

## Srednjemiocenske kamnine severnega pobočja Gorjancev med Čatežem in Kostanjevico

### Middle Miocene sediments on the northern part of Gorjanci between Čatež and Kostanjevica (SE Slovenia)

Igor RIŽNAR<sup>1</sup>, Danica MILETIĆ<sup>2</sup>, Tomaž VERBIČ<sup>3</sup> & Aleksander HORVAT<sup>4</sup>

<sup>1</sup> AKTIM d.o.o., Aleševčeva 29, SLO-1000 Ljubljana, Slovenija

<sup>2</sup> INA-Naftaplin, PJ Laboratorij, Lovinčičeva 1, 10000 Zagreb, Hrvaška

<sup>3</sup> Zasebni raziskovalec, Vogelna 1, SLO-1000 Ljubljana, Slovenija

<sup>4</sup> Katedra za geologijo in paleontologijo, Aškerčeva 2, SLO-1000 Ljubljana, Slovenija

*Ključne besede:* srednji miocen, biostratigrafija, evstatična nihanja, Centralna Paratetida, Slovenija

*Key words:* Middle Miocene, biostratigraphy, relative sea-level changes, Central Paratethys, Slovenia

#### Kratka vsebina

Najstarejše neogenske – morske sedimentne kamnine na severnem pobočju Gorjancev uvrščamo v zgornji badenij. Na podlagi litoloških značilnosti smo jih razvrstili v pet litotipov, te pa nato povezali v litostratigrafski stolpec. Čeprav je bila sedimentacija neposredno povezana s sinsedimentarno tektoniko, lahko kljub temu izločimo globalne evstatične sekvence. Obravnavane plasti lahko na osnovi foraminifer uvrstimo v zgornje-badenijsko biocono *Bulimina – Bolivina* in spodnjesarmatijsko biocono velikih elfidijev (biocono *Elphidium reginum*). Združba biocone *Bulimina – Bolivina* kaže na stratifikacijo vodnih mas in s tem na "high-stand" sedimentacijo, ki jo lahko koreliramo s ciklom HS TB 2.4 oziroma zgornjim delom nanoplanktonske biocone NN5. Kamnine uvrščamo v eno formacijo, za katero predlagamo ime Čateška formacija in jo delimo na dva člena, spodnji karbonatni in zgornji klastični, z vmesno lokalno erozijsko diskordanco.

#### Abstract

The oldest Neogene marine sedimentary rocks on the northern slopes of Gorjanci are ascribed to Upper Badenian. On the basis of the lithologic characteristics five different lithotypes were recognized and they can be combined into one lithostratigraphic column.. Although the sedimentation has been controlled by the sinsedimentary tectonics we can identify all Badenian global eustatic events (sequences). According to foraminiferal biostratigraphy the lithologic succession can be into the Upper Badenian *Bulimina – Bolivina* biozone and Lower Sarmatian zone of the *Elphidium reginum* biozone. The *Bulimina – Bolivina* biozone reflects the stratification of water masses suggesting a high-stand deposits that can be correlated to the HS TB 2.4 eustatic cycle and the upper part of the nanoplankton NN5 biozone respectively. The lithologic succession is assigned to one formation divided into two members: the lower carbonate and the upper clastic one. We propose the name Čatež formation for the described lithologic succession.

#### Uvod

Najstarejše neogenske kamnine v Krški kotlini so pretežno slabo vezani konglomerat, peščenjak in glinovec. Ponekod gre celo za nevezane razlike. Konglomerat večinoma lahko opisujemo kot parakonglomerat, s prodniki velikimi celo do 0,5 m. Litološka sestava prodnikov je pestra in hkrati nenavadna: prevladujeta kremen in grafitov skrilavec, podrejeno pa se pojavljajo, andezit, diabaz, filit, blestnik, amfibolit, kvarcit, roženec, okremenjen glinovec ter okremenjen oolitni apnenec. Njihova značilnost je, da ne vsebujejo

karbonata in da so prodniki dobro do zelo dobro zaobljeni (Verbič, 1995). Razen karboniziranih rastlinskih ostankov v teh usedlinah drugih fosilnih ostankov nismo našli. Verjetno gre za kontinentalne sedimente, o načinu in okolju sedimentacije pa za sedaj težko govorimo. Tudi njihova starost ni ugotovljena, domnevamo pa da gre za otnangijske in karpatijske sedimente. Proti vzhodu, na območju Ponikev se njihova litologija spremeni. Debelina teh kamnin je na obrobju kotline manjša kot 50 m, v osrednjem delu pa doseže 300 m (Kranjc et al., 1990). Na Osnovni geološki karti SFRJ

1:100.000 list Zagreb (Šikić et al., 1978) in list Novo mesto (Pleničar et al., 1976) so bile te kamnine na številnih mestih kartirane kot pliocensko – kvartarni prod in glina.

Kamnine srednjega miocena, ki jih v tem prispevku podrobneje predstavljamo, so na obravnavanem območju Krške kotline odložene kotno in erozijsko diskordantno na starejše kamnine Dinarske karbonatne platforme (zgornje triasni in spodnje jurski dolomit in apnenec), na kamnine Prehodne cone med Notranjimi in Zunanji Dinaridi jurske in kredne starosti ter na omenjene spodnjemiocenske terigene klastite. Obravnavano zaporedje kamnin je nastajalo na jugozahodnem obrobju Centralne Paratetide. V tektonskem pogledu je raziskano ozemlje del Srednjemadžarske oziroma Transdanubijske tektonske cone, kjer so bile sedimentacijske razmere skozi spodnji in srednji neogen nekoliko drugačne kot v osrednjem delu Panonskega bazena.

Informacije o kamninah na raziskanem ozemlju smo pridobili s strukturno – formacijskim kartiranjem na topografsko osnovo 1 : 5000. Na podlagi evidentiranih izdankov in geološke karte smo izdelali posamezne shematizirane lokalne litološke stolpce, ki predstavljajo nadomestke zveznih profilov. Za referenčno ozemlje smo si izbrali ozemlje med Čatežem in Globočicami, ki je na vzhodu in severu omejeno z rekama Savo oziroma Krko, na zahodu pa z Malenskim prelomom (Verbič & Rižnar, 1997). To območje imenujemo Čateški blok. Na njem smo določili značilne litotipe, ki se pojavljajo na vsem raziskanem območju in jih vzorčevali na več lokacijah. Paleontološko analizo vzorcev apnenca smo opravili na zbruskih. Laporovce in laporaste apnenca smo razpustili v raztopini vodikovega peroksida in pregledali izpirke. Stratigrafske razmere so grafično ponazorjene na sliki 1.

## Rezultati

### Litotip A

#### bazalne plasti – breča in konglomerat

Bazalne plasti se med seboj nekoliko razlikujejo glede na podlago, na katero je morje transgrediralo. Večinoma sestoje iz nekaj metrov debelega horizonta breče in/ali konglomerata s karbonatnim vezivom.

Kjer so bazalne plasti odložene na dolomit, gre običajno za brečo z dolomitnimi

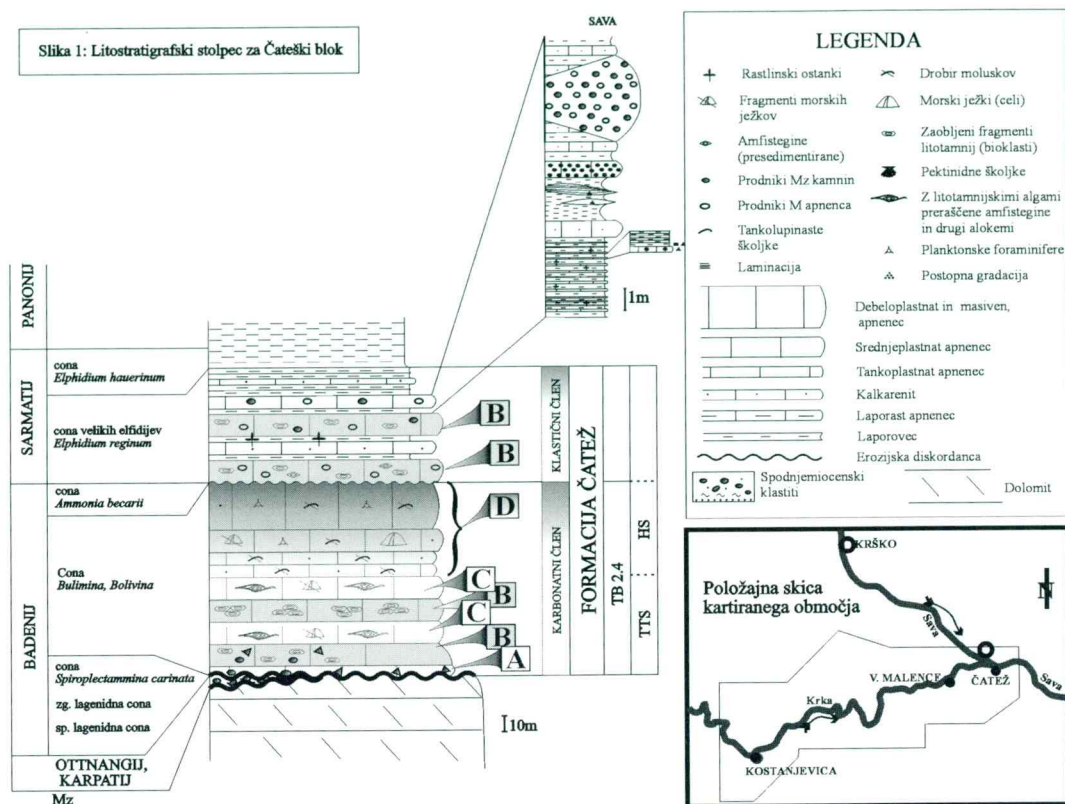
klasti velikosti do 3 cm. Sortiranost je slaba, vezivo so običajno litotamnije ali pa rumenkast mikrosparit. Ta je lahko tudi izpran in nadomeščen z zrnatim kalcitnim cementom. Klasti plavajo v osnovi. Opisani tip bazalnih plasti izdanja med Mrzlavo vasjo in Globočicami. Bazalna breča odložena na dachsteinški apnenec pri Kostanjevici ima podobne lastnosti, le da so klasti lahko večji, tudi do 10 cm, in se med seboj dotikajo. Plastnatost v litotipu A ni jasno izražena, pač pa je v drobnozrnatih različnih konglomerata opazna imbrikacija prodnikov.

Bazalne plasti odložene na kamninah Prehodne cone med Notranjimi in Zunanji Dinaridi, vsebujejo mešane karbonatne in roženčeve prodnike ter redkejša prodnike laporovca. Prodniki so veliki povprečno 0,5 do 1 cm in dobro zaobljeni. Značilnost bazalnih plasti, ki so odložene na jursko-kredne klastite je tudi ta, da so nekoliko laporaste, kar je razumljivo, saj kamnine prehodne cone pogosto vsebujejo laporovce in glinovce. To je še posebej opazno med Vinjim vrhom in Malencami, kjer so plasti litotipa A odložene na glinovce in peščenjake aptijsko cenomanijske starosti (t.i. flišoidne formacije). Kjer so prodniki v bazalnih plasteh izključno nekarbonatni (običajno roženec, žilni kremen in kvarcit), je morje transgrediralo na spodnjemiocenske terigene klastite ali pa so bili le-ti v neposredni bližini. Tak primer imamo v okolici Prilip, kjer bazalni konglomerat z nekarbonatnimi prodniki nalega na zgornjetriasni dolomit, iz geološke karte pa je razvidno, da v bližini izdanjajo spodnjemiocenski klastiti. Pogosto lahko v bazalnih plasteh vidimo tudi ostrorobe kose rožencev velikosti do 3 cm, ki predstavljajo večino ekstraklastov. Menimo, da gre za fragmente rožencev, ki so bili presedimentirani v bazalne plasti iz tedanjih tal in koluvalnih ter proluvialnih sedimentov. V bazalnih plasteh najdemo razen litotamnij redke elfidije in amfistegine.

### Litotip B

#### litotamnijski apnenec – rudstone (konglomerat)

Apnenec tega litotipa smo definirali kot rudstone. Sestavljajo ga zaobljeni fragmenti litotamnijskih alg, celih in polomljenih amfistegin, briozojev in drugih bentičnih organizmov. Rudstone lahko v spodnjem delu vsebuje, do 20 odstotkov klastov iz podlage.



Zaobljeni klasti litotamnjskih alg, so veliki do 1 cm, medtem ko so drugi bioklasti nekoliko manjši. Klasti litotamnjskih alg so v spodnjih horizontih beli in rjavi, in so očitno presedimentirani iz starejših horizontov še nesprijetega sedimenta. Razen fragmentov alg, briozojev bodic morskih ježkov in ostrakodov, so v litotipu B najdene še plitvomorske foraminifere, miliolide, elfidiji in amfistegine. Plasti opisanega litotipa so precej bogate s pektinidnimi in kardiidnimi školjkami ter predvsem v spodnjem delu tudi z velikimi ostrigami.

Cementiranost konglomerata je zelo različna: od popolnoma cementirane kamnine do zelo poroznih različkov. Litotip B je srednje do debelo plastnat.

Litotip B se v litoškem zaporedju pojavlja v dveh horizontih. Spodnji horizont leži med bazalnimi plastmi (litotipom A) in litotipom D. Zgornji horizont vedno leži nad litotipom D. Za spodnji del zgornjega horizonta (nad litotipom D) so značilni presedi-

mentirani intraklasti litotipa D, višje pa se tem pridružijo še litoklasti iz (predbadenijske) podlage. Glede na sedimentne teksture (imbrikacijo, postopno zrnatost) in različno barvo istovrstnih alokemov (litotamnije), sklepamo, da gre za resediment, najverjetneje povezan z regresijo.

### Litotip C litotamnjski apnenec – bindstone

Nad litotamnjskim apnencem tipa B smo na več mestih med Kostanjevico in Čatežem našli gost, običajno bel foraminiferni apnenec tipa bindstone. Plasti so srednje do debelo plastnate. Prevladujoči alokemi so amfistegine, do 3 mm veliki zaobljeni klasti litotamnjskih alg in drug biogeni drobir, ki ga povezujejo litotamnjske alge. Alokemi so podobni kot v litotipu B, razen bulimin in bolivin. Velikost alokemov variira od 2 do 7 mm. Te živijo v okolju, ki je nekoliko globlje in mirnejše kot tisto, v katerem je nastajal litotip B. Ekstraklasti (litoklasti podlage) so redki.

Zaradi drobnejše zrnatosti in prisotnosti foraminifer značilnih za nekoliko globljo vodo razlagamo litotip C kot poglobljanje sedimentacijskega bazena glede na litotip B. V poglobljajočem se okolju so se litotamnijske alge lahko stabilizirale in obraščale nako-pičen sediment.

### **Litotip D packestone- kalkarenit**

Kot litotip D smo definirali bel kalkarenit. V spodnjem delu je kalkarenit tanko plastnat, navzgor pa plasti postajajo vse debelejše in manj izrazite. Alokeme predstavljajo odlomki bodic morskih ježkov, foraminifere (tekstularije, amfistegine), fragmenti školjčnih lupin in v spodnjem delu tudi drobni klasti litotamnijskih alg. Večina alokemov je fragmentirana. Zrna so velika do 2 mm in le redki fragmenti školjčnih lupin so večji od 5 mm. V nekaterih plasteh je opazna postopno zrnatost. Klasti so pogosto usmerjeni in se med seboj dotikajo (packestone), osnova pa je mikrit do mikrosparit. V apnencu tega litotipa pogosto najdemo tudi cele morske ježke in do 1 cm debele sledove bioturbacije. V opisani litotip sodi tudi masiven, nekoliko laporast arenit, ki praviloma vsebuje pelagične organizme. Za litotip D so značilne globljevodne foraminifere rodov *Cibicides* in *Nonion* ter planktonske foraminifere rodov *Globigerinoides* in *Globigerina*, kar kaže na povezavo z odprtim morjem.

Od opisanih litotipov, se litotip D razlikuje po velikosti alokemov in pojavu planktonskih foraminifer. Glede na do sedaj opisane litotipe govorijo vsi atributi razlik v prid poglobljanju sedimentacijskega bazena.

### **Menjavanje laminiranega laporovca in kalkarenita**

Nad horizontom litotipa D sledi menjavanje laminiranega laporovca in kalkarenita. Laporovec je temno sive barve s svetlejšimi laminami. V laporovcu je opazna postopna zrnatost, lamine so debele do 2 cm. Laporovec se menjava s tankimi plastmi kalkarenita oziroma karbonatnimi klastiti, ki variirajo od peščenega meljevca do kalkarenita. Tudi v plasteh kalkarenita je opazna postopna zrnatost, za razliko od litotipa D pa kalkareniti, ki se menjavajo z laminiranim laporovcem,

ne vsebujejo planktonskih organizmov. Menjavanje laminiranega laporovca in kalkarenita prekinjajo paketi debelo-zrnatih klastičnih kamnin, ki nastopajo v bolj ali manj omejenih, najverjetneje z lokalno tektoniko pogojenih plasteh oziroma lečah.

V okolici Mrzlave vasi ležita dve plasti konglomerata oziroma apnenca tipa rudstone (litotip B) takoj nad horizontom kalkarenita s planktonskimi foraminiferami (litotip D). V prvi plasti najdemo intraklaste litotipa D, medtem ko so v drugi plasti že prisotni prodniki iz podlage (roženec, kremen, kvarcit).

V laporovcu smo dobili razen lepo ohranjenih sarmatijskih velikih elfidijev še badenijske foraminifere, ki pripadajo bioconi *Ammonia becarrii*. Te so bile v laporovec presedimentirane. V laporovcu so pogosti listi kopenskih rastlin.

Ritmično menjavanje laminiranega laporovca in postopno zrnatega kalkarenita ponekod spremlja paket sedimentov, ki smo jih intepretirali kot tempestitute. Ta del litološkega zaporedja najlepše izdanja v strugi Save približno 1 km vzvodno od sotočja s Krko (manjši stolpec na sliki 1). Litološko ta horizont zajema tako laporovec kot kalkarenit. Tempestiti so navzgor prekinjeni z lokalno erozijsko diskordanco, nad katero je odložen konglomerat. Geometrija tega sedimentnega telesa in njegova spodnja erozijska ploskev izražata vršajni nastanek konglomerata. Dotok sedimenta je bil, glede na imbrikacijo prodnikov z jugozahoda. Nad konglomeratom se nadaljuje menjavanje kalkarenita in laporovca.

Podobne plasti smo zasledili tudi pri Velikih Malencah in Orehovcu pri Kostanjevici.

### **Biostratigrafija**

Starost litotipov smo določili s pomočjo foraminifer. Za opredelitev starosti smo uporabili Grillovo (1941) foraminiferno bioconacijo, ki je za badenijsko mikrobiostratigrafijo najpogostejše v rabi (Nagymarosy & Müller, 1988). Litološko zaporedje od bazalnih plasti navzgor, vključno s kalkarenitom s planktonskimi foraminiferami (litotipi A – D), pripada zgornjebadenijski bioconi *Bulimina* – *Bolivina*. V nobenem izmed vzorcev nismo našli fosilov, ki bi kazali na starejšo biocono *Spiroplectammina carinata*. Badenij se v Centralni Paratetidi zaključuje z

biocono *Ammonia becarii* (Kováč et al., 1999), ki pa je v raziskovanih profilih nismo našli. Foraminifere značilne za biocono *Ammonia becarii* najdemo presedimentirane šele v laminiranem laporovcu skupaj z velikimi elfidiji (*Elphidium reginum*). Združba velikih elfidijev je v Centralni Paratetidi značilna za spodnji sarmatij (Papp et al., 1974, 1978) in jih uvrščamo v biocono *Elphidium reginum*.

### Diskusija

Kljub temu, da je dinamika sedimentacijskih bazenov v Centralni Paratetidi tektonsko kontrolirana, lahko v srednjem miocenu zaznamo vse evstatične sekvence, ki so jih opisali Haq et al. (1987a, b). V badeniju lahko na prostoru Centralne Paratetide ločimo dva transgresijska cikla in vmesno nezveznost, ki jo lahko označimo s sekvenčno mejo Lan-2/Ser-1 (Haq et al., 1987a). Haq et al. (1987a, b) datirajo mejo na 15,5 milijona let, za evropske sedimentacijske bazene in Centralno Paratetido pa mejo postavljajo v bližino meje langhij/serravallij – 14,8 milijona let (Vakaracs et al., 1988; Vandenberghe & Hardenbol, 1998). Spodnjebadenijski cikel TB 2.3 (Haq et al., 1987a, b) lahko na področju Centralne Paratetide koreliramo s foraminiferno biocono *Praeorbulina – Orbulina*, katere FAD je 16,1 – 15,1 milijona let (Berggren et al., 1995). Srednje in zgornjebadenijsko foraminiferno biocono *Spiroplectammina carinata* in *Bulimina – Bolivina* lahko koreliramo s ciklom TB 2.4 (Haq et al., 1987a, b). Ekostratigrafija obeh biocon odraža stabilne paleoekološke razmere v celotni Centralni Paratetidi brez vmesnih nezveznosti med obema bioconama (Kováč et al., 1999), zato menimo, da je obe bioconi smiselno povezati z istim ciklom.

Srednji miocen v Centralni Paratetidi označuje ekstenzijski tektonski režim (Royden, 1988; Tari et al., 1992; Tari & Pamić, 1998; Vakaracs et al. 1998; Tomljenović & Csontos, 2001). V osrednjem delu Centralne Paratetide, kjer je bila subsidenca intenzivnejša (Panonski bazen, Štajerski bazen) dobimo morske sedimente že v karpattiju, medtem ko na obrobju kamnin morskega faciesa pred badenijem ni (Tari et al. 1992; Kováč et al. 1999). Prav zaradi tega imamo na prostoru Slovenije v Štajerskem

klinu morske sedimente, ki kažejo na globino zgornjega in srednjega batiala, že v karpattiju, medtem, ko južno od Donačkega preloma karpatijskih morskih sedimentnih kamnin ni (Rifelj & Jelen, 2001).

Na osnovi naših raziskav ugotavljamo, da so na Gorjancih prve morske sedimentne kamnine šele zgornjebadenijske, saj ne dobimo kamnin starejših od biocone *Bulimina – Bolivina*. Proti vzhodu se prvi karpatijski sedimenti v morskem razvoju pojavijo šele na severovzhodnem delu Medvednice (Šikić, 1968) Združba biocone *Bulimina – Bolivina* kaže na stratifikacijo vodnih mas (Kováč et al., 1999), in s tem na "high-stand" sedimentacijo, ki jo lahko koreliramo s HS TB 2.4 (Haq et al., 1987a, b), oziroma zgornjim delom nanoplanktonske biocone NN5. Združba biocone *Bulimina – Bolivina* kaže na globine okoli 100 metrov. Proti koncu badenija biocona *Bulimina – Bolivina* postopoma prehaja v biocono *Ammonia becarii*. Združba biocone *Ammonia becarii* živi v globinah pod 20 metrov, ima hiposalin značaj (Kováč et al., 1999) in jo lahko povežemo z regresijo ob koncu zgornjebadenijskega cikla TB 2.4. oziroma LSW cikla TB 2.5. Kljub temu, da tega faciesa nismo našli, je morala sedimentacija potekati prav do konca badenija, saj so foraminifere iz biocone *Ammonia becarii* najdene v kamninah spodnjega sarmatija skupaj z velikimi elfidiji (sl.1). To kratko erozijsko diskordanco razlagamo z lokalno tektoniko, ki je prikrila dogodke povezane z regionalno stratigrafijo. Spodnesarmatijska biocona velikih elfidijev (biocona *Elphidium reginum*) kaže na subsidenco sedimentacijskega bazena, saj paleobatimetrični podatki elfidijev kažejo na poglobljanje bazena (50 m). Večjo globino sedimentacijskega prostora bi, z ozirom na brakični ekotip združbe elfidijev, težko povezali z novim transgresijskim ciklom. Tudi menjavanje laporovca in drobnozrnatega kalkarenita z jasno izraženo postopno zrnatostjo in vzporedno laminacijo, v katere je bila erodirana in presedimentirana najmlajša badenijska biocona *Ammonia becarii*, kažejo na resedimente povezane s subsidenco sedimentacijskega bazena. Da je bila sedimentacija v sarmatijskem bazenu tektonsko kontrolirana sklepamo tudi na podlagi pojavljanja vršajnih konglomeratov med plastmi drobnozrnatih morskih klastitov.

Posamezni lokalni litološki stolpci, ki smo jih izdelali za območje med Čatežem in Ko-

stanjeveico, kažejo zelo podobne razmere. Litotip D je razvit povsod, medtem ko so ostali litotipi razpoznavni, vendar zaradi različne podlage, ki je do neke mere določala tip sedimenta v bližini obale, med seboj nekoliko različni.

Glede na predstavljene rezultate, menimo, da bi lahko celotno opisano zaporedje uvrstili v eno formacijo, za katero predlagamo ime Čateška formacija. Erozijska diskordanca na meji med badenijem in sarmatijem je pogojena z lokalno tektoniko, tako da ima hiatus različno velik obseg. Kamnine nad in pod zgornjo mejo litotipa D lahko ločimo na dva člena, katerima smo dali delovni imeni: karbonatni in klastični člen.

### Literatura – References

- Berggren, W. A., Kent, D. V. & Aubry, M.-E. 1995: A revised Cenozoic geochronology and chronostratigraphy. In: W. A. Berggren, D. V. Kent, M.-P. Aubry & J. Hardenbol (eds.), *Geochronology, time scales and global stratigraphic correlation*. – SEPM Spec. Publ., 54, 129 – 212, Tulsa.
- Grill, R. 1941: Über mikropaläontologische Gliederungsmöglichkeiten im Miozän des Wiener Beckens. – Mitt. Reichsanst. Bodenforsch., 2, 33 – 44, Wien.
- Haq, B. U., Hardenbol, J. & Vail, P. R. 1987a: Chronology of fluctuating sea levels since the Triassic. – *Science*, 235, 1156 – 1167, Washington.
- Haq, B. U., Hardenbol, J., Vail, P. R., Wright, R. C., Stover, L. E., Baum, G., Loutit, T., Gombos, A., Davies, T., Pflum, C., Romine, K., Posaentier, H. & Jan Du Chene, R. 1987b: Mesozoic – Cenozoic Cycle Chart.
- Kováč, M., Holcova, K. & Nagymarosy, A. 1999: Paleogeography, paleobathymetry and relative sea-level changes in the Danube basin and adjacent areas. – *Geologica Carpathica*, 50, 325 – 338, Bratislava.
- Kranjc, S., Božović, M. & Matoz, T. 1990: Končno poročilo o geoloških raziskavah na Krškem polju za potrebe podzemnega skladiščenja plina, vrtna DRN-1/89. Poročilo, Arhiv IGGG, 19 str., Ljubljana.
- Nagymarosy, A. & Müller, P. 1988: Some aspects of Neogene biostratigraphy in the Pannonian basin. In: L. H. Royden & F. Horváth (eds.), *The Pannonian basin. A study in basin evolution*. – Am. Ass. Petrol. Geol. Mem., 45, 69 – 78, Tulsa.
- Papp, A., Cicha, I., Seneš, J. & Steininger, F. 1978: Chronostratigraphie und Neostatotypen. Miozän der Zentralen Paratethys, Bd. VI, Badenien. – VEDA Verl. Slowak. Akad. Wiss., 594 pp., Bratislava.
- Papp, A., Marinescu, F. & Seneš, J. 1974: Chronostratigraphie und Neostatotypen. Miozän der Zentralen Paratethys, Bd. IV, Sarmatien. – VEDA, Verl. Slowak. Akad. Wiss., 707 pp., Bratislava.
- Pleničar, M., Premru, U. & Herak, M. 1976: Osnovna geološka karta SFRJ 1 : 100000. List Novo Mesto. – *Zv. geol. zav. Beograd*.
- Royden, L. H. 1988: Late Cenozoic tectonics of the Pannonian basin. In: L. H. Royden & F. Horváth (eds.), *The Pannonian basin. A study in basin evolution*. – Am. Ass. Petrol. Geol. Mem., 45, 27 – 48, Tulsa.
- Šikić, K., Basch, O. & Šimunić, A. 1978: Osnovna geološka karta SFRJ 1 : 100.000. List Zagreb. – *Zv. geol. zav. Beograd*.
- Šikić, L. 1968: Stratigrafija miocena sjeveroistočnog dijela Medvednice na osnovu faune foraminifera. – *Geološki vjesnik*, 21, 213 – 228, Zagreb.
- Tari, G., Horváth, F. & Rümpler, J. 1992: Styles of extension in the Pannonian Basin. – *Tectonophysics*, 208, 203 – 219, Amsterdam.
- Tari, V. & Pamić, J. 1998: Geodynamic evolution of the northern Dinarides and the southern part of the Pannonian basin. – *Tectonophysics*, 297, 269 – 281, Amsterdam.
- Tomljenović, B. & Csontos, L. 2001: Neogene and Quaternary structures in the border between Alps, Dinarides, and Pannonian basin. – *Int. J. Earth Sci.*, 90, 560 – 578, Stuttgart.
- Vakaracs, G., Hardenbol, J., Abreu, V. S., Vail, P. R., Várnai, P. & Tari, G. 1998: Oligocene-Middle Miocene depositional sequence of the Central Paratethys and their correlation with regional stages. In: P.-C. de Graciansky, J. Hardenbol, T. Jacquin & P. R. Vail (eds.), *Mesozoic and Cenozoic stratigraphy of the European basins*. – SEPM Spec. Publ., 60, 209 – 231, Tulsa.
- Vandenbergh, N. & Hardenbol, J. 1998: Introduction to the Neogene. In: P.-C. de Graciansky, J. Hardenbol, T. Jacquin & P. R. Vail (eds.), *Mesozoic and Cenozoic stratigraphy of the European basins*. – SEPM Spec. Publ., 60, 82 – 85, Tulsa.
- Verbič, T. 1995: Kvartarni sedimenti v vzhodnem delu Krške kotline. – Poročilo, Arhiv URSJV, 248 str., Ljubljana.
- Verbič, T. & Rižnar, I. 1997: Geološka karta med Prilipami in Velikim bregom. – Poročilo, Arhiv URSJV, 56 str., Ljubljana.