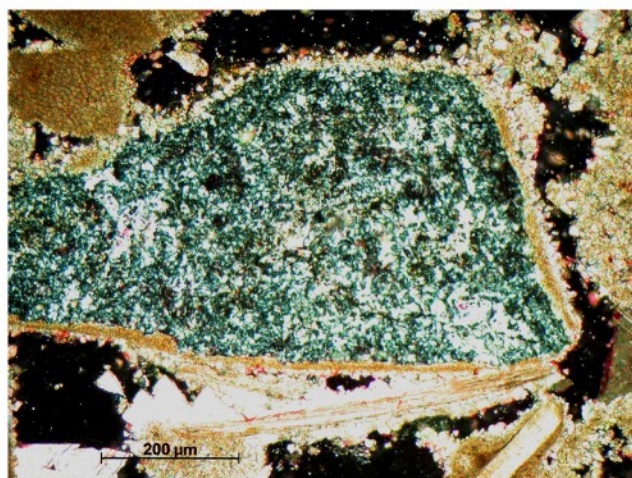
Heterogena zrnivost in sestava sedimenta bi lahko predstavljala rezultat mešanja alokemičnega materiala s terestričnim v plitvomorskem okolju. Posamezne leče drobnazrnatega biokalcirudita (sl. 3b, vz. 6), ki je zelo podoben vzorcu 2 iz zgornjega badenija, predstavljajo v okolju redke dogodke z višjo energijo. V obeh primerih se biokalcirudit nahaja znotraj karbonatnega meljevca. V sestavi kamnine so prevladujoča zrna bioklastov, ki predstavljajo okrog 65 %. Dosežejo velikost do 5 mm. Sediment je slabo sortiran. Zrna so srednje do dobro zaobljena in se med seboj točkasto dotikajo. Večina zrn pripada odlomkom koralinacejskih alg (litotamnij, sl. 10), ploščicam ehinodermov in briozojem. Redke so foraminifere in odlomki školjčnih lupinic. Terigenim zrnem pripada skupno okrog 3-4 %. To so roženci in posamezna zrna monokristalnega kremenca ter redka presedimentirana zrna biomikrita, ki vsebuje odlomke skeletnih alg, bodice ježkov in drobne lupinice ostrakodov.

Veziva je okoli 10 %. Pripada drobnazrnatemu sparitu (sl. 11) in sintaksialnemu obrobnemu cementu, ki nastopa ob ehinodermnih ploščicah (sl. 12). Muljasto vezivo je ohranjeno le še v zaščitenih porah. Kamnina ima okrog 20 % medzrnsko poroznost.



Sl. 10. Drobnozrnati biocalcirudit z odlomki skeletnih alg (motno rjave), redke foraminifere (na levi in desni), bodica ježka (zgoraj), neznatno cementirani z mikrosparitom. V desnem zgornjem kotu je ploščica iglokožca obraščena s sintaksialnim cementom. Pore so rožnato obarvane z alizarinom. Vz. 6, vzporedna polarizatorja. Izkop za HE Brežice.

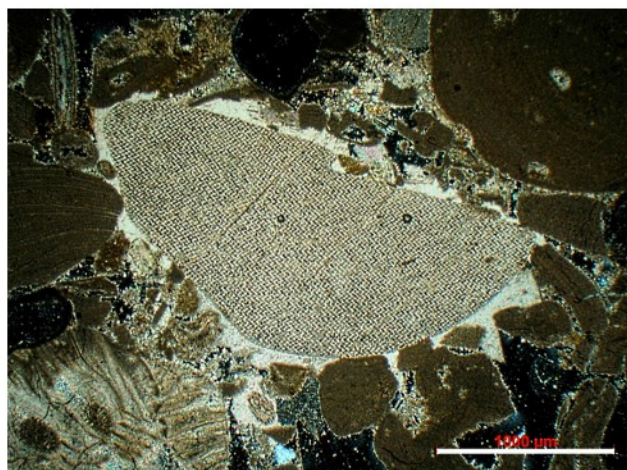
Fig. 10. Finegrained biocalcirudite with skeletal algae fragments (brown), sparse foraminifera (on the left and right side), echinoid spine (top), slightly cemented with microsparite; echinoderm plate overgrown with syntaxial cement (upper right corner). Pores are stained pinkish with alizarin colour. Samp. 6, parallel polarizers. Excavation pit for the HPP Brežice.



Sl. 11. Odlomek roženca v drobnozrnatem biocalciruditu obdan s sparitnim obrobim cementom; spodaj je malo sparita, črno so pore. Preparat je rahlo rožnato obarvan z alizarinom. Vz. 6, navkrižna polarizatorja. Izkop za HE Brežice.

Fig. 11. Chert fragment in finegrained biocalcirudite enveloped with sparitic rim cement; some sparite is at the bottom, black are pores. Samp. 6, crossed polarizers. Excavation pit for the HPP Brežice.

Sestava in tekstura kamnine nakazujeta nastanek v višje energijskem in relativno plitvem morskem okolju. Opisane kamnine predstavljajo lateralno nadaljevanje miocenskega sedimentnega zaporedja z območja severnega pobočja Gorjancev, torej nadaljevanje formacije, za katero so RIŽNAR in sodelavci (2002) predlagali ime Čateška formacija. Sedimentno-petrografske lastnosti preiskanih kamnin, deloma tudi zelo slabo sprijetih sedimentov, naj bi nastala v območju



Sl. 12. Odlomek ploščice iglokožca obraščen s sintaksialnim sparitom (sredina). Okrog njega so motno prosojni odlomki koralinacejskih (litotamnijskih) alg. Vz. 6, navkrižna polarizatorja. Izkop za HE Brežice.

Fig. 12. Fragment of echinoderm plate overgrown with syntaxial sparite (centre) and surrounded by fragments of coralline (lithothamnion) algae. Samp. 6, crossed polarizers. Excavation pit for the HPP Brežice.

plitvega šelfa, redkeje v globljem morju. OTONIČAR in CIMERMAN (2006) sta na območju trase avtoceste med Krško vasjo in Obrežjem, ki poteka po južni strani struge Krke, opisala okolje kot karbonatno platformo z morfologijo rampe. Kalcirudit in kalkarenit predstavljata resedimente. Za korelacijo je pomembna tanka plast prodnatega mulja do muljevca s številnimi fosili na meji med badenijem in sarmatijem. Predvidoma gre za isti horizont v katerem sta OTONIČAR in CIMERMAN (2006) našla le 2 cm debelo lamino v »laporastem« apnencu. V njej je bilo določenih kar 28 vrst badenijskih in spodnje sarmatijskih foraminifer.

Paleontološke raziskave

Mikrofosili

Klasifikacija mikrofosilov: **foraminifer** (lunčičark) po LOEBLICH & TAPPAN (1987) in **ostrakodov** po MORKHOVEN (1962)

Badenijska mikrofavna (vzorec 1, tab. 1, sl. 1-13)

V združbi foraminifer velikosti $> 0,250$ mm prevladujejo primerki vrste *Pappina neudorfenis* (Toula) (tab. 1, sl. 11), sledijo primerki vrst *Uvigerina venusta* Franzén (tab. 1, sl. 10), *Bolivina dilatata maxima* Cicha & Zapletalova in primerki aglutinirane vrste *Pavonitina styriaca* Schubert (tab. 1, sl. 13). V združbi velikosti $> 0,125$ mm dominirajo primerki vrst *Bolivina dilatata dilatata* Reuss (tab. 1, sl. 7) in *Cassidulina carinata* Silvestri (tab. 1, sl. 1). V obeh združbah so dobro zastopane oblike vrst *Bulimina gutschulica*

Livental (tab. 1, sl. 8), *B. insignis* Luczkowska in *B. elongata* (d'Orbigny) (tab. 1, sl. 9). Zelo redki so primerki vrst *Paravulvulina serrata* (Reuss), *Bolivina pokornyi* Cicha & Zapletalova (tab. 1, sl. 5-6), *Globobulimina pyrula* (d'Orbigny) (tab. 1, sl. 12), *Globocassidulina oblonga* (Reuss), *Cibicidoides ungerianus* (d'Orbigny), *Lobatula lobatula* (Walker & Jacob), *Melonis pompilioides* (Fichtel & Moll), *Heterolepa dutemplei* (d'Orbigny), *Hanzawaia boueana* (d'Orbigny), *Elphidium macellum* (Fichtel & Moll) in *Uvigerina* sp. (tab. 1, sl. 10). Primerki planktonskih vrst so pogosti, med njimi *Globigerina diplostoma* (Reuss), *Gl. bulloides* d'Orbigny (tab. 1, sl. 2), *Globigerina falconensis* Blow (tab. 1, sl. 3), *Gl. concinna* Reuss, *Globigerinella regularis* (d'Orbigny) (tab. 1, sl. 4) in *Globoturborotalia druryi* (Akers). Redki so primerki foraminifer iz skupine *Globigerionoides* spp.

Sarmatijska mikrofavna (vzorec 5, tab. 2, sl. 1-20)

Foraminiferna združba je v sarmatijskem vzorcu glede na badenijsko precej reducirana. V združbi prevladujejo primerki vrst *Ammonia viennensis* (d'Orbigny) (tab. 2, sl. 119, *A. beccarii* (Linné), *A. beccarii* (Linné), *Fursenkoina sarmatica* (Vengliniski) (tab. 2, sl. 6), *Lobatula lobatula* (Walker & Jacob), *Nonion commune* (d'Orbigny), *N. bogdanowiczi* Voloshinova (tab. 2, sl. 1), *N. tumidulus* Pishvanova (tab. 2, sl. 2), *Porosonion granosum* (d'Orbigny), *P. martkobi* (Bogdanowicz) (tab. 2, sl. 7), *Elphidium ferretgranulom* Krashenninnikov (tab. 2, sl. 5), *E. hauerinum* (d'Orbigny) (tab. 2, sl. 3), *E. fichtelianum* (d'Orbigny) (tab. 2, sl. 10), *E. cf. joukovi* Serova (tab. 2, sl. 4), *E. macellum* (Fichtel & Moll) in *Elphidium grilli* Papp (tab. 2, sl. 13). Najdeni so še posamezni primerki vrst *Elphidium reginum* (d'Orbigny) (tab. 2, sl. 12), *Anomalinoidea dividens* (Luczkowska) (tab. 2, sl. 8-9) in *Quinqueloculina akneriana* d'Orbigny. Razen foraminifer je v vzorcu najdena tudi ostrakodna združba *Cytheridea hungarica* (Zalányi) (tab. 2, sl. 15), *Aurila merita* (Zalányi), *Loxocorniculum schmidi* (Cernajsek) (tab. 2, sl. 16), *Senesia* sp. (tab. 2, sl. 14) ter vrsti *Callistocythere egregia* (Méhes) (tab. 2, sl. 17) in *Xestoleberis globerescense* (Reuss) (tab. 2, sl. 20).

Makrofosili

Makrofosili so bili izolirani iz terenskega vzorca 4 (sl. 3.b), razen vrste *Macrochlamys nodosiformis* iz terenskega vzorca 2 (sl. 3.b). Vsi

primerki so shranjeni v Paleontološki zbirki Jurkovšek z oznako BJ.

Sistematska razvrstitev polžev po: WENZ 1938, BOUCHET & ROCROI 2005

Phylum Mollusca Linné, 1758
Classis Gastropoda Cuvier, 1795
Cladus Vetigastropoda Salvini-Plawen, 1980
Superfamilia Trochoidea Rafinesque, 1815
Familia Trochidae Rafinesque, 1815
Genus *Gibbula* Risso, 1826

Gibbula angulata (Eichwald, 1829)

Tab. 3, sl. 1

- 1856 *Monodonta angulata* Eichw. – HÖRNES, 439, Taf. 44, Figs. 9a-9c, 10a-10c
p.1897 *Trochus Guttenbergi* Hilber, species nova. – HILBER, 194, Taf. 1, Figs. 7a-7c, 8
1928 *Gibbula affinis* Eichw. var. *pseudangulata* Boettg. – FRIEDBERG, 491, Tabl. 31, Figs. 1-3
1954 *Gibbula* aff. *angulata* (Eichwald) – PAPP, 10, Taf. 1, Figs. 2-3
1954 *Gibbula angulata angulata* (Eichwald) – PAPP, 10, Taf. 1, Fig. 4
1954 *Gibbula angulata spirocarinata* n. ssp. – PAPP, 11, Taf. 1, Figs. 9-13
1959 *Calliostoma guttenbergi* (Hilber) – BODA, 606 (699), tab. 21, Figs. 1-6
1959 *Calliostoma angulatum* (Eichwald) – BODA, 608 (810), tab. 22, Fig. 3
1969 *Calliostoma guttenbergi* (Hilber, 1897) – KOJUMDŽIEVA, 76, Tabl. 28, Figs. 2a-2b, 3a-3c, 4
1971 *Calliostoma angulatum* (Eichwald) – NICORICI, 221, Pl. 3, Figs. 1-4
1981 *Gibbula (Colliculus) affinis pseudangulata* Boettger, 1907 – ŠVAGROVSKÝ, 107, Taf. 33, Figs. 1-3
2011 *Gibbula angulata* (Eichwald, 1853) – LUKENEDER et al., 772, Fig. 4. A
2013 *Calliostoma? angulatum spirocarinatum* (Papp, 1954) – TAMAŞ et al., 69, Fig. 2e

Material: Dve poškodovani hišici iz terenskega vzorca 4 (BJ 3224). Hišici sta široki okrog 8 mm.

Opis: Majhna, stožčasta oziroma trohoidna, evolutna hišica z apikalnim kotom okrog 60°. Ohranjeni so trije relativno visoki in ravni zavoji. Zadnji zavoj zavzema polovico hišice in ima okroglo holostomno ustje. Na starejših zavojih je v zgornjem delu en močnejši spiralni greben,

navzdol sledi pet enakovrednih in tankih spiralnih črt. Zadnji zavoj ima podobno ornamentacijo, le da je na sredini zavoja večji in širši spiralni greben, ki v spodnjem delu preide v štiri do pet tankih spiralnih črt.

Opomba: HÖRNES (1856: 439) v sinonimiki navaja, da je vrsto prvokrat opisal Eichwald leta 1829 z imenom *Trochus angulatus*.

Stratigrafska in geografska razširjenost: HÖRNES (1856: 439) piše, da so jo našli v miocenskih skladih avstrijskih in madžarskih najdišč. FRIEDBERG (1928: 491-492) predstavlja različne gibule iz miocena Poljske, med njimi tudi zelo podobno obliko vrsti *Gibbula angulata*. PAPP (1954: 10-11) predstavlja več gibul, ki so si medsebojno zelo podobne, razvršča pa jih v nekaj vrst in podvrst. Najdene so v sarmatijskih rizojskih in ervilijskih plasteh Dunajske kotline. BODA (1959: 606-608) opisuje več različnih gibul in kaliostom, vse so iz sarmatijskih plasti Madžarske. NICORICI (1971: 221) primerke vrste *Calliostoma angulatum* opisuje iz sarmatijskih plasti najdišča Cioncu v Romuniji. ŠVAGROVSKÝ (1981: 108) jo predstavlja iz badenijskih plasti Slovaške, omenja še, da so jih našli tudi na Moravskem, Madžarskem, Poljskem, v Romuniji in Ukrajini. HARZHAUSER & PILLER (2004a: 98) vrsto *Gibbula angulata* (Eichwald) omenjata iz kamnoloma Hummel v kotlini Eisenstadt - Sopron. LUKENEDER in sod. (2011: 772) pišejo, da je vrsta *Gibbula angulata* med pogostnimi oblikami sarmatijskih polžev v Centralni Paratetidi. TAMAŞ et al. (2013: 69) jo opisujejo iz spodnesarmatijskih plasti Romunije.

Cladus Cycloneritimorpha Fryda, 1998
Superfamilia Neritoidea Rafinesque, 1815
Familia Neritidae Rafinesque, 1815
Genus *Theodoxus* Montfort, 1810

JURIŠIĆ-POLŠAK-ova (1979: 32) piše, da so neritide živele v sladki vodi (rod *Theodoxus*) ali v brakični vodi (rod *Clithon*), izjemoma so neritide v morju, vendar na območju z močnim lokalnim vplivom sladke vode.

Theodoxus soceni Jekelius, 1944
Tab. 3, sl. 2 a-b

- 1959 *Theodoxus (Theodoxus) soceni* Jekelius – BODA, 630 (727), Tab. 33, Figs. 1-4
1969 *Theodoxus (Calvertia) soceni* Jekelius, 1944 – KOJUMDŽIEVA, 61, Tabl. 21, Fig. 6

- 1979 *Theodoxus (Theodoxus) pilari soceni* (Jekelius) – JURIŠIĆ-POLŠAK, 20. Tab. 4, Sl. 3-6
2011 *Theodoxus soceni* Jekelius, 1944 – LUKENEDER et al., 772, Fig. 4. F₁ – F₂

Material: Ena v celoti ohranjena hišica iz te-renskega vzorca 4 (BJ 3223). Hišica je visoka 6,5 in široka 7,5 mm.

Opis: Zelo majhna hišica sestoji iz treh prekrivajočih zavojev. Zadnji zavoj je zelo velik, močno izbočen in prekriva vse starejše zavoje. Veliko hostomno ustje je ovalne do pravokotne oblike, notranja ustna je rahlo nazobčana in široka, zunanja je ozka in gladka. Površina hišice je ornamentirana z ohranjenim rjavorumenkastim nepravilnim vzorcem, ki je značilen za tovrstne polže.

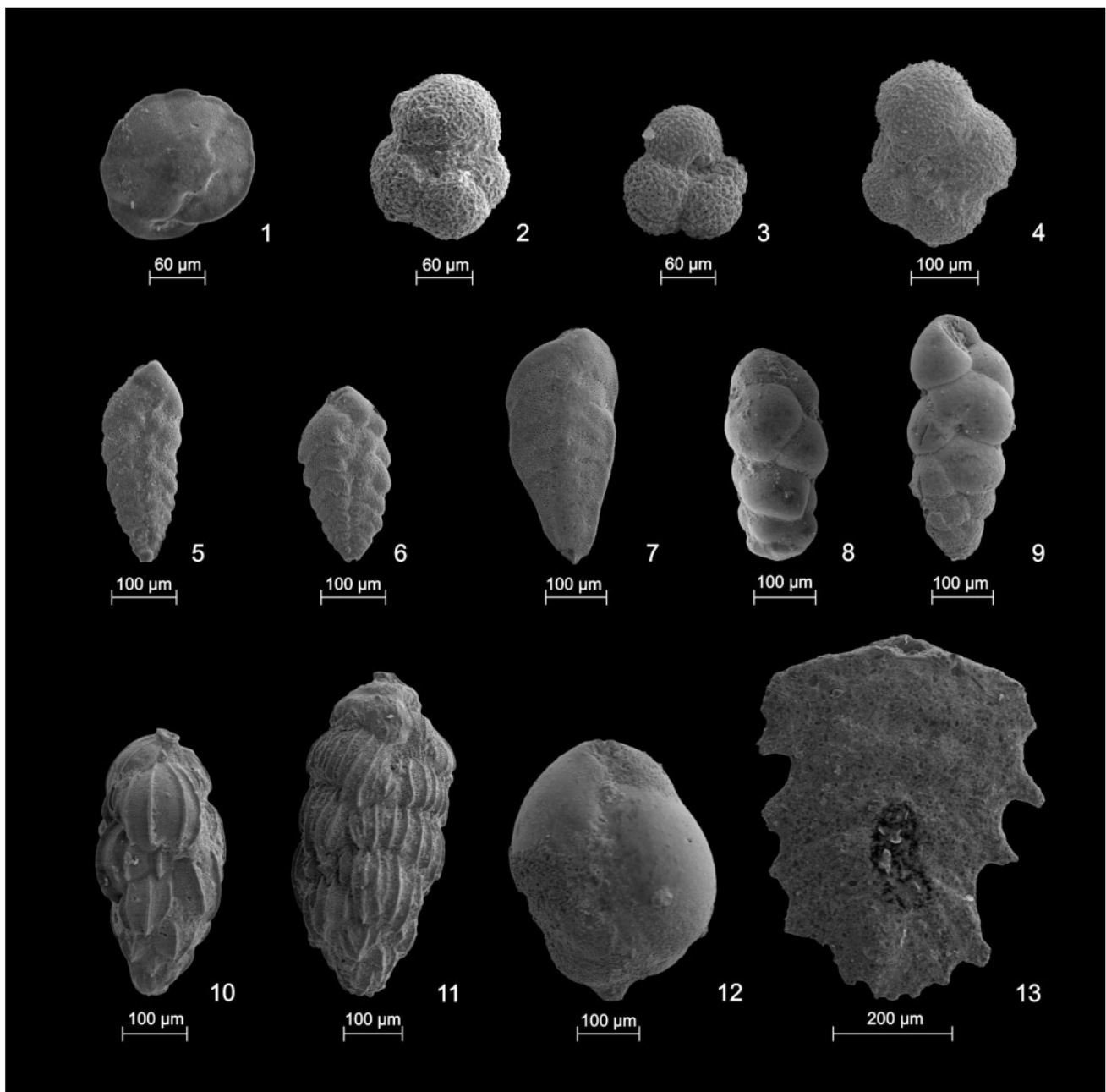
Stratigrafska in geografska razširjenost: BODA (1959: 630 (727)) piše, da so primerki vrste *Theodoxus soceni* ugotovljeni v sarmatijskih plasteh Madžarske (Várpálot) in nastopajo od sarmatija do panonija. KOJUMDŽIEVA (1969: 61) tovrstno obliko predstavlja iz spodnjega sarmatija Bolgarije. JURIŠIĆ-POLŠAK (1979: 20) piše, da je ta polžja oblika najdena v sarmatijskih in panonijskih skladih Hrvaške (Markuševac), Romunije (Soceni) in Avstrije (Vösendorf). LUKENEDER in sodelavci (2011: 772) jo predstavljajo med pogostnimi sarmatijskimi polži Centralne Paratetide.

Cladus Sorbeoconcha Ponder & Lindberg, 1997
Superfamilia Cerithioidea Fleming, 1822
Familia Cerithiidae Fleming, 1822
Genus *Cerithium* Bruguière, 1789

Cerithium rubiginosum (Eichwald, 1830)
Tab. 3, sl. 3 a-b, 4 a-b, 5 a-b

- 1856 *Cerithium rubiginosum* Eichw. – HÖRNES, 396, Taf. 41, Figs. 16a-16b, 18a-18b
1875 *Cerithium rubiginosum* Eichw. var. – HÖRNES, 67, Taf. 2, Figs. 15a-15b, 16a-16b
1922 *Cerithium (Chondrocerithium) subrubiginosum* C. et P. – COSSMANN & PEYROT, 215, T. 73, Pl. 5, Figs. 29-31
1954 *Cerithium (Theridium) rubiginosum rubiginosum* (Eichwald) – PAPP, 46, Taf. 6, Figs. 27-28
1954 *Cerithium (Theridium) rubiginosum subtypicum* Sacco – PAPP, 47, Taf. 6, Fig. 29
1959 *Cerithium (Theridium) rubiginosum rubiginosum* (Eichwald) – BODA, 620 (715), tab. 27, Figs. 4-10
1960 *Cerithium rubiginosum* Eichw. – VADÁSZ, 604, Tab. 49, Fig. 5

TABLA 1 – PLATE 1



SEM fotografije badenijskih foraminifer iz vzorca 1.

SEM images of the Badenian foraminifera from sample 1.

- | | |
|--|--|
| 1 <i>Cassidulina carinata</i> Silvestri | 8 <i>Bulimina gutschulica</i> Livental |
| 2 <i>Globigerina bulloides</i> d'Orbigny | 9 <i>Bulimina elongata</i> d'Orbigny |
| 3 <i>Globigerina falconensis</i> Blow | 10 <i>Uvigerina</i> sp. |
| 4 <i>Globigerinella regularis</i> (d'Orbigny) | 11 <i>Pappina neudorfensis</i> (Toula) |
| 5 <i>Bolivina pokornyi</i> Cicha & Zapletalova | 12 <i>Globobulimina pyrula</i> (d'Orbigny) |
| 6 <i>Bolivina pokornyi</i> Cicha & Zapletalova | 13 <i>Pavonitina styriaca</i> Schubert |
| 7 <i>Bolivina dilatata</i> Reuss | |

- 1969 *Cerithium (Vulgocerithium) rubiginosum rubiginosum* Eichwald, 1830 – KOJUMDŽIEVA, 89, Tabl. 31, Figs. 22a-22b, 23a-23b; Tabl. 32, 1a-1b, 2
- 1971 *Cerithium (Theridium) rubiginosum rubiginosum* Eichwald – NICORICI, 230, Pl. 6, Figs. 26-49
- 1998 *Cerithium (Tharidium) rubiginosum rubiginosum* Eichwald – SCHULTZ, 130-131, Taf. 59, Figs. 10a-10b
- 1998 *Cerithium (Theridium) rubiginosum subtypicum* Sacco – SCHULTZ, 130-131, Taf. 59, Figs. 11a-11b
- 2011 *Cerithium rubiginosum* (Eichwald, 1853) – LUKENEDER et al., 772, Fig. 4. G-H
- 2011 *Cerithium rubiginosum* Eichwald, 1830 – HARZHAUSER et al., 172, Fig. 3. 9

Material: V raziskavi smo imeli 82 različno ohranjenih hišic iz terenskega vzorca 4 (BJ 3229). Največje merijo v višino 23 mm, v širino 8,5 mm, najmanjše so visoke 9,5 in široke 5mm.

Opis: Nizko stolpičasta evolutna hišica sestoji iz devetih do desetih zavojev, z apikalnim kotom okrog 30°. Zavoji so nizki, široki in rahlo izbočeni, zadnji zavoj zavzema skoraj polovico hišice in ima ovalno sifonostomno ustje. Notranja ustna je široka in gladka, zunanja ozka in navzven nazobčana. Celotna površina hišica je prekrita z osno in spiralno tuberkulato ornamentacijo.

Stratigrafska in geografska razširjenost: HÖRNES (1856: 396) jih omenja in opisuje iz številnih avstrijskih najdišč. HOERNES (1875: 67) opisuje vrsto *Cerithium rubiginosum* iz sarmatijskih plasti najdišča Kravarsko na Hrvaškem. FUCHS (1875b: 108) tudi omenja vrsto *Cerithium rubiginosum* iz sarmatijskih (v Mediteranu serravallijskih) plasti v okolici Sirakuze na Siciliji. COSSMANN in PEYROT (1922: 215) zelo podobno podvrsto omenjata iz miocena najdišč Gajac in Mérignac v Franciji. PAPP (1954: 46-47) omenja dve ceritijski obliki iz sarmatijskih plasti Avstrije: *Cerithium (Theridium) rubiginosum rubiginosum* in *C. (T.) rubiginosum subtypicum*. BODA (1959: 620) jih predstavlja iz sarmatijskih plasti Madžarske. KOJUMDŽIEVA (1969: 90) primerke vrste *Cerithium rubiginosum* predstavlja iz spodnjesarmatijskih plasti Bolgarije. NICORICI (1971: 230) jih predstavlja iz sarmatijskih plasti najdišča Cioncu v Romuniji. SCHULTZ (1998: 130) omenja dve podvrsti: *Cerithium (Theridium) rubiginosum rubiginosum* iz rizojskih in *C. (T.) rubiginosum subtypicum* iz ervilijskih plasti Spodnje Avstrije. HARZHAUSER in PILLER (2004a: 98) omenjata najdbe vrste *Cerithium rubiginosum* iz sarmatijskih plasti kamnoloma Hummel v kotlini Eisenstadt - Sopron. LUKENEDER in sodelavci (2011: 772) jih predstavljajo iz najdišča Soceni Politioană iz cone z mohrensternijami in najdišča Hauskirchen iz cone z ervilijami. HARZHAUSER in sod. (2011: 172-173) vrsto *Cerithium rubiginosum* predstavljajo in omenjajo iz zgornje ervilijske cone v severnovzhodnem območju Avstrije.

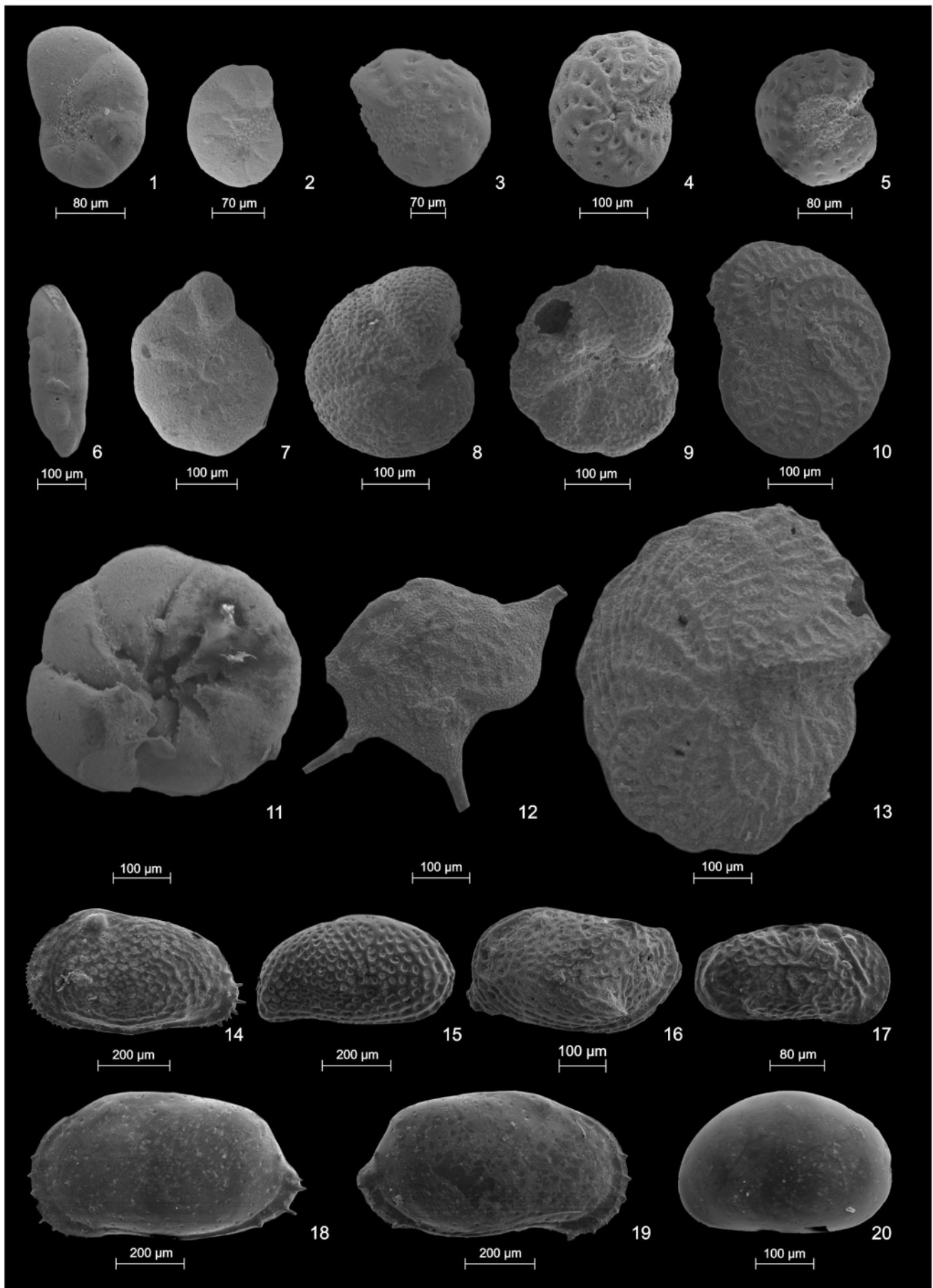
TABLA 2 – PLATE 2

SEM fotografije sarmatijskih foraminifer in ostrakodov iz vzorca 5.

SEM images of the Sarmatian foraminifera and ostracods from sample 5.

- | | |
|--|--|
| 1 <i>Nonion bogdanowiczi</i> Voloshinova | 11 <i>Ammonia viennensis</i> (d'Orbigny) |
| 2 <i>Nonion tumidulus</i> Pisshvanova | 12 <i>Elphidium reginum</i> (d'Orbigny) |
| 3 <i>Elphidium hauerinum</i> (d'Orbigny) | 13 <i>Elphidium grilli</i> Papp |
| 4 <i>Elphidium</i> cf. <i>joukovi</i> Serova | 14 <i>Senesia</i> sp. |
| 5 <i>Elphidium ferentegratulom</i> Krashenninnikov | 15 <i>Cytheridea hungarica</i> Zálányi |
| 6 <i>Fursenkoina sarmatica</i> (Vengliniski) | 16 <i>Loxocorniculum schmidi</i> (Cernajsek) |
| 7 <i>Porosononion martkobi</i> (Bogdanowicz) | 17 <i>Callistocythere egregia</i> (Méhes) |
| 8 <i>Anomalinoidea dividens</i> Luczkowska | 18 <i>Aurila merita</i> (Zálányi) |
| 9 <i>Anomalinoidea dividens</i> Luczkowska | 19 <i>Aurila merita</i> (Zálányi) |
| 10 <i>Elphidium fichtellianum</i> (d'Orbigny) | 20 <i>Xestoleberis glabrescense</i> (Reuss) |

TABLA 2 – PLATE 2



Familia Potamididae H. Adams & A. Adams, 1854
Genus *Granulolabium* Cossmann, 1889

Granulolabium pictum (Basterot, 1825)

Tab. 3, sl. 6 a-b, 7 a-b, 8 a-b

- 1825 *Cerithium pictum*. Nob. – BASTEROT, 57, Pl. 3, Fig. 6
1840 *Cerithium pictum*. De Bast. – GRATELOUP, Cérîte, No. 18, Pl. 2, Fig. 8
1840 *Cerithium pictum*. Bast. – GRATELOUP, Supplément, Pl. 1, No. 46, Fig. 12
1856 *Cerithium pictum* Bast. – HÖRNES, 394, Taf. 41, Figs. 15a-15b, 17a-17b
1875 *Cerithium pictum* Bast. var. – HOERNES, 67, Taf. 2, Figs. 8-12
1922 *Pirenella picta* Defr. var. *cingulata* et *effusa* Grat. – COSSMANN & PEYROT, 275, T. 73, Pl. 6, Figs. 10-11
1922 *Pirenella picta* Defr. – COSSMANN & PEYROT, 273, T. 73, PL. 6, Figs. 17-20
1954 *Pirenella picta picta* (Defrance) – PAPP, 39, Taf. 6, Figs. 1-12
1954 *Pirenella picta mitralis* (Eichwald) – PAPP, 40, Taf. 6, Figs. 16-18
1954 *Pirenella picta bicostata* (Eichwald) – PAPP, 41, Taf. 6, Figs. 19-21
1959 *Pirenella picta picta* (Defrance) – BODA, 616 (711), táb. 25, Figs. 15-19; Tá. 26, Figs. 1-5
1959 *Pirenella picta mitralis* (Eichwald) – BODA, 617 (712), táb. 26, Figs. 6-11
1960 *Cerithium pictum* Defr. – VADÁSZ, 604, Tá. 49, Fig. 3
1966 *Pirenella picta floriana* (Hilb.) – KÓKAY, 41, Tá. 4, Figs. 1-4
1969 *Pirenella picta picta* (Defrance in Basterot, 1825) – KOJUMDŽIEVA, 92, Tabl. 32, Figs. 15a-15b, 16a-16b
1971 *Pirenella picta bicostata* (Eichwald) – NICORICI, 229, Pl. 6, Figs. 1-4
2001 *Granulolabium* (*Granulolabium*) *bicinctum* (Brocchi 1814) – Harzhauser & Kowalke, 362-363, Fig. 4. 10
2002 *Granulolabium bicinctum* (Brocchi, 1814) – HARZHAUSER & KOWALKE, 66-67, Pl. 11, Figs. 1-3; Pl. 13, Figs. 1-3
2008 *Granulolabium bicinctum* (Brocchi, 1814) – MANDIC et al., 351, Fig. 7 h
2011 *Granulolabium bicinctum* (Brocchi, 1814) – LUKENEDER et al., 772, Fig. 4. I-J
2011 *Granulolabium bicinctum* (Brocchi, 1814) – HARZHAUSER et al., 172, Fig. 3. 7
2013 *Granulolabium bicinctum* (Brocchi, 1814) – TAMAŞ et al., 71, Figs. 2i-j

Material: 37 različno ohranjenih hišic granulolabijev iz terenskega vzorca (BJ 3228). Največje hišice so visoke 19,5 in široke 8 mm, najmanjše merijo v višino 11 in širino 4mm.

Opis: Nizka stolpičasta ceritijska hišica sestoji iz 11 do 12 nizkih, širokih in rahlo izbočenih zavojev. Apikalni kot znaša okrog 26°. Ambitus hišice je stopničastega videza. Zadnji zavoj zavzema približno tretjino celotne hišice, ovalno ustje je sifonostomno. Notranja in zunanja ustna se podaljšujeta v kratek sifonalni kanal. Na vseh zavojih so po trije spiralni grebeni, na zgornjem delu zavojev je najmočnejši niz spiralno potekajočih izboklin, sledi srednji šibkejši venec in spodaj je najšibkejši spiralni venec izboklinic. Velikost izboklinic se povečuje od najstarejših k najmlajšim zavojem. Zadnji zavoj ima največje izbokline. Opazili smo manjše razlike v ornamentaciji posameznih hišic.

Pripombe: Oblika in ornamentacija prve predstavitve pliocenske (piacentino) polžje hišice Brocchija iz leta 1814 (Tav. 9) z imenom *Murex bicinctus* (tav. 9, fig. 13, cf. PINNA 1989: 314-323, Tav. 165, Fig. 13) je drugačna od sarmatijske vrste z imenom *Granulolabium bicinctum*. Zavoji pri Brocchijevi vrsti so nižji in ornamentirani z dvema enakovrednima spiralnima vrstama vozličev na zavojju. Nekaj podobnega vidimo tudi pri primerku z imenom *Pirenella bicincta* (Brocchi) 1814 (cf. ROSSI RONCHETTI 1951-1957: 125-126, Fig. 60). Po ambitusu hišic in njihovi ornamentaciji sarmatijske oblike ustrezajo BASTEROT – ovi (1825) vrsti *Cerithium picta*, še bolj pa primerkom iste vrste *C. pictum*, ki jih predstavlja HÖRNES (1856: Taf. 41, Figs. 15, 17).

Po našem mnenju primerki Brocchi-jeve vrste *Granulolabium bicinctum*, ki jih iz sarmatijskih plasti Paratetide predstavljajo avtorji HARZHAUSER in KOWALKE (2002), MANDIC in sodelavci (2008), LUKENEDER in sodelavci (2011), HARZHAUSER in sodelavci (2011), TAMAŞ in sodelavci. (2013), ne pripadajo tej vrsti, saj so oblike originalnih hišic oziroma holotipov drugačne.

SUESS (1866: 219-221) iz sarmatijskega braškičnega ceritijskega horizonta Dunajske kotline in Madžarske večkrat omenja primerke vrste *Cerithium pictum*, *C. rubiginosum* in *C. plicatum*. FUCHS (1875a: 49) opisuje terciarne plasti v okolici Kamnika. Iz najmlajših peskov s turitelami in ceritiji omenja zelo pogostni vrsti *Cerithium pictum* Bast. in *C. rubiginosum*

Eicw. ter plasti z njimi primerja z avstrijskimi grundskimi skladi. HILBER (1881: 474-75) navaja med sarmatijskimi polžjimi vrstami iz Viševce in Vrhovij v Tunjiškem gričevju ceritijske oblike *Cerithium rubiginosum* Eichw., *C. aff. rubiginosum* Eichw. in *C. aff. pictum* Basterot. HILBER (1883: 176) znova navaja iz sarmatijskih plasti Tunjiškega gričevja oziroma okolice Tunjiške Mlake in Vrhovij ceritje vrst *Cerithium disjunctum* Sow., *C. pictum* Bast. in *C. rubiginosum* Eichw. BITTNER (1890: 284-285) med sarmatijskimi fosili omenja iz najdišča Marija Gradec na ozemlju med Laškim in Zagorjem štiri ceritijske oblike: *Cerithium pictum*, *C. florianum*, *C. rubiginosum* in *C. nodosoplicatum*. Nadalje še polemizira, da so primerki vrste *Cerithium pictum* najbolj pogostni in da je Hilberjeva vrsta *C. florianum* zelo podobna ali ista vrsti *C. pictum*. SAJOVIC (1909: 26) med polži iz Tunjiškega gričevja omenja številne ceritijske oblike, med njimi tudi vrste *Cerithium disjunctum*, *C. florianum*, *C. pictum* in *C. rubiginosum*.

Stratigrafska in geografska razširjenost:

BASTEROT (1825: 57) jo opisuje iz miocena južnozahodnega dela Francije. GRATELOUP (1840) jih omenja iz miocenskih plasti najdišča Dax v Franciji. Primerke vrste *Cerithium pictum* opisuje HOERNES (1875: 67) iz več najdišč sarmatijskih plasti na Hrvaškem, med njimi omenja Kravarsko, ki je med Zagrebom in Siskom. COSSMANN in PEYROT (1922: 273) tovrstne polže omenjata iz miocena najdišča Pont-Pourquey v Franciji. PAPP (1954: 39-41) predstavlja tri zelo podobne podvrste pirenell, *Pirenella picta picta*, *P. picta mitralis* in *P. picta bicostata* iz sarmatijskih plasti Avstrije. BODA (1959: 616-617) podvrsti *Pirenella picta picta* in *P. picta mitralis* med katerima ni bistvene razlike, omenja in predstavlja iz sarmatijskih plasti Madžarske. KÓKAY (1966: 98) piše, da je podvrsta *Pirenella picta floriانا* najdena v brakičnih ceritijskih skladih območja Herend - Márkó na Madžarskem. KOJUMDŽIEVA (1969: 92) tovrstne polžke predstavlja iz spodnjesarmatijskih plasti Bolgarije. NICORICI (1971: 229) povrsto *Pirenella picta bicostata* predstavlja iz sarmatijskih plasti najdišča Cioncu v Romuniji. HARZHAUSER in KOWALKE (2001: 363) jo predstavljata iz karpatijskih plasti kotline Korneuburg v Avstriji. Vrsta *Granulolabium bicinctum* (BROCCHI, 1814) je po mnenju HARZHAUSER-ja in KOWALKE-ja (2002: 66-67) tipična za to sarmatijsko združbo območja kotline Eisenstadt (Avstrija) – Sopron

(Madžarska). HARZHAUSER in PILLER (2004a: 98) vrsto *Granulolabium bicinctum* omenjata iz sarmatijskih plasti profila Hummel v kotlini Eisenstadt-Sopron ter iz eneko starih plasti profila Klapping v Štajerski kotlini (2004: 101). MANDIC in sodelavci (2008: 351) sarmatijsko vrsto polža predstavljajo iz severnovzhodnega predela Avstrije. LUKENEDER in sodelavci (2011: 770) jo predstavljajo iz več sarmatijskih najdišč, Siebenhirten, Hauskirchen, Nexing in Soceni. HARZHAUSER in sodelavci (2011: 172-173) jo predstavljajo iz ervilijskih plasti severnovzhodnega predela Avstrije. TAMAŞ in sodelavci (2013: 71-73) to obliko polža predstavljajo iz spodnjesarmatijskih plasti Romunije. Omenjajo jo še iz Avstrije, Bolgarije, Madžarske, Slovaške in Ukrajine.

Familia Turritellidae Lovén, 1847

Genus *Turritella* Lamarck, 1799

Turritella sarmatica Papp, 1954

Tab. 3, sl. 9

1954 *Turritella (Haustator) sarmatica* n. sp. – PAPP, 37, Taf. 9, Figs. 20-22

1998 *Turritella (Haustator) sarmatica* Papp – SCHULTZ, 130-131, Taf. 59, Fig. 5

2008 *Turritella eryna sarmatica* (Papp, 1954) – MANDIC et al., 351, Fig. 7g

Material: Iz terenskega vzorca 4 (BJ 3226) smo izdvojili en zelo poškodovan primerek turitelne hišice. Velikost ostanka hišice meri 12 × 6,5 mm.

Opis: Ohranjeni so štirje zavoji evolutne stolpičaste hišice. Zavoji so nizki, široki in precej izbočeni. Apikalni kot hišice znaša okrog 20°. Ornamentacija zavojev sestoji iz treh močnejših spiralnih grebenov, osrednji je najbolj izrazit.

Stratigrafska in geografska razširjenost: PAPP (1954: 37) je novo vrsto turitele našel v sarmatijskih rizojskih plasteh najdišča Hollabrunn v Spodnji Avstriji. SCHULTZ (1998: 130) jo predstavlja iz spodnjesarmatijskih rizojskih plasti najdišča Hollabrunn v Spodnji Avstriji. MANDIC in sodelavci (2008: 351) predstavljajo spodnjesarmatijsko turitelo iz najdišča Hollabrunn v severnovzhodnem predelu Avstrije.

***Turritella* sp.**

Tab. 3, sl. 10

Material: Skromen ostanek turitelne hišice iz terenskega vzorca 4(BJ 3227).

Opis: Ohranjeni so trije nizki in široki zavoji turitele. Zavoji so ravni do vbočeni s po dvema spiralnima grebenoma. Zgornji greben je šibek, spodnji izrazit. Zaradi premajhnega števila zavojev, apikalnega kota ne moremo ugotoviti.

Primerjava: Ostanek hišice je podoben hišicam vrste *Turritella bicarinata* Eichwald (cf. HÖRNES 1856, Taf. 43, Fig. 8).

Pripomba: Takšnih turitel iz sarmatijskih plasti ne poznamo, najverjetneje je iz starejših badenijskih plasti.

***Turritella* sp.**

Tab. 3, sl. 11

Material: Vzorec z oznako BJ 3227. Najdeni sta dve hišici, večja meri 21 × 6 mm, manjša 15 × 5 mm.

Opis: Ozko stolpičasta hišica sestoji iz večjega števila ravnih do konkavnih zavojev. Apikalni kot hišice znaša okrog 17°. Večja hišica ima deset zavojev, manjša ima osem zavojev. Površina hišice ima spiralno ornamentacijo. Na zgornjem delu zavojev je več zelo tankih spiralnih črt, v spodnjem delu sta dva enako močna spiralna grebena.

Primerjava: Ostanka hišic sta podobna hišicam vrst *Turritella archimedis* Brongniart (cf. HÖRNES 1856, Taf. 43, Figs. 13-14) in *Turritella pythagoraica* Hilber (cf. HLADILOVÁ & FORDINÁL 2013: 40, Fig. 5.a).

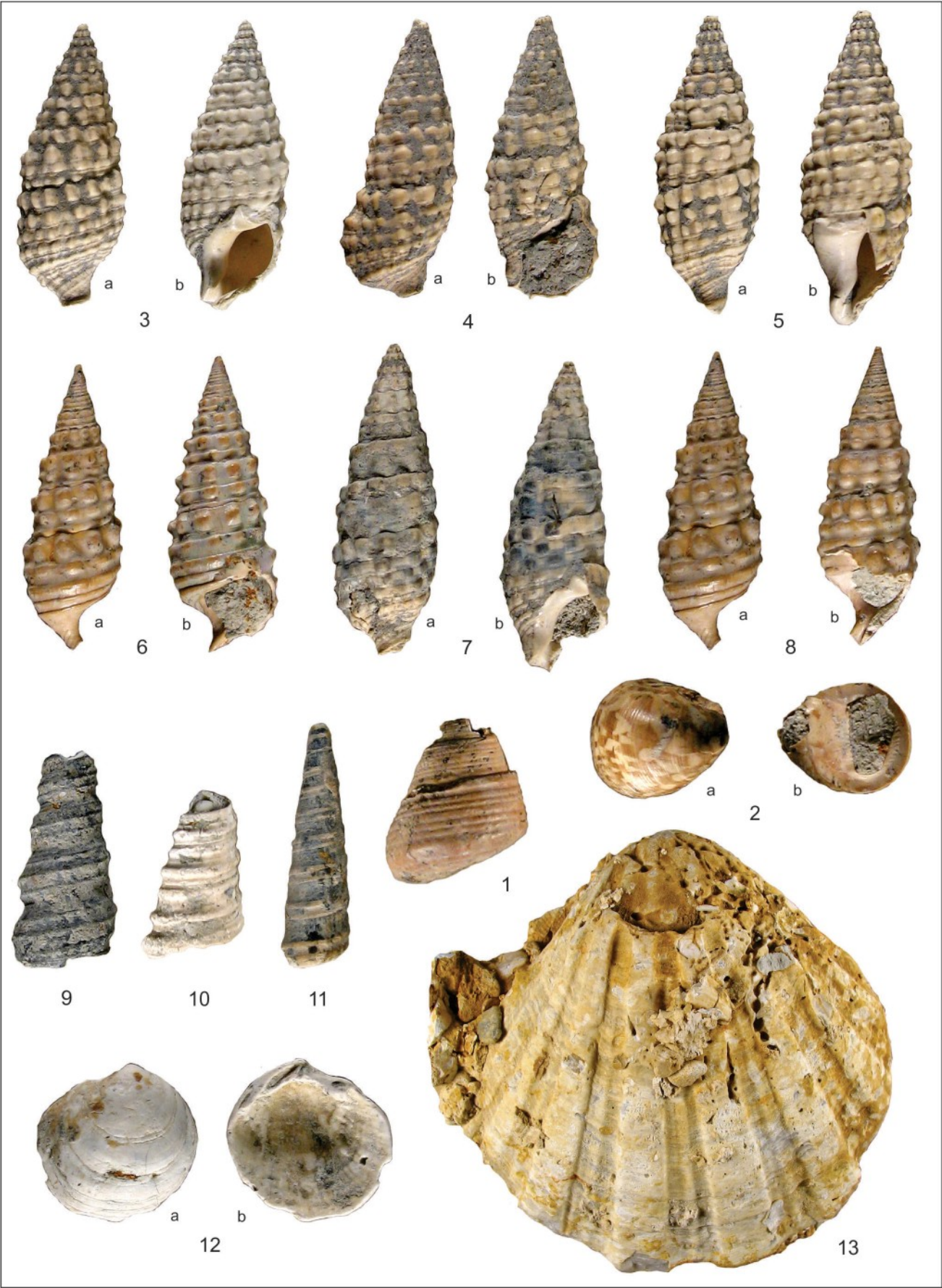
Pripomba: Tudi ta tip turitel ni poznan iz sarmatijskih kamnin Centralne Paratetide. Hišica je najverjetneje badenijske starosti.

TABLA 3 – PLATE 3

- | | |
|---|---|
| 1 <i>Gibbula angulata</i> (Eichwald, 1829); vz./samp. 4 (BJ 3224); 8.5 × 8 mm | 8 <i>Granulolabium pictum</i> (Basterot, 1825); a) dorzalno/dorsal, b) ventralno/ventral, vz. / samp. 4 (BJ 3228); 17.5 × 6 mm |
| 2 <i>Theodoxus soceni</i> Jekelius, 1944; a) dorzalno/dorsal, b) ventralno/ventral, vz./samp. 4 (BJ 3223); 6.5 × 7.5 mm | 9 <i>Turritella sarmatica</i> Papp, 1954; vz./samp. 4 (BJ 3226); 8.5 × 6 mm |
| 3 <i>Cerithium rubiginosum</i> (Eichwald, 1830); a) dorzalno/dorsal, b) ventralno/ventral, vz. / samp. 4 (BJ 3229); 22 × 8.5 mm | 10 <i>Turritella</i> sp.; vz./samp. 4 (BJ 3227); 12.5 × 7 mm |
| 4 <i>Cerithium rubiginosum</i> (Eichwald, 1830); a) dorzalno/dorsal, b) ventralno/ventral, vz. / samp. 4 (BJ 3229); 19.5 × 7.5 mm | 11 <i>Turritella</i> sp.; vz./samp. 4 (BJ 3227); 21 × 6 mm |
| 5 <i>Cerithium rubiginosum</i> (Eichwald, 1830); a) dorzalno/dorsal, b) ventralno/ventral, vz. / samp. 4 (BJ 3229); 20 × 7 mm | 12 <i>Parvilucina dentata</i> (Basterot, 1825); leva lupina/ left valve: a) zunanja stran/outer side, b) notranja stran/inner side; vz./samp. 4 (BJ 3225); 12 × 11.5 × 4 mm |
| 6 <i>Granulolabium pictum</i> (Basterot, 1825); dorzalno/dorsal, b) ventralno/ventral, vz. / samp. 4 (BJ 3228); 18 × 6.5 mm | 13 <i>Macrochlamys nodosiformis</i> (Serres, 1837); vz./samp. 2 (BJ 3132); 81 × 87 × 18 mm |
| 7 <i>Granulolabium pictum</i> (Basterot, 1825); a) dorzalno/dorsal, b) ventralno/ventral, vz. 4 / samp. 4 (BJ 3228); 20 × 7 mm | |

Makrofosili so bili izolirani iz terenskega vzorca 4 (sl. 3.b), razen vrste *Macrochlamys nodosiformis* iz terenskega vzorca 2 (sl. 3.b). Primerki so shranjeni v Paleontološki zbirki Jurkovšek z oznako BJ.

TABLA 3 – PLATE 3



Sistematska razvrstitev školjk po: SCHULTZ 2001, 2003

Classis Bivalvia Linné, 1758

Subclassis Heterodonta Neumayr, 1884

Ordo Veneroida H. Adams & A. Adams, 1856

Superfamilia Lucinoidea Fleming, 1828

Familia Lucinidae Fleming, 1828

Genus *Parvilucina* Dall, 1901

Parvilucina dentata (Basterot, 1825)

Tab. 3, sl. 12 a-b

- 1825 *Lucina dentata*. Nob. – Basterot, 87, Pl. 4, Fig. 20A-20B
 1870 *Lucina dentata* Bast. – Hörnes, 238, Taf. 33, Figs. 9a-9c
 1934 *Loripes dentatus* Defr. var. *nivea* Eichw. – Friedberg, 112, Tabl. 19, Figs. 22-28
 1954 *Lucina* (*Loripes*) *dentata* Basterot. – Papp, 68, Taf. 12, Fig. 14
 1959 *Loripes* cfr. *dentatus* (Defrance) – Boda, 590 (681), tab. 3, Figs. 2-3
 1960 *Loripes dentatus* (Defrance, 1823) – Kojumdžieva, 32, tabl. 10, Figs. 3a-3b
 1969 *Loripes dentatus* (Defrance, 1823) – Kojumdžieva, 13, Tabl. 1, Figs. 1a-1b, 2a-2b
 1971 *Loripes* (*Loripes*) *dujardini* (Deshayes), (Hörnes) – Nicorici, 216, Pl. 1, Figs. 2-13
 1985 *Loripes dentatus* (Defrance, 1823) – Atanacković, 50, Tab. 11, Figs. 5-6
 2003 *Parvilucina* (*Microloripes*) *dentata* (Defrance, 1823) – Schultz, 406, Taf. 58, Figs. 7a-7b, 8a-8b

Material: Ena lupinica iz terenskega vzorca 4 (BJ 3225). Školjčna lupinica meri v dolžino 11,5 v višino 10 mm, njena debelina znaša 4 mm.

Opis: Majhna, tanka in srednje izbočena leva lupinica je subkvadratne oblike z dolgim polkrožnim ventralnim robom. Dorzalni del sprednjega roba lupine je dolg in položen, sledi drobcen zašiljen vrh in strm polkrožen zadnji rob lupine. Površina lupine prekriva nekaj močnejših koncentričnih prirastnih linij, ki predstavljajo krajše prekinitve v rasti. Lucine imajo v notranjosti lupine dva različna mišična odtiska in sklepno površino heterodontnega tipa.

Stratigrafska in geografska razširjenost: BASTEROT (1825: 87) jih omenja iz najdišč Dax in Saucats v Franciji. HÖRNES (1870: 238) jih omenja iz številnih avstrijskih miocenskih najdišč, predvsem iz Dunajske kotline, ugotovljene

so tudi v Franciji, Italiji, na Češkem, Poljskem, Madžarskem in v Romuniji. Po podatkih FRIEDBERG-a (1934: 113-114) so tovrstne školjke najdene v številnih miocenskih najdiščih Poljske. PAPP (1954: 68) jih omenja iz sarmatijskih plasti Dunajske kotline. BODA (1959: 590) tovrstne školjke omenja iz sarmatijskih plasti na Madžarskem. KOJUMDŽIEVA (1960: 32) predstavlja primerek vrste *Loripes dentatus* iz badenijskih plasti Bolgarije. KOJUMDŽIEVA (1969: 13) jih predstavlja iz spodnjega sarmatija in še piše, da so v Bolgariji ugotovljene tudi v badeniju. NICORICI (1971: 216) predstavlja parvilucine iz sarmatijskih skladov Romunije. ATANACKOVIĆ (1985: 51) piše, da so jih ugotovili v badenijskih skladih Bosne. SCHULTZ (2003: 408-410) jih omenja iz številnih avstrijskih najdišč, ponekod so najdene v eggenburgijskih, drugod v karpatijskih, badenijskih ali sarmatijskih skladih. V podobno starih skladih je tovrstna školjka ugotovljena tudi drugod v Centralni Paratetidi ter v Atlantski in Mediteranski bioprovinci.

Superfamilia Pectinacea Rafinesque, 1815

Familia Pectinidae Rafinesque, 1815

Genus *Macrochlamys* Sacco, 1897

Macrochlamys nodosiformis (Serres, 1837)

Tab. 3, sl. 13

- 1870 *Pecten latissimus* Brocc. – HÖRNES, 395, Taf. 56, Fig. 3-4; Taf. 57, Fig. 3-4
 1936 *Pecten* (*Grandipecten*) *latissimus* Brocc. – FRIEDBERG, 215, Tabl. 35, Fig. 1; Tabl. 36, Fig. 1
 1960 *Chlamys* (*Gigantopecten*) *latissima* var. *nodosiformis* (de Serres in Pusch 1837) – KOJUMDŽIEVA, 70, Tabl. 24, Figs. 1a-1b; Tabl. 25, Fig. 1
 1981 *Chlamys* (*Macrochlamys*) *latissima nodosiformis* (M. Serres in G. Pusch, 1837) – ŠVAGROVSKÝ, 57, Taf. 13, Figs. 1-2; Taf. 14, Fig. 1; Taf. 15, Fig. 1
 1985 *Chlamys* (*Macrochlamys*) *latissimus nodosiformis* (Serres in Pusch, 1837) – ATANACKOVIĆ, 38, Tab. 5, Fig. 3
 1997 *Gigantopecten nodosiformis* (Pusch) – MAJCEN et al., 110, Tab. 3, Sl. 1a-1b
 1998 *Chlamys* (*Macrochlamys*) *latissima nodosiformis* (Serres) – SCHULTZ, 88-89, Taf. 38, Fig. 2
 2001 *Gigantopecten nodosiformis* (Pusch, 1837) – SCHULTZ, 249, Taf. 37, Fig. 2; Taf. 8, Fig. 2
 2014 *Macrochlamys nodosiformis* (de Serres, 1837) – KRŽNAR & MIKUŽ, 47-48, Sl. 57-58

Material: Školjčna lupina je v biogenem konglomeratu (biokalkkrudit), ki sestoji pretežno iz skeletnih delov različnih organizmov, koralinejskih alg - rodoidov, briozojev, redkih polžjih hišic in školjčnih zdobljenih lupin ter alg. Terenski vzorec 2 (BJ 3132).

Opis: Debela pahljačasta školjčna lupina je močno korodirana, predvsem njen obvršni del, ki je povsem brez ušesc. Ornamentacija razmeroma majhne lupine sestoji iz šestih radialnih širokih reber in s sedmimi vmesnimi žlebovi približno enakih širin. Na sredini žlebov je en manj izrazit radialno potekajoč greben. Po izbočenosti lupine sklepamo, da je ohranjena desna lupina mlajše školjke. Lupina je dolga 82 in visoka 86 mm.

Opomba: Tovrstne miocenske školjke so običajno večje. Vrsta zanesljivo ni sarmatijske starosti, v Centralni Paratetidi so živele do zgornjega badenija. Obstaja možnost, da je lupina presedimentirana iz badenijskih v mlajše sarmatijske plasti.

Stratigrafska in geografska razširjenost: Po podatkih HÖRNES-a (1870: 396-397) je ta pektenidna vrsta najdena v številnih območjih Centralne Paratetide, bila je zelo razširjena

tudi v takratnih bližnjih sedimentacijskih prostorih. FRIEDBERG (1936: 216-217) omenja številna miocenska najdišča tovrstnih pektenov na Poljskem in od drugod. KOJUMDŽIEVA (1960: 71) tovrstno školjko prikazuje iz badenijskih skladov Bolgarije. ŠVAGROVSKÝ (1981: 58) jih omenja iz badenijskih plasti Slovaške, Moravske na Češkem, Avstrije, Madžarske, Bolgarije, Romunije, Poljske in Francije. ATANACKOVIĆ (1985: 38) piše, da so tovrstno pektenidno školjko našli v badenijskih skladih Bosne. SCHULTZ (1998: 88) jih predstavlja iz badenijskih najdišč Wildon na Štajerskem in Grund v Spodnji Avstriji. SCHULTZ (2001: 251-253) poroča, da tovrstna školjka nastopa na avstrijskem samo v badeniju, v preostali Centralni Paratetidi pa je ponekod v karpatiju in badeniju. HARZHAUSER in sodelavci (2003: 334) vrsti *Macrochlamis nodosiformis* (de Serres) pripisujejo razširjenost v Paratetidi izključno v obdobju badenija, v Protomediteranu in Atlantiku pa od zgornjega burdigalija do konca messinija oziroma do začetka pliocena. KRIŽNAR in MIKUŽ (2014: 48) poročata, da so te badenijske školjke našli tudi v kamnolomu Lipovica, drugod v Sloveniji so najdene še v okolici Laškega (MAJČEN et al. 1997), v okolici Šentilja (MIKUŽ 1998), pri Dobruški vasi (MIKUŽ 2009), blizu Podsrede, Podgračenega in drugod.

Tabela 3. Stratigrafska razširjenost mehkužcev iz izkopa za HE Brežice.

Table 3. Stratigraphical distribution of molluscs from the excavation pit for the HPP Brežice.

Mehkužci iz najdišča HE Brežice/ <i>Molluscs from site HPP Brežice</i>	badenij <i>Badenian</i>	sarmatij <i>Sarmatian</i>		
		spodnji <i>Lower</i>	srednji <i>Middle</i>	zgornji <i>Upper</i>
<i>Gibbula angulata</i> (Eichwald, 1829)	+	+	+	
<i>Theodoxus soceni</i> Jekelius, 1944		+	+	+
<i>Cerithium rubiginosum</i> (Eichwald, 1830)		+	+	
<i>Granulolabium pictum</i> (Basterot, 1825)		+	+	
<i>Turritella sarmatica</i> Papp, 1954		+		
<i>Turritella</i> sp. (tab. 1, sl. 10)	+			
<i>Turritella</i> sp. (tab. 1, sl. 11)	+			
<i>Parvilucina dentata</i> (Basterot, 1825)	+	+		
<i>Macrochlamys nodosiformis</i> (Serres, 1837)	+			

Med makrofosili je bilo ugotovljenih sedem rodov mehkužcev z devetimi različnimi oblikami - sedem polžjih in dve školjčni (tabela 3, tabla 3). Polži vrste *Gibbula angulata* (Eichwald, 1829) (tab. 3, sl. 1), *Theodoxus soceni* Jekelius, 1944 (tab. 3, sl. 2), *Cerithium rubiginosum* (Eichwald, 1830) (tab. 3, sl. 3 - 5), *Granulolabium pictum* (Basterot, 1825) (tab. 3, sl. 6 - 8) in *Turritella sarmatica* Papp, 1954 (tab. 3, sl. 9) so spodnesarmatijski, značilni za rizojske in ervilijske plasti. Dve nedoločljivi turiteli *Turritella* sp. (tab. 3, sl. 10, 11) sta najverjetneje badenijski, školjka *Macrochlamys nodosiformis* (de Serres, 1837) (tab. 3, sl. 13) je zanesljivo badenijske starosti. S školjčno vrsto *Parvilucina dentata* (Basterot, 1825) (tab. 3, sl. 12) si pri ugotavljanju starosti plasti ne moremo pomagati, saj je ta vrsta ugotovljena tako v spodnje kot tudi v srednjemiocenskih skladih Centralne Paratetide, Protomediterana in Atlantika.

Sarmatijske brakične polže oziroma zelo podobne brežiškimi, smo v Sloveniji ugotovili tudi v miocenskih kamninah Tunjiškega gričevja, v terciarju Posavskih gub in v sarmatijskih mejecih pri Beli Cerkvi na Dolenjskem.

Paleogeografske razmere

Na osnovi fosilne združbe in sedimentno-petrografskih lastnosti kamnin odkritih v izkopu za HE Brežice je bila, kljub relativno omejenemu obsegu, mogoča groba rekonstrukcija okolja sedimentacije na meji badenij/sarmatij in deloma izvora klastičnega materiala. Sedimenti in kamnine imajo značilnosti sedimentacije obrobja bazena, predvsem šelfa, kjer se je nihanje morske gladine odražalo močnejše, kot v globljih delih in sicer tako na zrnivosti sedimenta kot tudi na favni ter na občasnih krajših okopnitvah. Okolje sedimentacije je bilo podobno na območju celotne Krške kotline, ter se vklaplja v razmere širšega območja Centralne Paratetide (npr. STEININGER et al., 1988; HARTZHAUSER & MANDIĆ, 2008; in drugi).

V spodnjem delu odkritega zgornjebadenijskega litološkega zaporedja so karbonatni muljevci, ki jih poznamo pod terenskim imenom laporji, z redkimi plastmi karbonatnega do silikatnega peščenjaka (sl. 2, 3b). Sedimentne teksture laporja do laporovca, njegova mineralna sestava in fosilna združba kažejo na globljemorsko okolje sedimentacije brez indikatorjev izvora materiala iz oddaljenih območij. Dobra ohranjenost relativno pogostih organskih ostankov v sedimentu (delno

rastlinskih, delno kerogena) priča o anoksičnih razmerah v času diageneze.

Po mikrofavnistični conaciji GRILL-a (1949) in CİCHA-e in sodelavcev (1975) ugotovljena združba (vzorca 1) pripada buliminsko-bolivinski coni zgornjega badenija. Veliko število infavnističnih vrst skupine *Pappina/Uvigerina* in skupine *Bolivina/Bulimina* govori v prid združbi, ki je živel na območju zunanjega šelfa z globino 100 do 200 m, z malo kisika pri dnu (STITGER et al., 1998; KOUWENHOVEN et al., 2003) ter s povečano vsebnostjo organskih snovi (KAIHO, 1999; BALDI, 2006). Zelo pogostna epifavnistična vrsta *Cassidulina carinata* je bila prilagojena na stresno okolje, z malo kisika in veliko hranil in najverjetneje v dobro stratificiranem vodnem stolpcu (BALDI & VETÓ, 2007; KOVAČOVA & HUDAČKOVA, 2009). S tem lahko razložimo skromno zastopanost epifavnističnih oksičnih oblik rodov *Heterolepa*, *Cibicidoides* in *Lobatula* (MIKNIĆ & HAJEK-TADESSE, 2014). Tako lahko sklepamo na takratne podobne pogoje v raziskovanem sedimentacijskem območju. Dodati je potrebno še, da so v foraminiferni združbi najdeni tudi številni primerki pteropodnih planktonskih polžev rodu *Limacina*, ki so se v Centralni Paratetidi pojavili v začetku zgornjega badenija (BOHN-HAVAS & ZORN, 1993; CİCHA & ČTYROKA, 1998).

V zgornjem delu badenija proti biostratigrafski meji s sarmatijem se povečuje število plasti z debelozrnatimi sedimenti. Sestavljene so iz dobro sprejetega karbonatnega do silikatnega peščenjaka ter polimiktnega konglomerata. Litoklasti so v glavnem litotamnijski apnenci, bioklasti pa izhajajo iz kopuč litotamnij in velikih moluskov. Silikatni prodniki so pretežno beli kremen in črn do rdeč roženec. V debelozrnati plasti pri meji s sarmatijem so litoklasti, kakor tudi tanke plasti, rjavega premoga, ki pričajo o izrazito anoksičnih pogojih v času diageneze. Navedene debelozrnate klastične kamnine lahko interpretiramo kot drobirske tokove ali kot zapolnitve erozijskih kanalov, kamor so bili sedimenti naplavljeni z vzdignjenih robnih delov bližnje okolice, zgrajenih iz litificiranih spodnjebadenijskih litotamnijskih apnencev in iz govških klastitov domnevne ottnangijske starosti. Tanka premogova plast nad temi sedimenti pa že označuje kopenski močvirnato-jezerski facies, torej emerzijo.

Iz badenija se je po krajši prekinitvi podobna sedimentacija nadaljevala v sarmatij. Drobnozrnati klastiti nakazujejo sedimentacijo v

mirnejšem, vendar plitvem morskem okolju. Pri lociranju meje med badenijem in sarmatijem smo upoštevali tudi lokalno in globalno (Centralna Paratetida) evstatično krivuljo, ki kaže večji upad globine morja ravno na meji med badenijem in sarmatijem (npr. HAQ et al., 1988; NAGYMAROSY & MÜLLER, 1988; HOHENEGGER, et al., 2009 in drugi). Na robu bazena, ki ga predstavlja obravnavano območje, se odraža kot emerzija.

V obdobju sarmatija so bili v Centralni Paratetidi spremenljivi in bolj ali manj morski pogoji (PILLER & HARZHAUSER 2005; HARZHAUSER & PILLER 2007). V spodnjem delu sarmatijskega dela stolpca so karbonatni muljevci s številnimi mehkužci, med katerimi prevladujejo polži iz rodov *Cerithium* in *Granulolabium*. Sediment nakazuje plitvomorsko okolje, številne hišice polžev pa najverjetneje na priobalno območje. Muljevci prehajajo navzgor v karbonatne meljevece z bogato mikrofavno spodnesarmatijske starosti. V tem delu litostratigrafskega stolpca se pojavljajo tudi plasti debelozrnatih resedimentov v obliki karbonatnih klastitov, odnosno kalkarenitov. Sestavljeni so v glavnem iz bioklastov presedimentiranih iz badenijskih kamnin, kar kaže na višji energijski nivo plitvomorskega sedimentacijskega okolja. Vezivo je pretežno drobnozrnati kalcitni cement.

Določene oblike foraminifer rodov *Nonion*, elfidijev brez grebena (*Elphidium hauerinum* in *E. ferentegranulom*) ter *Ammonia* spp. so živele infavnistično, v suboksičnem in evrihalinem okolju, prenesle so velika nihanja v slanosti in so prebivale v plitvem morskem okolju. Na drugi strani imamo elfidije z grebeni, ki so večinoma rastlinojedi, epifavnistični ter prebivalci peščenega in plitvega morskega dna – notranjega šelfa (KOUBOVA & HUDAČKOVA 2010; TOTH et al., 2010). V vzorcu s sarmatijskimi foraminiferami so najdene tudi presedimentirane hišice foraminifer in delov briozojskih skeletov, bodice morskih ježkov in delov alg iz starejših, najverjetneje badenijskih kamnin.

Ugotovljena mikrofavnistična združba pripada v biostratigrafskem smislu v spodnji do srednji sarmatij po tridelni razdelitvi GRILL-a (1949) in PAPP-a (1974). V zadnjem času se uporablja dodelna razdelitev sarmatija (HARZHAUSER & PILLER 2004a, b), pri kateri spodnji ali starejši sarmatij s cono *Mohrensternia* in spodnjim delom cone *Ervilia*, ustrezajo coni luknjičark *Elphidium reginum* in *E. hauerinum*. Zgornji ali mlajši

sarmatij je ekvivalent zgornjemu delu *Ervilia* in *Sarmatimactra* coni, oziroma *Porosononion granosum* coni. Po omenjenem, raziskovana mikrofosilna združba sodi v zgornji del spodnjega sarmatija. Sarmatijske plasti prekrivajo kvartarni sedimenti reke Save, ki v tem članku niso obravnavani.

Zaključki

Paleontološke raziskave fosilnega gradiva in spremljajoče sedimentno-petrografske raziskave v izkopu za HE Brežice nakazujejo, da so sedimenti nastajali v plitvomorskem okolju, v katerem se je spreminjala tako njegova globina, kot tudi energija v okolju. Vsi podatki so skladni v tem, da je v badeniju prevladovalo morsko okolje. Badenijski paket kamnin sestoji pretežno iz karbonatnih meljevcev, kalkarenitov in kalciruditov. Prehod badenija v sarmatij označuje krajša prekinitev sedimentacije in sprememba okolja. Upadala je slanost in zniževala se je globina sedimentacijskega bazena. Rezultat teh sprememb se odraža tako na zastopanosti in obliki organizmov kot tudi v nekoliko debelejši zrnivosti sedimentov.

Biostratigrafska pripadnost badeniju in sarmatiju je določena na osnovi bogate mikro- in makrofavne. Spodaj ležeče plasti spadajo v cono *Bulimina-Bolivina* zgornjega badenija. Plasti so razvite v faciesu Laškega laporja, v katerega smo, za razliko od klasične Laške formacije v Posavskih gubah, uvrstili poleg badenijskih tudi sarmatijske plasti. Nad njimi so plasti spodnjega do srednjega sarmatija, ki po novejši razdelitvi sodijo v zgornji del spodnjega sarmatija. Celotno zaporedje pripada južnemu krilu prostrane Krške sinklinale.

Z geološkega vidika ima izkop poseben pomen zato, ker je bila v njem odkrita litostratigrafska meja badenij/sarmatij, ki je na površini terena najpogostejše prekrita. Pod mejo je značilna makrofosilna združba s školjko *Macrochlamys nodosiformis*, medtem ko so nad mejo spodnesarmatijski polži vrst *Theodoxus soceni*, *Cerithium rubiginosum*, *Granulolabium pictum* in *Turritella sarmatica*, značilni za rizojske in erviljske plasti. Nad regresijskim sedimentom morske obale in kopenskimi lagunsko-jezersko-močvirskim sedimentom s premogom, smo postavili litostratigrafsko mejo badenij/sarmatij. Meja je aproksimativna, saj preko nje ni bil izdelan podroben paleontološki profil; vendar pa emerzija

kaže na sočasno znižanje morske gladine, ki je značilen za celotno Centralno Paratetido prav na meji med badenijem in sarmatijem. Vsekakor gre v badenijskih plasteh za združbo globlje-ga morskega okolja, v sarmatijskih plasteh pa za združbo spreminjajočega plitvejšega okolja z upadajočo slanostjo. Foraminiferna združba je v sarmatijskem vzorcu glede na badenijsko precej reducirana, kar je značilen pojav za plitvovodno okolje in upadajočo slanost.

Gradbena dela so spremljale tudi hidrogeološke in geomehanske preiskave, žal pa brez poglobljenih ostalih geoloških raziskav, predvsem sedimentoloških in paleontoloških. Pri teh bi namreč, poleg neposrednih aplikativnih, pridobili tudi temeljne znanstvene podatke, koristne za boljšo korelacijo in geološko rekonstrukcijo, ne samo ožje temveč tudi širše okolice sedimentacijskega bazena.

Zahvala

Raziskave je finančno podprla ARRS v okviru programa P1-0025. Zahvaljujemo se kolegici Mariji Horvat (Hrvatski geološki institut) za SEM posnetke foraminiferne in ostrakodne združbe. Zahvalo dolgujemo tudi dr. Dragomirju Skaberneju za koristne napotke in popravke ter kolegom Tadeju Vodušku iz RGP d.o.o., Velenje in Andreju Unetiču iz HSE INVEST d.o.o. iz Maribora, ki sta nam omogočila ogled in vzorčenje izkopa.

Literatura

- ANIČIĆ, B. & JURIŠA, K. 1985a: Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, List Rogatec. Zvezni geološki zavod, Beograd.
- ANIČIĆ, B. & JURIŠA, K. 1985b: Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, Tolmač za list Rogatec. Zvezni geološki zavod Beograd, Beograd: 76 p.
- ATANACKOVIĆ, M. A. 1985: Mekušci morskog miocena Bosne. (Mollusques du Miocène marin de la Bosnie). In: ČIČIĆ, S. (ed.): Fosilna fauna i flora, knj. 1. Geologija Bosne i Hercegovine. »Geoinženjering« Sarajevo, Sarajevo: 305 p, (Tab. 1–62).
- BALDI, K. 2006: Paleocanography and climate of the Badenian (Middle Miocene, 16.4 – 13.00 Ma) in the Central Paratethys based on foraminifera and stable isotope ($\sigma^{18}\text{O}$ and $\sigma^{13}\text{C}$) evidence. *International Journal of Earth Sciences*, 95: 119–142.
- BALDI, K. & VETŐ, I. 2007: Coupling of the benthic foraminifera *Cassidulina carinata* and hydrogen rich, isotopically heavy organic matter indicating algal blooms in the Mid Miocene Paratethys. *Geophysical Research Abstracts*, 9.
- BASTEROT, B. DE 1825: Description géologique du bassin tertiaire du sud-ouest de la France. *Mém. Soc. Hist. Natur. Paris*, 2: 100 p, Pl. 1–7.
- BITTNER, A. 1884: Die Tertiär-Ablagerungen von Trifail und Sagor. *Jb. Geol. Reichsanst.*, 34, Wien.
- BITTNER, A. 1890: Die sarmatischen und vorsarmatischen Ablagerungen der Tertiärbucht von Tüffer – Sagor. *Verh. Geol. R. A. Wien*, Sitzung Nr. 15: 283–290.
- BODA, J. 1959: A Magyarországi szarmata emelet és gerinctelen faunája. *Annales Inst. Geol. Publ. Hung.*, 47/3: 567–862, (Táb. 1–44).
- BOHN-HAVAS, M. & ZORN, I. 1993: Biostratigraphic studies on planktonic gastropods from the Central Paratethys. *Scripta Geol., Spec. Issue*, 2: 57–66.
- BOUCHET, P. & ROCROI J. P. 2005: Classification and Nomenclatur of Gastropod Families. *Malacologia*, 47/1–2: 397 p.
- CICHA, I. & ČTYROKA, J. 1998: The Carpathian Foredeep. In: CICHA, I., RÖGL, F. & ČTYROKA, J. (eds.): Oligocene – Miocene foraminifera of the Central Paratethys. *Abh. Senk. Naturforsch. Ges.*, 549: 17.
- COSSMANN, M. & PEYROT, A. 1917–1924: Conchologie néogénique de l'Aquitaine. *Actes Soc. Linn. Bordeaux*: T. 69–74.
- CICHA, I., ČTYROKA, JIŘÍČEK, R. & ZAPLETALOVA, I. 1975: Principal biozones of the Late Tertiary in the eastern Alps and West Carpathians. In: CICHA, I. (ed.): Biozonal division of the Upper tertiary Basins of the eastern Alps and West Carpathians. *IUGS Proceedings of the VIth Congress, Bratislava, September 1975*: 19–34.
- ČORIĆ, S., PAVELIĆ, D., RÖGL, F., MANDIĆ, O., VRABAC, S., AVANIĆ, R., JERKOVIĆ, L. & VRANKOVIĆ, A. 2009: Revised Middle Miocene datum for initial marine flooding of North Croatian Basins (Pannonian Basin System, Central Paratethys). *Geologia Croatica*, 62/1: 31–43.
- DROBNE, K., OGORELEC, B., PAVŠIĆ, J. & PAVLOVEC, R. 2009: Paleocen in eocen v Jugozahodni Sloveniji. Paleocene and Eocene in south-western Slovenia. In: PLENIČAR, M., OGORELEC, B. & NOVAK, M. (ed.): *Geologija Slovenije = The Geology of Slovenia*. Geološki zavod Slovenije, Ljubljana: 311–372.
- FRIEDBERG, W. 1911–1928: *Mieczaki Miocennejskie Ziemi Polskich. (Mollusca miocaenica Poloniae)*. Pars I. *Gastropoda et scaphopoda*.

- Nakladem muzeum imienia Dzieduszyckich we Lwowie (Lwów i Poznań): VII, 631 p., Tabl. 1–38.
- FRIEDBERG, W. 1934–1936: *Mieczaki Miocenne Ziem Polskich. (Mollusca miocaenica Poloniae). Pars II. Lamellibranchiata.* Wydano z zasiłku funduszu kultury narodowej (Kraków): 283 p., Tabl. 1–56.
- FUCHS, T. 1875a: Die Tertiärbildungen von Stein in Krain. Verh. Geol. R. A. Wien, Sitzung Nr. 3: 48–49.
- FUCHS, T. 1875b: Über das Auftreten von Miocänschichten vom Charakter der sarmatischen Stufe bei Syrakus. Sitzungsber. Akad. Wiss. mathem.-naturwiss. Kl., 70: 106–109.
- GRATELOUP, J. P. S. DE 1840: *Conchyliologie fossile des terrains Tertiaires du bassin de l'Adour.* Tome 1, Univalves, Atlas. Imprimeur de Th. Lafargue, Libraire, (Bordeaux).
- GRILL, R. 1949: Stratigraphische Untersuchungen mit Hilfe von Mikrofaunen im Wiener Becken und den benachbarten Molasse-Anteilen. Öl Khole, 31/15: 595–603.
- HAQ, B.U., HARDENBOL, J. & VAIL, P.R. 1988: Mesozoic and Cenozoic chronostratigraphy and cycles of sea level changes. In: WILGUS, C.K. (ed.): *Sea-Level Changes – An Integrated Approach.* Society of Economic Paleontologists and Mineralogists. Spec. Publ., 42: 71–108.
- HARZHAUSER, M., DAXNER-HÖCK, G., GÖHLICH U. & NAGEL, D. 2011: Complex faunal mixing in the early Pannonian palaeo-Danube Delta (Late Miocene, Gaweinstal, Lower Austria). Ann. Naturhist. Mus. Wien. Ser. A, 113: 167–208.
- HARZHAUSER, M. & KOWALKE, T. 2001: Early Miocene brackish-water Mollusca from the Eastern Mediterranean and from the Central Paratethys – a faunistic and ecological comparison by selected faunas. (Brakičtí měkkýši spodnomiocenního stáří z východního Středomoří a centrální Paratethydy – faunistické a ekologické srovnání vybraných faun). Journ. Czech Geol. Soc., 46/3: 353–374.
- HARZHAUSER, M. & KOWALKE, T. 2002: Sarmatian (Late Miocene) Gastropod Assemblages of the Central Paratethys. Facies, 46: 57–82, (Pl. 9–13).
- HARZHAUSER, M., MANDIĆ, O. & ZUSCHIN, M. 2003: Changes in Paratethyan marine molluscs at the Early/Middle Miocene transition: diversity, palaeogeography and palaeoclimate. Acta Geologica Polonica, 53/4: 323–339.
- HARZHAUSER, M. & PILLER, W. E. 2004a: The Early Sarmatian – hidden seesaw changes. Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg, 246: 89–111, (Pl. 1–3).
- HARZHAUSER, M. & PILLER, W. E. 2004b: Integrated stratigraphy of the Sarmatian (Upper Middle Miocene) in the western Central Paratethys. Stratigraphy 1: 65–86.
- HARZHAUSER, M. & PILLER, W. E. 2007: Benchmark data of a changing sea – paleogeography, paleobiogeography and events in the Central Paratethys during the Miocene. Paleogeogr. Paleoclimat. Paleoecol., 253: 8–31.
- HARZHAUSER, M. & MANDIĆ, O. 2008: Neogene lake systems of Central and South-Eastern Europe: Faunal diversity, gradients and interrelations. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 260: 417–434.
- HILBER, V. 1881: Ueber das Miocän, insbesondere das Auftreten sarmatischer Schichten bei Stein in Krain. Jb. Geol. R. A. Wien, 31: 473–478.
- HILBER, V. 1883: Ueber eine neue Fossilsendung aus der Miocän-Bucht von Stein in Krain. Verh. Geol. R. A. Wien, Sitzung Nr. 11: 175–179.
- HILBER, V. 1897: Die sarmatischen Schichten vom Waldhof bei Wetzelsdorf, Graz SW. Mitt. Naturwiss. Vereines Steiermark, Jg. 1896, 33: 182–204, Taf. 1.
- HLADILOVÁ, Š. & FORDINÁL, K. 2013: Upper Badenian Molluscs (Gastropoda, Bivalvia, Scaphopoda) from the Modra-Kráľ'ová locality (Danube Basin, Slovakia). Mineralia Slovaca, 45: 35–44.
- HOERNES, R. 1875: Tertiär Studien. VI. Ein Beitrag zur Kenntniss der Neogen-Fauna von Süd-Steiermark und Kroatien. Jb. Geol. R. A., 25/1: 63–78, Taf. 2–3.
- HOHENEGGER, J., RÖGL, F., ČORIĆ, S., PERVESLER, P., LIRER, F., ROETZEL, R., SCHOLGER, R. & STINGL, K. 2009: The Styrian Basin: a key to the Middle Miocene (Badenian/Langhian) Central Paratethys transgressions. Austrian Journal of Earth Sciences, 102: 102–132.
- HÖRNES, M. 1856: Die Fossilen Mollusken des Tertiär-Beckens von Wien. Bd. I: Univalven. Abh. Geol. R. A., 3: 1–736, Taf. 1–52.
- HÖRNES, M. 1870: Die Fossilen Mollusken des Tertiär-Beckens von Wien. Bd. II, Bivalven. Abh. Geol. R. A., 4: 1–479, Taf. 1–85.
- HORVAT, A. 2004: *Srednjemiocenske kremenice alge Slovenije.* ZRC, SAZU, Ljubljana: 255 p.
- JURIŠIČ-POLŠAK, Z. 1979: Miocenske i pliocenske neritide u Hrvatskoj = Miozäne und Pliozäne Neritiden in Kroatien. Palaeont. Jugoslavica, 22: 1–50, Tab. 1–10.

- KAIHO, K. 1999: Effect of organic carbon flux and dissolved oxygen on the benthic foraminiferal oxygen indeks (BFOI). *Marine Micropal.*, 37: 67–76.
- KOJUMDŽIEVA, E. 1960: Vienski tip torton. = Le Tortonien du type viennois. In: KOJUMDŽIEVA, E. & STRAŠIMIROV, B. (eds.): Fosilite na B'lgarija. VII, Torton. = Les fossiles de Bulgarie. VII, Tortonien. B'lgarska akademija na naukite, Sofija: 317 p., Tab. 1–59.
- KOJUMDŽIEVA, E. 1969: Fosilite na B'lgarija. VIII, Sarmat = (Les fossiles de Bulgarie. VIII, Sarmatien. B'lgarska akademija na naukite, Sofija: 223 p., (Tab. 1–40).
- KÓKAY, J. 1966: A Herend – Márkói barnakőszén-terület földtani és őslénytani vizsgálata. = Geologische und paläontologische untersuchung des Braunkohlengebietes von Herend – Márkó (Bakony-Gebirge, Ungarn). *Geol. Hungarica*, ser. *Palaeontologica*, 36: 1–149, (Táb. 1–15).
- KOUBOVA, I. & HUDAČKOVA, N. 2010: Foraminiferal successions in the shallow water Sarmatian sediments from the MZ 93 borehole (Vienna Basin, Slovak part). *Acta Geologica Slovaca*, 2/1: 47–58.
- KOUWENHOVEN, T. J., HILGEN, F. J. & VAN DER ZWAAN, G. J. 2003: Late Tortonian – early Messinian stepwise disruption of the Mediterranean connections: constraints from benthic foraminiferal and geochemical data. *Paleogeogr. Paleoclimatol. Paleoecol.*, 198: 303–319.
- KOVAČOVA, P. & HUDAČKOVA, N. 2009: Late Badenian foraminifers from the Vienna Basin (central Paratehys): Stable isotope study and paleoecological implications. *Geol. carpathica*, 60/1: 59–70.
- KRIŽNAR, M. & MIKUŽ, V. 2014: Kamnolom Lipovica in njegove paleontološke zanimivosti = Lipovica quarry and its interesting paleontological characteristics. *Scopolia*, 82: 1–120.
- KUŠČER, D. 1967: Zagorski terciar. *Geologija*, 10: 5–58.
- LOEBLICH, A. R. JR. & TAPPAN, H. 1987: Foraminiferal genera and their classification. Van Nostrand, Reinhold Co. New York: 970 p., 847 pls.
- LUKENEDER, S., M. ZUSCHIN, HARZHAUSER M. & MANDIC, O. 2011: Spatiotemporal signals and palaeoenvironments of endemic molluscan assemblages in the marine system of the Sarmatian Paratehys. *Acta Paleontologica Polonica*, 56/4: 767–784.
- MANDIC, O., HARZHAUSER, M., ROETZEL, R. & TIBULEAC, P. 2008: Benthic mass-mortality events on a Middle Miocene incised-valley tidal-flat (North Alpine Foredeep Basin). *Facies*, 54: 343–359.
- MAJČEN, T., MIKUŽ, V. & POHAR, V. 1997: Okamnine v paleontološki zbirki Laškega muzeja. *Geološki zbornik*, 13: 104–118, (Tab. 1–11).
- MARKIČ, M., 2009: Pliocen in pliokvartar = Pliocene and Plioquaternary. In: PLENIČAR, M., OGORELEC, B. & NOVAK, M. (eds.): *Geologija Slovenije = The Geology of Slovenia*. Geološki zavod Slovenije, Ljubljana: 427–440.
- MIKNIĆ, M. & HAJEK-TADESSE, V. 2014: Determination and analysis of microfossils fauna from two samples HE Brežice 1 and HE Brežice 2 from Bizeljsko area (Eastern Slovenia). *Hrvatski geološki institut, Zagreb*: 1–5. (Arhiv GZS)
- MIKUŽ, V. 1998: Srednjemiocenske pektinide iz bližnje okolice Šentilja (SV Slovenija) = Middle Miocene Pectinids from vicinity of Šentilj (NE Slovenia). *Razprave 4. razreda SAZU*, 39/3: 81–135, (Tab. 1–10).
- MIKUŽ, V. 2009: Srednjemiocenska pokrovača iz Dobruške vasi na Dolenjskem = A Middle Miocene scallop from Dobruška vas in Dolenjska, Slovenia. *Folia biologica et geologica*, 50/2: 79–89, (Tab. 1–2).
- MIKUŽ, V., ŠOSTER, A. & RAVNJAK, M. 2015: Kostni ostanki delfina (Odontoceti) iz meljevecev gradbene jame hidroelektrarne Brežice = The dolphin bone remains (Odontoceti) from siltstone in excavation pit for the hydroelectric station Brežice, Slovenia. *Folia biologica et geologica*, 56/2: 109–123, (Tab. 1–2).
- MORKHOVEN, F. P. C. M. VAN 1962: Post – Paleozoic Ostracoda. Their Morphology, Taxonomy and Economic Use. Vol. 1, General. Elsevier Publ. Co. Amsterdam-London-New York: 204 p.
- NAGYMAROSY, A. & MÜLLER, P. 1988: Some Aspects of Neogene Biostratigraphy in the Pannonian Basin. In: ROYDEN, L. H. & HORVÁTH, F. (eds.): 1988: *The Pannonian Basin*. AAPG Memoir 45: 69–87.
- NICORICI, E. 1971: Fauna sarmatiană de la Vîrciorog (Bazinul Vadului). *Studii și cercetări de geol., geofiz., geograf., Ser. geologie*, 16/1: 215–232, Pl. 1–7.
- OTONIČAR, B. & CIMERMAN, F. 2006: Facialna analiza, biostratigrafija in depozicijski model srednjemiocenskih karbonatnih kamnin med Krško vasjo in Obrežjem. In REŽUN, B., ERŽEN, U., PETRIČ, M. & GANTAR, I. (eds.): *Zbornik povzetkov 2. Slovenski Geološki Kongres, Idrija*, 26–28. sept. 2006, str. 71.

- PAPP, A. 1954: Die Molluskenfauna im Sarmat des Wiener Beckens. Mitt. Geol. Gesselsch. Wien (1952), 45: 1–112, Taf. 1–20.
- PAVŠIČ, J. & HORVAT, A. 2009: Eocen, oligocen in miocen v osrednji in vzhodni Sloveniji. In: PLENIČAR, M., OGORELEC, B. & NOVAK, M. (eds.): Geologija Slovenije = The Geology of Slovenia. Geološki zavod Slovenije, Ljubljana: 373–426.
- PILLER, W. E. & HARZHAUSER, M. 2005: The myth of the brackish Sarmatian Sea. *Terra Nova*, 17: 450–455.
- PINNA, G. 1939: Il Grande Libro dei Fossili. Biblioteca universale Rizzoli (Milano): 1–381, (Tav. 1–200).
- POLJAK, M. 2015: Geološka karta Krške kotline 1:25 000. Geološki zavod Slovenije, Ljubljana. Manuskript.
- RIZNAR, I., MILETIĆ, D., VERBIČ, T. & HORVAT, A. 2002: Srednjemiocenske kamnine severnega pobočja Gorjancev med Čatežem in Kostanjevico = Middle Miocene sediments on the northern part of Gorjanci between Čatež and Kostanjevica (SE Slovenia). *Geologija*, 45/2: 531–536, [doi:10.5474/geologija.2002.060](https://doi.org/10.5474/geologija.2002.060).
- ROSSI RONCHETTI, C. 1951–1957: I tipi della »Conchologia fossile subapennina« di G. Brocchi. *Riv. Italiana Paleont. Stratigr., Mem.*, 5/1–2: 1–343.
- SAJOVIC, G. 1909: Ein Beitrag zur Geschichte der Steiner Alpen. *Carniola*, 2: 24–29.
- SCHULTZ, O. 1998: Tertiärfossilien Österreichs. Wirbellose, niedere Wirbeltiere und marine Säugetiere. Goldschneck-Verlag (Korb): 159 p.
- SCHULTZ, O. 2001: Bivalvia neogenica (Nuculacea – Unionacea). In: PILLER, W. E. (ed.): *Catalogus Fossilium Austriae*. Band 1/Teil 1. Ein systematisches Verzeichnis aller auf österreichischem Gebiet festgestellten Fossilien. Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften (Wien): XLVIII, 1–379, Taf. 1–56.
- SCHULTZ, O. 2003: Bivalvia neogenica (Lucinoidea – Mactroidea). In: PILLER, W. E. (ed.): *Catalogus Fossilium Austriae*. Band 1/Teil 2. Ein systematisches Verzeichnis aller auf österreichischem Gebiet festgestellten Fossilien. Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften (Wien): X, 381–690, Taf. 57–95.
- STEININGER, F.F., MÜLLER, C. & RÖGL, E. 1988: Correlation of Central Paratethys, Eastern Paratethys and Mediterranean Neogene Stages. In: ROYDEN L. R. & HORVATH, F. (eds.): *The Pannonian Basin*. AAPG Memoir 45: 79–87.
- STIGTER, H. C., JORISSEN, F. J. & VAN DER ZWAAN, G. J. 1998: Bathymetric distribution and microhabitat partitioning of live (Rose Bengal stained) benthic Foraminifera along a shelf to bathial transect in the southern Adriatic Sea. *Journ. Foram. Res.*, 28/1: 40–65.
- SUESS, E. 1866: Untersuchungen über den Charakter der österreichischen Tertiärbagerungen. II. Über die Bedeutung der sogenannten »brackischen Stufe« oder der »Cerithienschichten«. *Sitzungsb. Akad. Wiss. mathem.-naturwiss. Cl., Abt. 1*, 54: 218–257.
- ŠIKIĆ, K., BASCH, O. & PIKIJ, M. 1978: Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, List Zagreb. Savezni geološki zavod Beograd.
- ŠIKIĆ, K., BASCH, O. & ŠIMUNIĆ, A. 1979: Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, Tumač za list Zagreb. Savezni geološki zavod Beograd, Beograd: 81 p.
- ŠVAGROVSKÝ, J. 1981: Lithofazielle Entwicklung und Molluskefauna des oberen Badenians (Miozän M_{4d}) in dem Gebiet Bratislava – Devínska Nová Ves. *Západné Karpaty, sér. paleontológia*, 7: 5–204, Taf. 1–53.
- TĂMAȘ, D., A. TĂMAȘ & POPA, M. V. 2013: Early Sarmatian (Middle Miocene) molluscs from Răcăștia (Romania). *Acta Palaeont. Romaniae*, 9/1: 67–81.
- TELLER, F. 1907: Geologische Karte der Osterr.-Ungar. Monarchie. Cilli – Ratschach, Wien.
- TOTH, E., GÖRÖG, A., LÉCUYER, C., MOISSETTE, P., BALTER, V. & MONOSTORI, M. 2010: Paleoenvironmental reconstruction of the Sarmatian (Middle Miocene) Central Paratethys based on paleontological and geochemical analyses of foraminifera, ostracods, gastropods and rodents. *Geol. Mag.*, 147/2: 299–314.
- VADÁSZ, E. 1960: Magyarország földtana. Akadémiai Kiadó, Budapest: 646 p, (Táb. 1–51).
- WENZ, W. 1938: Gastropoda. Teil 1: Allgemeiner Teil und Prosobranchia. *Handbuch der Paläozoologie*, 6. Gebrüder Borntraeger, Berlin: 1200 p.