

From shallow-water carbonate ramp to hemipelagic deep-marine carbonate deposition: Part 1. General characteristics, microfacies and depositional history of the Middle to Late Anisian Bulog sedimentary succession in the Inner Dinarides (SW Serbia)

HANS-JÜRGEN GAWLICK¹, MILAN SUDAR², DIVNA JOVANOVIĆ³,
RICHARD LEIN⁴, SIGRID MISSONI^{1†} & IOAN I. BUCUR⁵

Abstract. The opening of the Neo-Tethys started in the Middle Anisian and is recorded in the drowning succession of the shallow-water Ravni/Steinalm Carbonate Ramp and the subsequent deposition of deep-marine limestones, e.g., the red nodular limestones of the Bulog Group and equivalents. In the Inner Dinarides of southwest Serbia the continental break-up of the Neo-Tethys Ocean is characterized by the formation of a horst-and-graben topography. The change from deposition of shallow-water carbonates formed in an epicontinental sea (graben stage of the Neo-Tethys Wilson Cycle) to red nodular deep-marine limestones (Bulog Limestone) in the late Pelsonian (Middle Anisian) is relatively abrupt due to the rapid decrease of carbonate production. The deeper-water Bulog Limestone, deposited in the early stage of the passive continental margin evolution of the western Neo-Tethys can be dated by conodonts and in rare cases also by ammonoids quite exactly, and therefore it is possible to reconstruct the Pelsonian to Illyrian sedimentological evolution precisely: 1) The late Pelsonian is characterized by the drowning of the shallow-water Ravni Carbonate Ramp and a rapid deepening of the depositional realm. Extension led to the formation of neptunian dikes in the shallow-water Ravni Formation, filled with deeper-marine red micrite, and the formation of a horst-and-graben morphology. Whereas some of the horsts uplifted and emerged in the grabens near to the newly formed escarpments thick breccia successions were deposited with a fining-upward trend during the early-middle Illyrian. On top of other horsts, the grabens, or the newly formed gentle slopes red nodular limestones were deposited. In cases layers with enriched ammonoids formed (Fossilagerstätten). 2) The early-middle Illyrian ongoing subsidence resulted in the deposition of more and more condensed red nodular limestones with hardground formation. 3) Around the middle/late Illyrian boundary a new pulse of tectonic motions resulted in the tilting of blocks, the formation of new escarpments and again mobilization of mass transport deposits. In addition, a second generation of neptunian dikes was formed. They crosscut the late Pelsonian to middle Illyrian Bulog Limestone, the Pelsonian Ravni Formation, and the older generation of neptunian dikes in the shallow-water Ravni Formation. All formerly emerged

¹ Montanuniversität Leoben, Department of Applied Geosciences and Geophysics, Petroleum Geology, Peter-Tunner-Strasse 5, 8700 Leoben, Austria. E-mail: gawlick@unileoben.ac.at

² Serbian Academy of Sciences and Arts, Knez-Mihailova 35, 11000 Belgrade, Serbia. E-mail: milan.sudar1946@gmail.com

³ Milovana Milovanovića 5, 11000 Belgrade, Serbia, E-mail: djdivna@gmail.com

⁴ University of Vienna, Centre for Earth Sciences, Althanstrasse 14, 1090 Vienna, Austria, E-mail: richard.lein@univie.ac.at

⁵ Babeş-Bolyai University, Department of Geology and Center for Integrated Geological Studies, M. Kogălniceanu str. 1, 400084 Cluj-Napoca, Romania. E-mail: ioan.bucur@ubbcluj.ro

Key words: *Triassic, Anisian, palaeogeography, conodonts, mass transport deposits, Zlatibor and Zlatar Mts., Western Tethys Realm.*

horsts flooded and red nodular limestones were deposited on the karstified shallow-water Ravni Formation after a gap. This second pulse of tectonic motions is related to the widespread volcanism in the Dinarides as visible in the appearance of mm-sized biotite clasts in the late Illyrian Bulog Limestone. In contrast to the Outer Dinarides, where thick volcanics are intercalated in the Illyrian sedimentary succession, in the Bulog Limestone successions of the Inner Dinarides volcanics are missing. In general the Pelsonian-Illyrian sedimentary succession is characterized by a stepwise deepening of the depositional realm.

Апстракт. Отварање Неотетиса, започето у средњем анизикју, окарактерисано је потањањем сукцесије плитководне карбонатне Равни/Steinalm рампе и каснијом депозицијом дубоководних маринских црвених нодуларних кречњака тзв. Групе Булог и еквивалентима. У Унутрашњим Динаридима југозападне Србије континентално разламање океана Неотетиса карактерише се формирањем хорст и грабен топографије. Промена од депозиције плитководних кречњака насталих у епиконтиненталном мору (фаза грабена Неотетиса; Wilson-ов циклус) у црвене нодуларне дубоководне маринске кречњаке (Булошки кречњаци) у касном пелсону (средњи анизик), релативно је нагла услед брзог смањења карбонатне продукције. Дубоководни Булошки кречњаци, депоновани у раној фази еволуције пасивне континенталне маргине западног Неотетиса могу да се врло тачно датирају конодонтима и у ређим случајевима амоноидима, и због тога је било могуће прецизно реконструисати седиментолошку еволуцију од пелсона до илира: 1) касни пелсон се карактерише потапањем плитководне карбонатне рампе Формације Равни и брзим продубљавањем депозиционог подручја. Његово истезање је довело до образовања нептунских дајкова у плитководној Формацији Равни, испуњавања дубоководним црвеним микритом и до формирања хорст и грабен морфологије. С обзиром да су се неки од хорстова издизали и подигли у грабенима, у близини новоформираних стрмина депоноване су дебеле сукцесије бреча са трендом уситњавања навише током раног-средњог илира. На врху других хорстова, грабена или новоформираних благо нагнутих падина депоновани су црвени нодуларни кречњаци. У неким случајевима образовани су слојеви обогачени амоноидима (Fossilagerstätten). 2) Рана до средњо илирска супсиденција депонована је у све више и више кондезоване црвене нодуларне кречњаке уз настанак хардграунда. 3) Око границе средњи/касни илир нови тектонски покрети су довели до нагињања блокова, настанка нових падина и поновног покретања наслага масеног транспорта. Поред тога, формирала се друга генерација нептунских дајкова. Они су пресекали касно пелсонске до средњо илирске Булошке кречњаке, пелсонску Формацију Равни, и старију генерацију нептунских дајкова у плитководној Формацији Равни. Сви раније издигнути хорстови су потопљени и црвени нодуларни кречњаци су се депоновали на карстификованој плитководној Формацији Равни после стратиграфске празнине. Ови други тектонски покрети се односе на широко распрострањен вулканизам у Динаридима видљив у појави биотитских класта mm-величине у касно илирским Булошким кречњацима. У контрасту са Спољашњим Динаридима, где се дебели вулкани појављују као интеркалације у илирској седиментној сукцесији, у сукцесијама Булошких кречњака Унутрашњих Динарида вулкани изостају. У целини, пелсонско-илирска седиментна сукцесија се карактерише постепеним продубљавањем депозиционог подручја.

Кључне речи: *Тријас, анизички кат, палеогеографија, конодонти, наслага масеног транспорта, планине Златибор и Златар, област Западног Тетиса.*

Introduction

Changes in the depositional environment reflect local, regional, or global changes. An opening of an oceanic domain is very often characterized by a regional unconformity which marks the transition from the graben stage to the passive continental margin stage in a “Wilson Cycle” (FRISCH et al., 2011). In addition, often a remarkable change in deposition can be recognized: breccias formed on the newly created escarpments, formation of neptunian dikes, a transition from shallow-marine to deep-marine deposition, formation of volcanics, and deposition of their erosional products or volcanic ashes. All these features can be typical expressions of a continental break-up during the initial phase of a new oceanic domain.

In the eastern Mediterranean orogens as part of the Tethysides (ŞENGÖR, 1984) the Mesozoic geodynamic history is controlled by the evolution of the Tethys, namely the Neo-Tethys in the sense of SUESS (1888, 1901). But still there is little consensus about the Mesozoic plate configuration in this region, and how many oceanic domains or continental blocks existed during Triassic-Jurassic times in the Western Tethys Realm. Multi-ocean reconstructions (STAMPFLI & KOZUR, 2006; STAMPFLI & HOCHARD, 2009; ROBERTSON, 2012 and references therein) contrast one-ocean reconstructions (GAWLICK et al., 2008; SCHMID et al., 2008, 2020; see GAWLICK & MISSONI, 2019 for a review and references therein). However, every oceanic domain should be characterized by a different life (Wilson) cycle and should be at least slightly different in their geodynamic history, i.e. the opening and the closure of such oceanic domains should differ in their age and their closure should result in distinguishable suture zones. Normally often also the deposited sedimentary successions should differ and especially the tectonostratigraphy should be different: whereas global signals normally can be traced in sedimentary successions everywhere, regional events should affect only the sedimentary record around one oceanic domain. In addition, if in one region multiple oceanic domains between continental domains are formed, these oceanic domains should open (and close) at least with a time difference. However, in the Western Tethys Realm, i.e. all Circum-Pannonian

mountain ranges the Triassic-Jurassic sedimentary successions and their tectonostratigraphy is practically identical (KOVÁCS et al., 2010; HAAS et al., 2010; GAWLICK & MISSONI, 2019 for a review and references therein) and strengthen the one ocean reconstruction for the Triassic. But, the multi-ocean versus single-ocean discussion is beyond the topic of the paper. Interested readers are referred to GAWLICK et al. (2017b and references therein), SCHMID et al. (2008, 2020), and GAWLICK & MISSONI (2019 and references therein).

We focus in this paper on the early (Middle-Late Anisian) passive margin stage of the Neo-Tethys in sense of SUESS (1888, 1901) (= northern Neo-Tethys of ŞENGÖR, 1984) with its characteristic evolution:

1. Graben or rift stadium: latest Permian to Middle Anisian – from coarse-grained siliciclastic sedimentary rocks, in cases with intercalated evaporites to shallow-marine epicontinental carbonate rocks.

2. Passive margin evolution: late Middle Anisian to Middle Jurassic – from Middle Triassic condensed open-marine deep-water sedimentary rocks (limestones, radiolarites), often intercalated by rocks related to volcanism to the evolution of huge carbonate platforms in the Late Triassic followed by an Early to Middle Jurassic pelagic platform stage (in sense of WENDT, 1988), characterized by deposition of condensed open-marine deep-water sedimentary rocks (limestones, radiolarites).

3. Active margin stage characterized by ophiolite obduction and subsequent mountain uplift: Middle to Late Jurassic – formation of trench-like foreland basins filled by sedimentary mélanges in the frame of the obducting ophiolites and the propagating nappe stack during Bajocian–Oxfordian times, Late Oxfordian to Tithonian formation of shallow-water platforms on top of the obducted ophiolites or nappe fronts and mountain uplift and unroofing from Tithonian times onward forming a new relief and basins filled with the erosional products of the uplifting mountain range during the Early Cretaceous.

The so-called southern Neo-Tethys (ŞENGÖR, 1984) or Eastern Mediterranean Sea evolution (NIRRENGARTEN et al., 2023 and references therein) or the Alpine Atlantic evolution (HANDY et al., 2010 and references therein) is not topic of this paper, but influenced the depositional record of the Neo-Tethys

passive margin significantly in the timespan Late Triassic to Middle Jurassic.

The Anisian geodynamic evolution in the Western Tethys Realm is well recorded in the sedimentary record of the Inner Dinarides in SW Serbia. The drowning of the Ravni/Steinalm shallow-water carbonate ramp in late Pelsonian times (late Middle Anisian) reflects the final oceanic break-up of the Neo-Tethys and is fairly well documented in all eastern Mediterranean mountain ranges: the Dinarides (KOVÁCS et al., 2011; SUDAR et al., 2013; GAWLICK et al., 2017a, b), the units in the Pannonian realm (VÖRÖS et al., 2003; KOVÁCS et al., 2011; VELLEDEITS et al., 2017, KARÁDI et al., 2022), the Western Carpathians (FEIST-BURKHARDT et al., 2008; HAVRILA, 2011; KOVÁCS et al., 2011), the Southern Alps (BECHSTÄDT et al., 1978; BERRA & CARMINATI 2010; CELARC et al., 2013), and the Eastern Alps (TOLLMANN, 1976, 1985; LEIN, 1987; GAWLICK et al., 2021) and was named in an overall manner the Reifling turnover by SCHLAGER & SCHÖLLNBERGER (1974), i.e. the onset of deposition of grey bedded siliceous limestones above the Steinalm Carbonate Ramp in the Northern Calcareous Alps from late Pelsonian times onwards. In all regions the Late Anisian opening of the Neo-Tethys resulted in the formation of a horst-and-graben topography on the newly formed northwestern and western Neo-Tethys passive continental margin (LEIN, 1985, 1987; SUDAR et al., 2013 for the Inner Dinarides). To invent a new name for every slightly different sedimentary succession during this highly tectonic active time, in cases accompanied with subsequent volcanic activity is an unnecessary complication for palaeogeographic reconstructions and should be avoided (KUKOČ et al., 2023: Northwestern Croatian Triassic Rift Basin).

In the Dinarides the overall Middle-Late Anisian geodynamic evolution with the drowning of the Ravni Carbonate Ramp and the deposition of the hemipelagic and often condensed deep-marine Bulog Formation above is well documented since more than 130 years (HAUER, 1888; BUKOWSKI, 1895; GORJANOVIĆ-KRAMBERGER, 1896; VINASSA DE REGNY, 1903; KITTL, 1904; MARTELLI, 1904, 1906; SALOPEK, 1911, 1914a, b, 1918; ŽIVKOVIĆ, 1906/7, 1931; BEŠIĆ, 1945; PETKOVIĆ & MILETIĆ, 1953; MITROVA, 1958; ČELEBIĆ, 1964; MITROVIĆ et al., 1972; LJUBOVIĆ, 1976; MIHAJLOVIĆ-PAVLOVIĆ, 1979; MUDRENOVIĆ, 1982, 1995;

PRJLJ & MUDRENOVIĆ, 1988). The dating of this dramatic change in the depositional history was based for a long time practically only on ammonoid faunas, which appeared in numerous sections of red nodular and condensed limestones in many regions all over the Dinarides of former Yugoslavia, most of them located in Bosnia & Herzegovina, Montenegro, Croatia and Serbia. In contrast, in other areas of the Dinarides, mainly in the Outer (External) Dinarides of Croatia and Slovenia, and also in the Southern Alps of Slovenia (Julian and Kamnik-Savinja Alps) such red nodular limestones are practically missing. Instead in these areas grey siliceous bedded hemipelagic deep-marine limestones were deposited (SMIRČIĆ et al., 2018, 2020: for External Dinarides and references therein; CELARC et al., 2013: for Julian/Kamnik Alps and references therein), which were hard to date exactly during that time, because ammonoids are mainly missing in this facies (compare BALINI et al., 2006). This situation in the Dinarides reflects generally the situation in the Eastern Alps (Northern Calcareous Alps) where hemipelagic deep-marine red nodular limestones were formed widespread in ancient outer shelf regions (Schreyeralms Limestone: MOJSISOVIĆ, 1869, 1882; KRYSSTYN & SCHÖLLNBERGER, 1972; TOLLMANN, 1976, 1985 and references therein; LEIN, 1985; GAWLICK et al., 2020), and grey bedded siliceous limestones deposited more in central shelf areas (Reifling Group: compare TOLLMANN, 1985, and references therein).

However, datable ammonoid in Middle Anisian to Ladinian deep-water successions like the Bulog Limestone successions faunas remains exceptional. Therefore, most sections could not be dated exactly or studied in their depositional history through time and space. The situation changed since conodont faunas could be used as a proxy for ammonoids (for Dinarides: WENDT, 1973; FISCHER & JACOBSHAGEN, 1976; SUDAR, 1982, 1986; SUDAR & BUDUROV, 1979, 1983).

Although the early opening history of the (northern) Neo-Tethys is fairly well understood, a lot of details are still needed for a more detailed reconstruction of the early passive continental margin evolution. Even if several successions of the drowning sequence of the Ravni Carbonate Ramp were studied, detailed overall studies on base of microfacies analysis correlated with exact bio-

stratigraphic age dating to document the detailed Pelsonian – Illyrian depositional history of the hemipelagic deep-water red nodular limestones were not carried out except some regional examples (SUDAR et al., 2013; GAWLICK et al., 2012, 2017a, b). However, to work out the differences in the depositional history of the drowning sequence in a regional scale result in a more detailed tectonic and palaeogeographic reconstruction of the early shelf geometry of the western Neo-Tethys passive continental margin.

In the non-formal named “Bulog Trilogy” (this paper and SUDAR et al., 2023a,b) the middle to late Anisian depositional history in the Inner Dinarides and their sedimentological characteristics contribute to fill an existing gap in knowledge. An exact reconstruction of the depositional history for Middle-Late Anisian times with a definition of mappable formations will help to enlighten the exact geometry of the early Neo-Tethys passive margin configuration.

In addition, new sedimentological features of this drowning sequence are analyzed and dated here in detail for the first time, i.e. multiple Late Anisian mass transport deposits mobilized along escarpments formed in the frame of the creation of a horst-and-graben topography, and the stepwise deepening of the depositional realm due to tectonic motions and the overall sea-level rise (GIANOLLA & JACQUIN, 1998; HAQ, 2018). We highlight from the Middle-Late Anisian parts of the Triassic sedimentary successions also a component analysis with integrated microfacies and conodont dating of pebbles, blocks and their matrix.

Furthermore, we try to work out differences between Bulog sedimentary successions deposited in the central shelf area and overlain in latest Ladinian to earliest Carnian times by the Wetterstein Carbonate Platform evolution, and Bulog sedimentary successions deposited in the outer shelf area as lowermost part of the Middle-Late Triassic Hallstatt Limestone succession.

Geological setting

In southwestern Serbia occur widespread different mélanges of Middle–Late Jurassic age situated below the Dinaridic ophiolite nappes (West

Vardar ophiolites in the nomenclature of SCHMID et al., 2008, 2020; Dinaridic Ophiolite Belt – DIMITRIJEVIĆ, 1997; DIMITRIJEVIĆ et al., 2003; KARAMATA, 2006; KOVÁCS et al., 2011). For this study of special interest are the Sirogojno carbonate-clastic Mélange in region of Zlatibor Mountain and the Zlatar (Hallstatt) carbonate-clastic radiolaritic Mélange in the region of the Zlatar Mountain in SW Serbia (Fig. 1).

It is beyond the scope of this paper to discuss the different tectonic models for the study area (see GAWLICK et al., 2017b for a review). The following brief overview summarizes the most important controversial discussions and their historical background. For more details the interested reader is referred to the cited references.

Historically the study area was attributed to be part of the parautochthonous Dinaridic Ocean (KARAMATA, 2006) between the Drina–Ivanjica terrane/unit to the northeast and the Durmitor megaunit or East Bosnian-Durmitor terrane/unit to the southeast (DIMITRIJEVIĆ, 1997; DIMITRIJEVIĆ et al., 2003; KARAMATA, 2006; KOVÁCS et al., 2011). In contrast, SCHMID et al. (2008, 2020) attributed the Zlatibor Mt. to the Drina–Ivanjica unit (or thrust sheet) and the Zlatar Mt. as part of the East Bosnian-Durmitor thrust sheet following RAMPNOUX (1974). Instead of the term Dinaridic Ophiolite Belt SCHMID et al. (2008) introduced the term West Vardar Ophiolite. The main difference between these models is the fact, that the ophiolites in the first model were seen as parautochthonous unit, and in the other model the ophiolites were interpreted as far travelled ophiolite sheet (SCHMID et al., 2008, 2020) or ophiolite nappe stack (GAWLICK et al., 2016b, 2017b; GAWLICK & MISSONI, 2019). For the Mesozoic, i.e. the Triassic-Jurassic sequences, the model of SCHMID et al. (2008, 2020) follow the parautochthonous concept in use at least since KOSSMAT (1924) and manifested by RAMPNOUX (1974), who interpreted Triassic-Jurassic basal sequences as deposited in long-time existing deep-water intra-platform basins (see also GORIČAN et al., 2022), which contradicts modern knowledge regarding how carbonate platform systems work (SCHLAGER, 2005 and references therein), and the fact that most of these Middle to Late Triassic deep-water sedimentary rocks appear as blocks in Bathonian to Oxfordian radiolarites (GAWLICK et al., 2016b, 2017b,

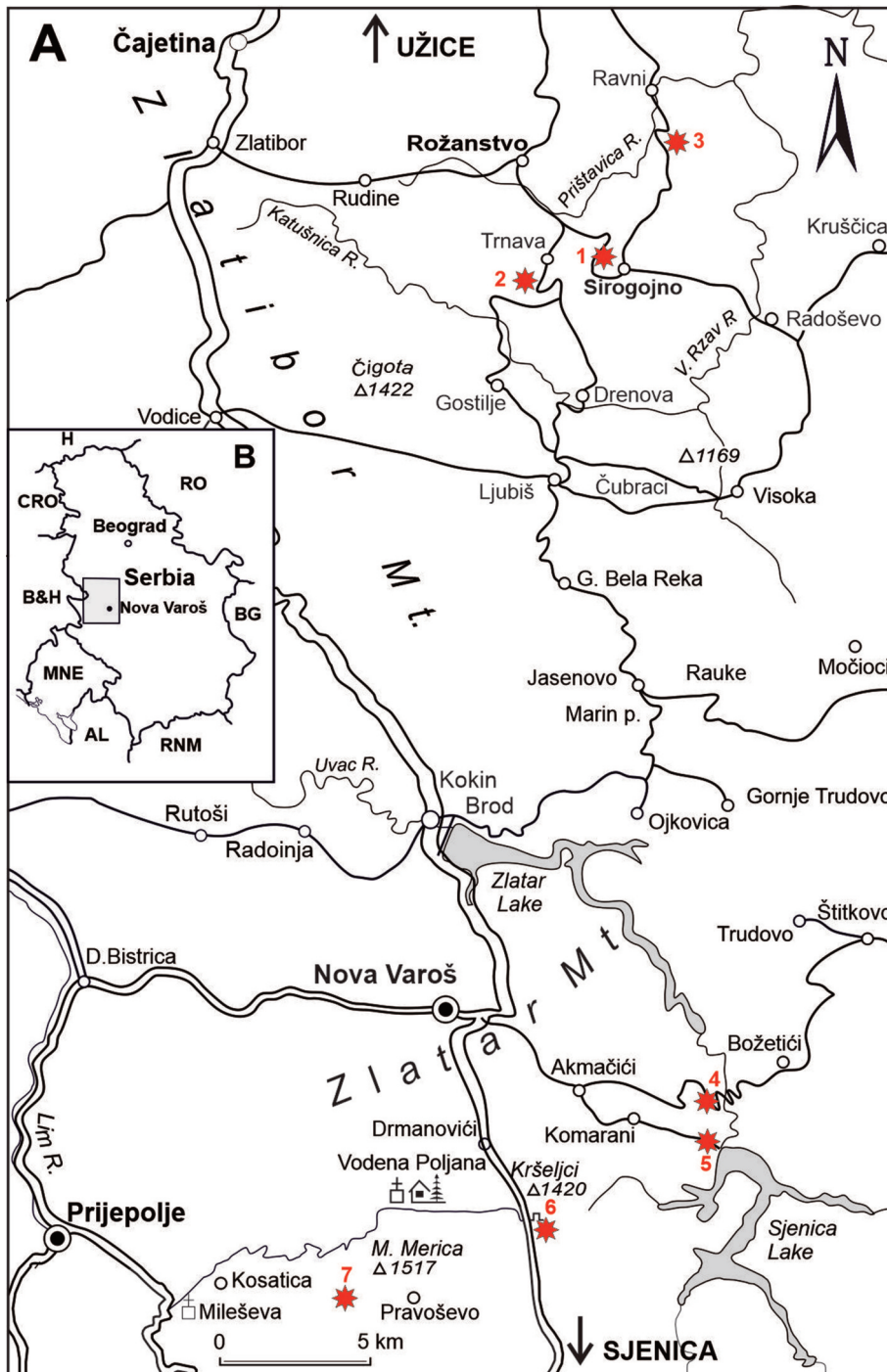


Fig. 1. A. Geographic sketch map with the position of the studied sections in the Zlatibor and Zlatar Mts. in SW Serbia (compare Fig. 3). **1.** Sirogojno (Klisura quarry); **2.** Obradovići; **3.** Lučiča Krš; **4.** Pavlovića Ćuprija; **5.** Komarani; **6.** Kršeljci quarry; **7.** Mala Merica. **B.** Geographic position of the study area within the Serbia and Nova Varoš region. Abbreviations: **H**– Hungary, **RO**– Romania, **BG**– Bulgaria, **RNM**– Republic of Northern Macedonia, **AL**–Albania, **MNE**– Montenegro, **B&H**– Bosnia and Herzegovina, **CRO**– Croatia.

Сл. 1. А. Географска скица положаја истраживаних локалитета на планинама Златибор и Златар у ЈЗ Србији (упореди са сл. 3). **1.** Сирогојно (каменолом Клисура); **2.** Обрадовићи; **3.** Лучића Крш; **4.** Павловића Ћуприја; **5.** Комарани; **6.** Каменолом Кршељци; **7.** Мала Мерица. **В.** Географска позиција истраживане области унутар Србије и региона Нове Вароши. Скраћенице: **Н**– Мађарска, **РО**– Румунија, **БГ**– Бугарска, **РНМ**– Република Северна Македонија, **АЛ**– Албанија, **МНЕ**– Црна Гора, **В&Н**– Босна и Херцеговина, **СРО**– Хрватска.

2018). Furthermore, at the Triassic/Jurassic boundary the Dachstein Carbonate Platform evolution expired and in the Western Tethys Realm these shallow-water carbonates were widespread overlain by deep-water red nodular limestones (HAAS et al., 2010 for a review). In the Dinarides deposition of shallow-water carbonates continued in its external and ocean-far parts (Adriatic Carbonate Platform Basement – VLAHOVIĆ et al., 2005). In the transitional

facies belt between the Adriatic Carbonate Platform Basement and the Neo-Tethys open shelf a stepwise deepening during the Early Jurassic could be recognized (GAWLICK et al., 2020; ĐAKOVIĆ et al., 2021).

Therefore, in the reconstruction of MISSONI et al. (2012), SUDAR et al. (2013), GAWLICK et al. (2017a, b, 2018), and GAWLICK & MISSONI (2019) the Triassic-Jurassic sedimentary sequences were separated: 1) as a predominantly shallow-water parautochthonous

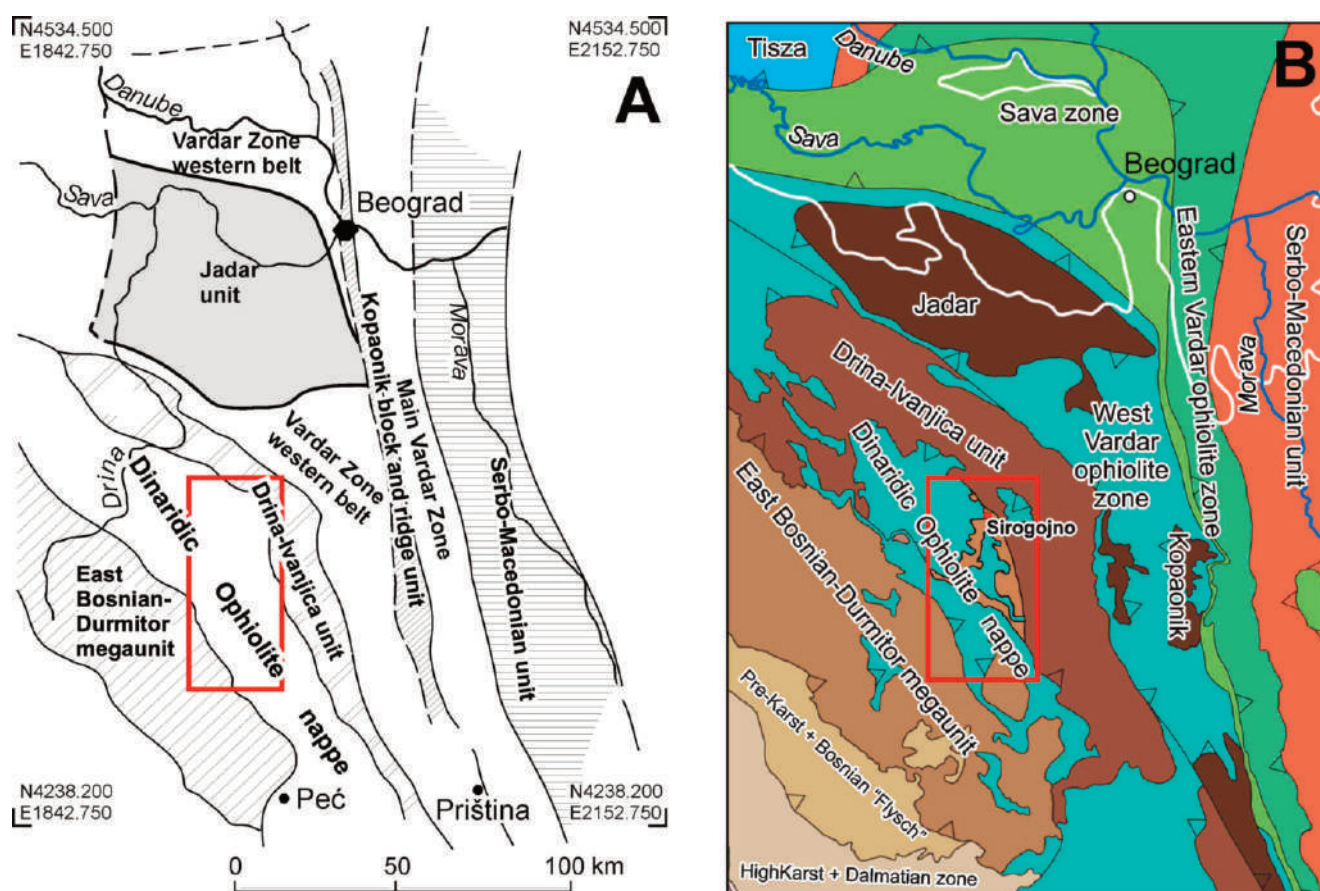


Fig. 2. Overall tectonic maps of the study area between the Drina–Ivanjica unit in the north and the East Bosnian–Durmitor megaunit in the south roughly indicated by the red box (see Fig. 1 for geographic details). **A.** Tectonic units (and terranes) of the central Balkan Peninsula in the sense of KARAMATA (2006) following in general KOSSMAT (1924). See also: AUBOIN (1973), DIMITRIJEVIĆ (1997). **B.** Tectonic units of the central Balkan Peninsula according to SCHMID et al. (2008) (from SCHMID et al., 2008, in the study area redrawn after the results of GAWLICK et al., 2017a). Compare SCHMID et al. (2020, Plate 1) with major changes in the Sava zone. For an explanation of the different units see SCHMID et al. (2008), but compare GAWLICK et al. (2017a, 2021).

Сл. 2. Тектонске мапе истраживане области између јединице Дрина-Ивањџа на северу и Источнобосанско-Дурмиторске јединице на југу, грубо означене црвеним квадраном (види сл. 1 за географске детаље). **A.** Тектонске јединице (и терани) централног Балканског полуострва по KARAMATA (2006), и следећи генерално KOSSMAT-а (1924). Види такође: AUBOIN (1973), DIMITRIJEVIĆ (1997). **B.** Тектонске јединице централног Балканског полуострва према SCHMID et al. (2008) (из SCHMID et al., 2008, у истраживаној области доцртано према резултатима GAWLICK et al., 2017a). Упореди са SCHMID et al. (2020, Табла 1) са значајним изменама за Сава зону. За објашњења о различитим јединицама види SCHMID et al. (2008), али упореди са GAWLICK et al. (2017a, 2021).

sequence which belong to the East Bosnian–Durmitor megaunit (Fig. 2) and 2) the overlying far-transported Triassic–Jurassic (predominantly basinal) sedimentary sequences. These far-travelled tectonic units emplaced during late Middle to Late Jurassic times on top of the East Bosnian–Durmitor megaunit. According to modern tectonostratigraphic, sedimentological and facies studies the Triassic hemipelagic deep-marine outer shelf limestones (Hallstatt Limestone sequence) are far travelled nappes. Widespread blocks are resting in a Middle-Late Jurassic radiola-

ritic-argillaceous matrix, i.e. they represent sedimentary mélanges formed in the frame of west-directed ophiolite obduction (GAWLICK et al., 2008, 2016b, 2017a, b, 2018; GAWLICK & MISSONI, 2019 and references therein).

As consequence the study area belong to the East Bosnian–Durmitor megaunit (Fig. 2, not Drina–Ivanjica unit in the sense of SCHMID et al., 2008, 2020), which forms the parautochthonous base of the far travelled nappes, mélanges and ophiolites (see PORKOLÁB et al., 2019 and references therein).

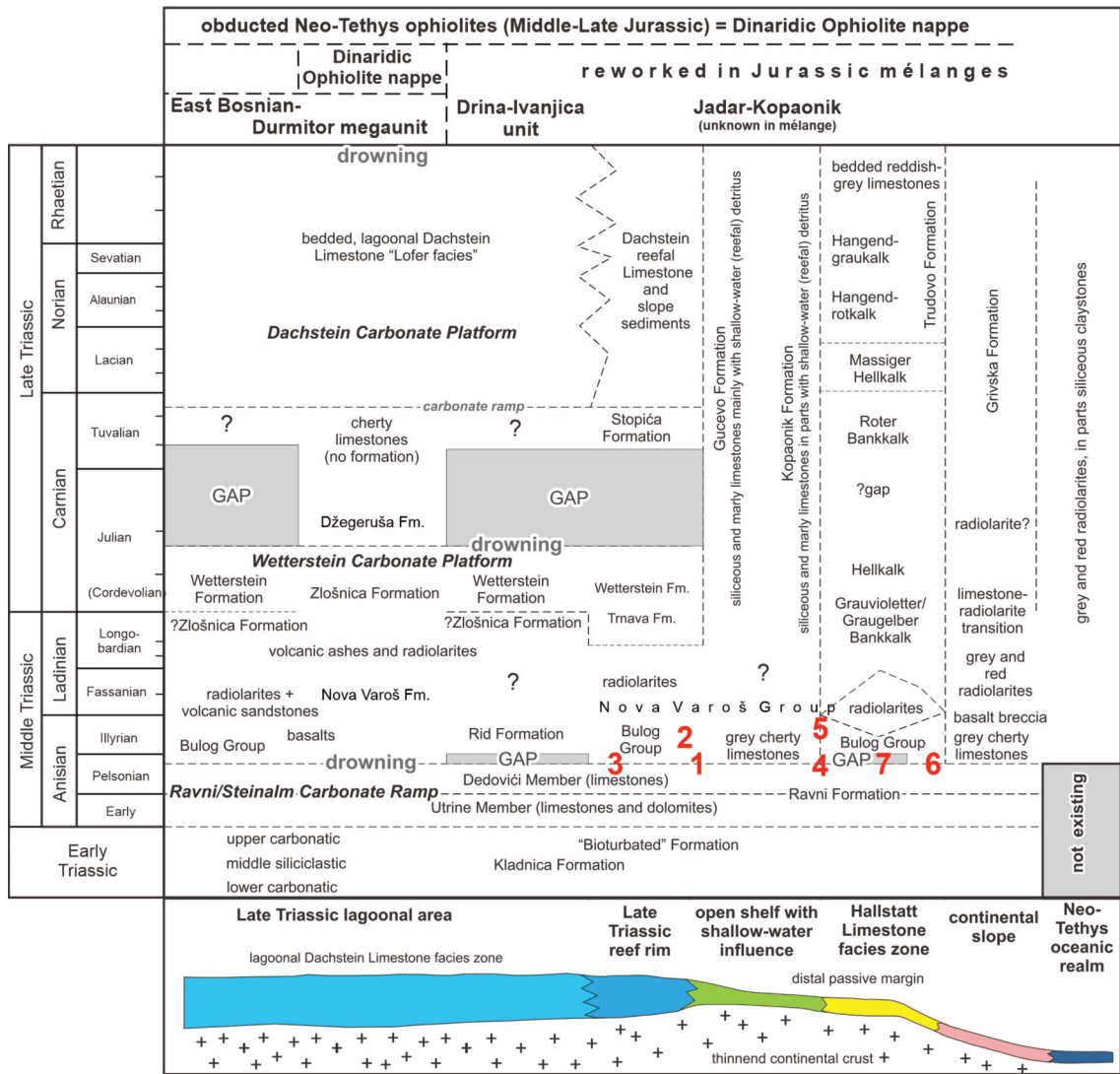


Fig. 3. Triassic stratigraphic table of the Inner Dinarides, modified after GAWLICK et al. (2017b) and GAWLICK & MISSONI (2019). Early Triassic to early Middle Triassic modified after DIMITRIJEVIĆ (1997) and JOVANOVIĆ (1998). The generation of Neo-Tethys oceanic crust started around the Middle/Late Anisian boundary, contemporaneously with the drowning of the Ravni/Steinalm Carbonate Ramp. For description, definition and emendation of several formations see SUDAR et al. (2013) and GAWLICK et al. (2017b). The geometrical arrangement of the different formations is in accordance with the late Triassic carbonate platform and passive continental margin configuration after GAWLICK et al. (2008, 2016b), also characteristic for the different defined tectonic units in the Inner Dinarides (Fig. 2). Note: the polyphase younger tectonic motions crosscut in cases the Triassic facies belts. The “tectonic zone” of the Dinaridic Ophiolite Belt is part of the Neo-Tethys-derived ophiolites which were obducted and transported westward during Middle-Late Jurassic times (for details see GAWLICK et al. 2021 and references therein). The studied localities are 1. Sirogojno (Klisura quarry); 2. Obradovići; 3. Lučića Krš; 4. Pavlovića Čuprija; 5. Komarani; 6. Kršeljci quarry; 7. Mala Merica (Fig. 1).

Сл. 3. Стратиграфска табла тријаса Унутрашњих Динарида, модификована према GAWLICK et al. (2017b) и GAWLICK & MISSONI (2019). Рани тријас до рани средњи тријас модификовани су према DIMITRIJEVIĆ (1997) и JOVANOVIĆ (1998). Генерисање океанске коре Неотетиса почело је око границе средњи/касни анизик, истовремено са потапањем карбонатне рампе Равни/Steinalm. За опис, дефинисање и емендацију неколико формација видети SUDAR et al. (2013) и GAWLICK et al. (2017b). Геометријско уређење различитих формација у сагласности је са конфигурацијом касно тријаске карбонатне платформе и пасивне континенталне маргине према GAWLICK et al. (2008, 2016b), такође је карактеристично за различите дефинисане тектонске јединице Унутрашњих Динарида (сл. 2). Уочити: полифазна млађа тектонска кретања у појединим случајевима пресецају тријаске фазијалне појасеве. „Тектонска зона“ Динаридског офиолитског појаса је део Неотетиса одакле потичу офиолити Неотетиса који су били обдуковани и транспортовани у правцу запада за време средње-касне јуре (за детаље видети код GAWLICK et al. 2021 и у његовим референцама). Истраживани локалитети су: 1. Сирогојно (каменолом Клисура); 2. Обрадовићи; 3. Лучића Крш; 4. Павловића Ћуприја; 5. Комарани; 6. Каменолом Кршељци; 7. Мала Мерица (сл.1).

Results

The studied sections of Middle Triassic sedimentary sequences (Fig. 3) and these famous and very important red nodular limestones and mass-flow deposits are located in two different regions of the Inner Dinarides in SW Serbia:

a) South of Užice town in vicinity of the village Sirogojno in the eastern Zlatibor Mountain and

b) south of Nova Varoš town in the eastern and southern slopes of Zlatar Mountain area (Fig. 1).

The biostratigraphic age dating of the sections follow the slightly revised conodont biostratigraphic age ranges according to CHEN et al. (2015), based on an intercalibration between North America and Tethyan ammonoid zones (details in CHEN et al., 2015). Even if age ranges of some conodont species are differently used to other recently published conodont age ranges (ORCHARD, 2010; KILIÇ et al., 2017; PLASENICIA et al., 2018; SMIRČIĆ et al., 2018; KILIÇ, 2021) and seem therefore to be slightly inaccurate, the biostratigraphic age of every conodont assemblage is very exact.

The studied sections

Zlatibor Mt.: Sections in the Sirogojno carbonate-clastic Mélange

The different blocks in the Middle-Late Jurassic Sirogojno carbonate-clastic Mélange consists mainly of shallow-water carbonates of the Early Triassic Werfen Formation, the Early–Middle Anisian Ravni Formation (DIMITRIJEVIĆ & DIMITRIJEVIĆ, 1991; SUDAR et al., 2013), the Early Carnian Wetterstein Carbonate Platform (DIMITRIJEVIĆ & DIMITRIJEVIĆ, 1991), or with its overlying drowning sequence of the Stopića Formation (MISSONI et al., 2012), and the Norian-Rhaetian Dachstein Formation (reef belt – DIMITRIJEVIĆ & DIMITRIJEVIĆ, 1991; ZÖHRER et al., 2021; and open lagoon – DIMITRIJEVIĆ & DIMITRIJEVIĆ, 1991; HIPS et al., 2011). Only in the Middle Triassic hemipelagic deep-water limestones were deposited, i.e. the Middle–Late Anisian red nodular limestones of the Bulog Group and the grey siliceous limestones of the Ladinian Trnava Formation (MISSONI et al., 2012). The Siro-

gojno carbonate-clastic Mélange is overlain by the Middle to early Late Jurassic radiolaritic-ophiolitic Mélange (GAWLICK et al., 2016a, 2017a). The focus of this study in the Zlatibor Mt. are the different blocks which preserve the Anisian drowning sequences above the Ravni (Steinalm) Carbonate Ramp: Sirogojno (Klisura quarry), Obradovići and Lučića Krš sections.

Sirogojno (Klisura quarry)

The Klisura quarry (Fig. 4) in Sirogojno preserved the most complete Bulog sedimentary succession in SW Serbia (SUDAR et al., 2013 and references therein). This section can be seen as reference section of the Middle to Late Anisian Bulog sedimentary succession in the Inner Dinarides and is therefore described separately in detail by SUDAR et al. (2023a).

Therefore we describe and figure here only the overall sedimentological history: The Pelsonian Ravni Formation at the base of the section is dissected by two generations of neptunian dikes (for a workable definition of neptunian dikes see FISCHER, 1964; WENDT, 1971; compare FLÜGEL, 2004), dated by conodont faunas (SUDAR et al., 2013, 2023). The older neptunian dike generation was formed in the late Pelsonian and the younger generation opened in the late Illyrian (Fig. 4). Both generations of neptunian dikes are filled with reddish Bulog Limestone. The late Pelsonian drowning unconformity is characterized by laminated deep-water turbidites with shallow-water derived clasts and organisms. Upsection follows an unusual 11 meters thick succession of late Pelsonian red nodular limestones (crosscut by late Illyrian neptunian dikes – SUDAR et al., 2023) with a cephalopod layer (1st cephalopod layer) at the base and a condensed horizon at its top. The overlying 5 meters thick early Illyrian part of the succession preserved a similar litho- and microfacies as the late Pelsonian part below, with a continuous deepening trend visible. The highest part of this member with more and more condensation and an enrichment of cephalopods (2nd cephalopod layer) is roughly of middle Illyrian age. The up to 5 meters thick late Illyrian member 3 of the Bulog Limestone succession was deposited after tilting of the depositional realm, expressed by a significant angular unconformity.

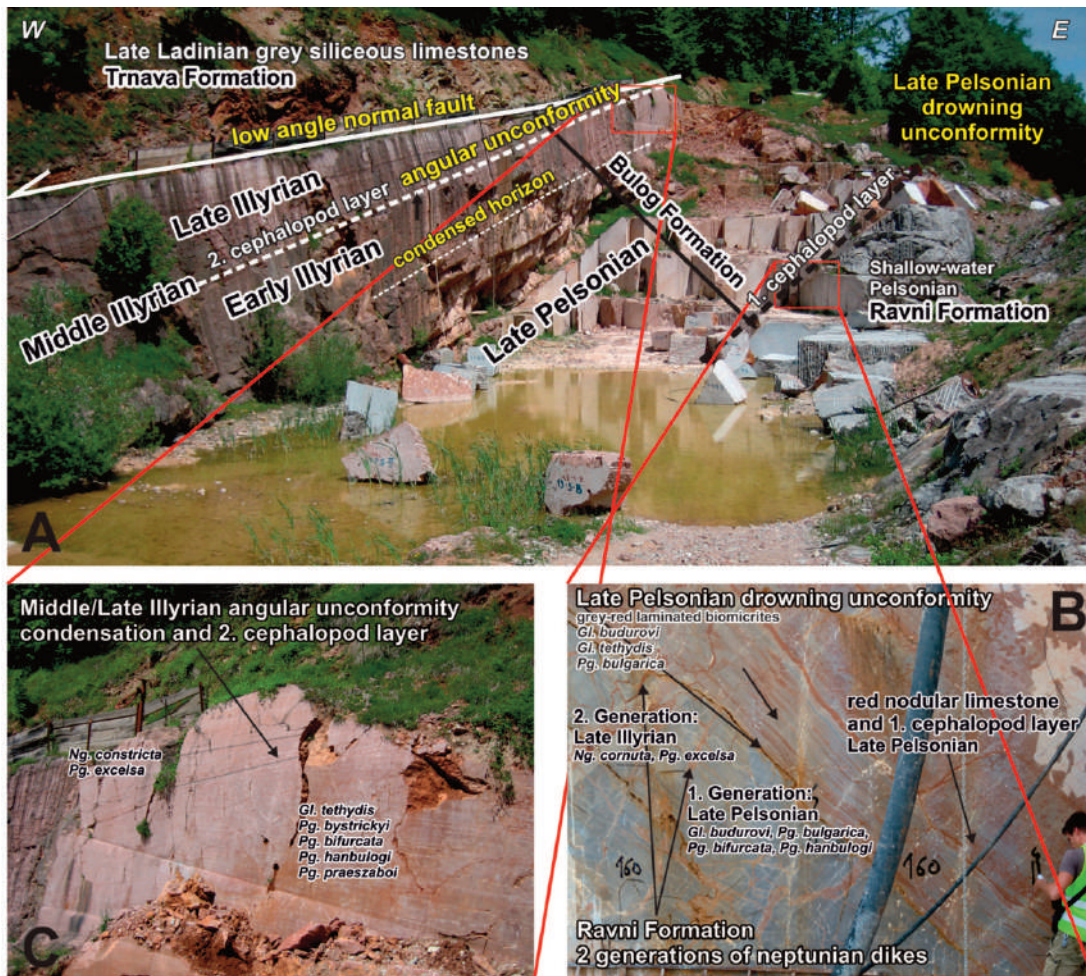


Fig. 4. Pelsonian to late Ladinian sedimentary succession in the Klisura quarry in the Sirogojno area. **A.** The photo shows the outcrop situation in the Klisura quarry as met in the year 2010. On the right side of the photo (east), the shallow-water Ravni Formation (Dedovići Member) with its Late Pelsonian drowning sequence (Bulog Formation) is indicated. The first cephalopod layer was formed above the drowning sequence. The second cephalopod layer marks the boundary between the early/middle and late Illyrian angular unconformity. The Bulog Formation is truncated by a low-angle normal fault at an acute angle to bedding. Directly above the Bulog Formation lies the late Ladinian Trnava Formation with its basal greenish-grey bentonite (MISSONI et al., 2012). **B.** Late Pelsonian drowning unconformity. The middle Pelsonian shallow-water Ravni Formation is dissected by two generations of neptunian dikes filled with deep-water limestones. The first deep-water limestones consist of laminated grey to reddish limestones with shallow-water turbidites. Above started deposition of red nodular limestones without shallow-water debris and at the base locally with enrichments of cephalopods. **C.** Middle/late Illyrian unconformity and formation of the Second cephalopod layer due to strong condensation during the middle Illyrian. The formation of the unconformity is contemporaneous with the formation of the second generation of neptunian dikes and tilting of the basin floor. Abbreviations for conodont genera: Gl.=Gladigondolella, Ng.=Neogondolella, Pg.=Paragondolella.

Сл. 4. Пелсонска до касно ладинска седиментна сукцесија у каменолому Клисура у области Сирогојно. **A.** Фотографија показује стање изданка у каменолому Клисура затечено у 2010. години. На десној страни фотографије (исток) приказана је плитководна Формација Равни (члан Дедовићи) са њеном касно пелсонском секвенцом потапања (Формација Булог). Први цефалоподни слој је образован изнад секвенце потапања. Други цефалоподни слој маркира границу између рано/средњо и касно илирског угаоног дисконтинуитета. Формација Булог је одсечена и гурнута под оштрим углом према слојевитости као нормални расед благог пада. Директно изнад Формације Булог лежи касно ладинска Формација Трнава са њеним зеленкасто-сивим бентонитом у бази (MISSONI et al., 2012). **B.** Касно пелсонски дисконтинуитет потапања. Средњопелсонска плитководна Формација Равни испресецана је са две генерације нептунских дајкова запуњених дубоководним кречњацима. Први дубоководни кречњаци састоје се од ламинираних сивих до црвенкастих кречњака са плитководним турбидитима. Изнад је започела депозиција црвених нодуларних кречњака без плитководног дебрита и у бази локално са нагомилањима цефалопода. **C.** Средњо/касно илирски дисконтинуитет и настанак Другог цефалоподног слоја изазваног јаком кондензацијом за време средњег илира. Формирање дисконтинуитета истовремен је са образовањем друге генерације нептунских дајкова и са нагињањем басенског дна. Скраћенице конодонтских родова види горе у енглеском тексту.

For more details the interested reader is referred to SUDAR et al. (2023a).

Obradovići

Near the creek Obradovići Potok directly on the road from Sirogojno to Gostilje, south of the village Trnava (N 43°40'50.6" E 19°50'46.0"; Fig. 1) a Late Anisian block in the mélange is preserved. The roughly 20 meters thick block is surrounded by fore-reefal limestones of the Wetterstein Carbonate Platform (MISSONI et al., 2012). Other blocks belong to the Trnava Formation (MISSONI et al., 2012) or the Norian Dachstein Carbonate Platform evolution (Norian Dachstein reef slope limestone blocks – SUDAR et al., 2013). The Late Anisian block consists of mass transport deposits (Komarani Formation, see

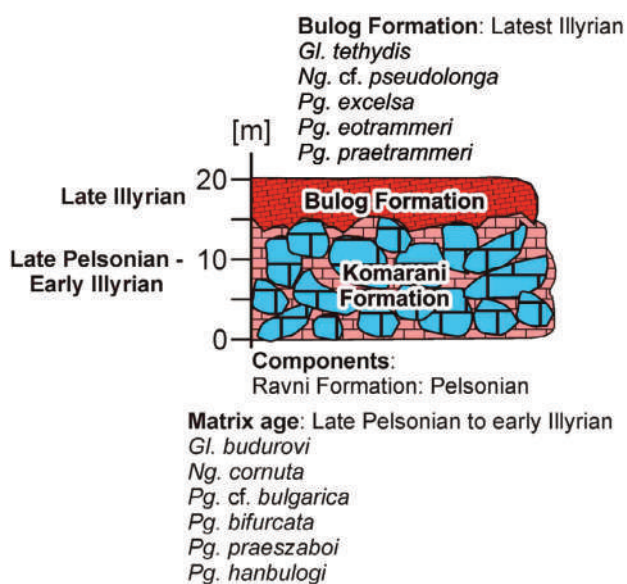


Fig. 5. Late Pelsonian to late Illyrian sedimentary succession of the Obradovići block in the Sirogojno carbonate-clastic Mélange: section and biostratigraphic ages modified after SUDAR et al. (2013). Conodonts from SUDAR et al. (2013), with few new samples added. Revised conodont ages of the different parts of the section according to CHEN et al. (2015). Abbreviations for conodont genera: *Gl.*=Gladigondolella, *Ng.*=Neogondolella, *Pg.*=Paragondolella.

Сл. 5. Касно пелсонска до касно илирска седиментна сукцесија блока Обрадовића у Карбонатно-кластичном Меланжу Сирогојна: профил и биостратиграфске старости модификоване према SUDAR et al. (2013). Конодонти из SUDAR et al. (2013), са неколико додатих проба. Ревидирана је конодонтска старост различитих делова профила према CHEN et al. (2015). Скраћенице конодонтских родова види горе у енглеском тексту.

SUDAR et al., 2023b) overlain by red nodular limestones of the Bulog Formation (Figs. 5, 6).

The centimeter- to decimeter- or even meter-sized angular components derive exclusively from the Pelsonian shallow-water Ravni Formation



Fig. 6. Field situation of the Obradovići block in the Sirogojno carbonate-clastic Mélange. **1.** Mass transport deposits around the Pelsonian/Illyrian boundary. Angular clasts of the shallow-water Ravni Formation rest in a red Bulog Limestone matrix. **2.** Latest Illyrian to ?Fassanian thick-bedded to amalgamated red biomicrites of the Bulog Formation above the mass transport deposits. Abbreviations for conodont genera: *Gl.*=Gladigondolella, *Ng.*=Neogondolella, *Pg.*=Paragondolella.

Сл. 6. Стање на терену блока Обрадовића у Карбонатно-кластичном Меланжу Сирогојна. **1.** Наслага масеног транспорта око границе пелсон/илир. Угласти класи плитководне Формације Равни остају у црвеном матриксу Булошких кречњака. **2.** Најкасније илирски до ?фасански дебело слојевити до амалгамирани црвени биомикрити Формације Булог изнад наслага масеног транспорта. Скраћенице конодонтских родова види горе у енглеском тексту.

(Dedovići Member) (Fig. 7). Practically all Ravni Limestone components are angular and surrounded by the reddish hemipelagic Bulog Limestone matrix (Fig. 7). In cases these Ravni Formation components are recrystallized. In parts the matrix consists of

semilithified Bulog Limestone components squeezed between the harder lithified Ravni Limestone components (Figs. 6, 7). In parts these Bulog Limestone clasts are rich in thin-shelled bivalves (“filaments” – compare FLÜGEL, 2004). This is also

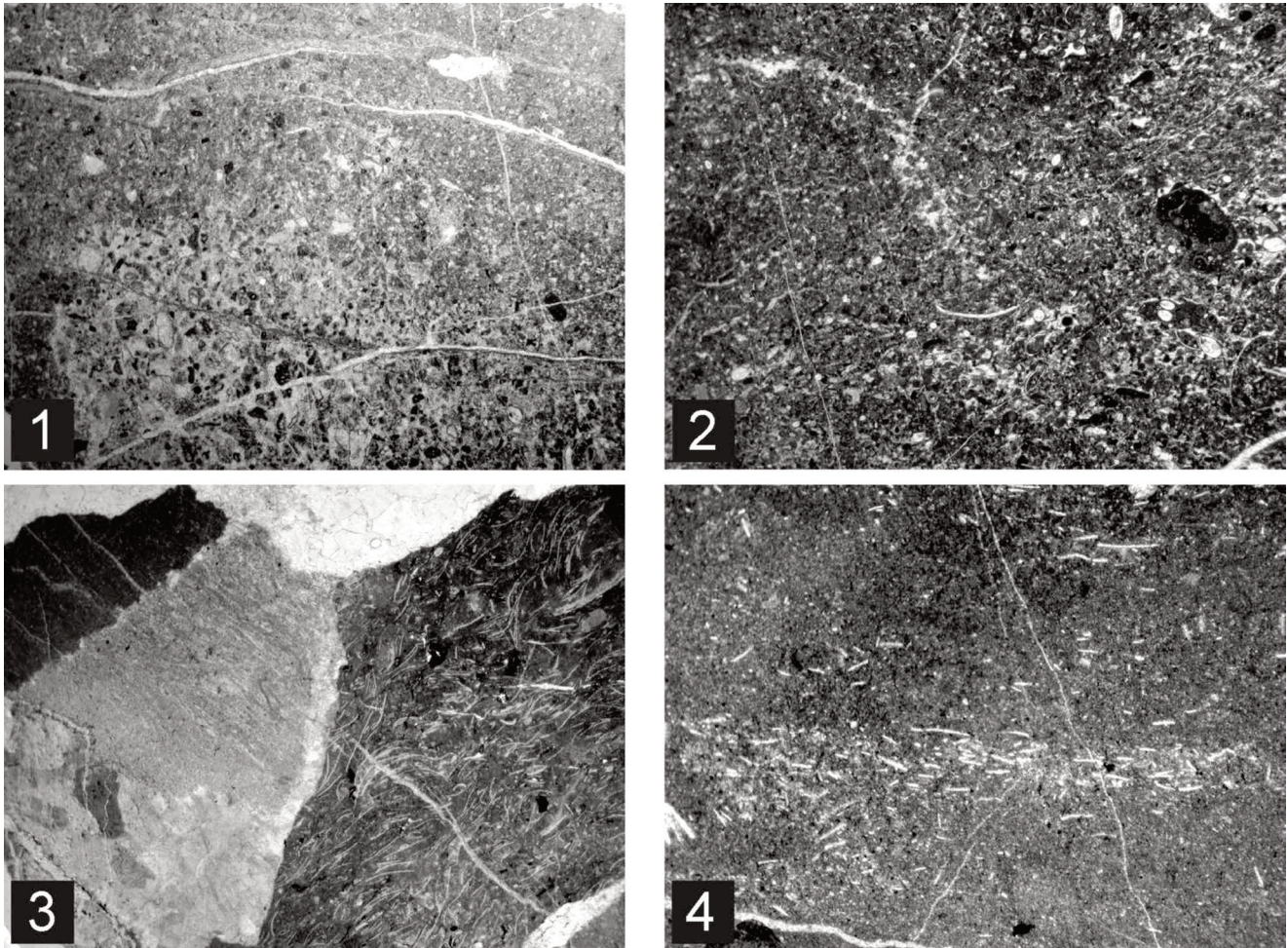


Fig. 7. Microfacies characteristics of the Komarani Formation of the Obradovići section, early Illyrian. **1.** Recrystallized components of the Pelsonian Ravni Formation (Dedovići Member). Sample MS 1536. Width of the photo: 1.4 cm. **2.** Matrix between the Ravni Formation components. Beside micrite clasts, broken foraminifera, small bivalve shells, echinoderm fragments, thin-shelled bivalves, and recrystallized radiolarians characterize the deeper-marine environment of the matrix. Sample MS 1537. Width of the photo: 1.4 cm. **3.** Two different semilithified Bulog Limestone clasts (most probably of late Pelsonian age) in a “filament”-bearing micritic matrix. Both clasts are rich in thin-shelled bivalves. Sample SRB 432. Width of the photo: 1.4 cm. **4.** Early Illyrian “filament”-bearing wackestone of the matrix between the different components. The thin-shelled bivalves are enriched in layers showing their enrichment by currents or their turbiditic character. Sample SRB 432. Width of the photo: 0.5 cm.

Сл. 7. Микрофацијалне карактеристике Формације Комарани на локалитету Обрадовићи, рани илир. **1.** Рекристалисале компоненте пелсонске Формације Равни (члан Дедовићи). Проба MS 1536. **2.** Матрикс између компоненти Формације Равни. Поред микритских класта, сломљених фораминифера, малих љуштура шкољака, ехинодерматских фрагмената, дубоководну морску средину матрикса карактеришу понеке шкољке танких љуштура и рекристалисале радиоларије. Проба MS 1537. **3.** Два различито семилитификована класта Булошког кречњака (највероватније касно пелсонске старости) у микритском матриксу са бројним шкољкама танких љуштура. Оба класта обилују шкољкама танких љуштура. Проба SRB 432. **4.** Рано илирски „филаментима“ богат векстон матрикса између различитих компоненти. Обогаћења „филаментима“ су по слојевима указујући да је њихово обогаћење настало услед струјања или због њиховог турбидитског карактера. Проба SRB 432. Ширина фотографија је 0.5 cm (4), а 1.4 cm је (1, 2, 3).

confirmed by the biostratigraphic ages performed by conodont assemblages from the red limestone matrix: *Gladigondolella budurovi* KOVÁCS & KOZUR, *Neogondolella* cf. *cornuta* BUDUROV & STEFANOV, *Paragondolella bifurcata* BUDUROV & STEFANOV, *Paragondolella* cf. *bulgarica* BUDUROV & STEFANOV, *Paragondolella hanbulogi* SUDAR & BUDUROV, and *Paragondolella praeszaboi* (KOVÁCS, PAPSOVA & PERRI) (SUDAR et al., 2013), which indicate a late Pelsonian and an early Illyrian age. The co-occurring foraminifera *Arenovidalina* sp., *Pilamminella* sp., and species of the families Nubeculariidae, Nodosariidae, and Duostominidae are not age diagnostic. In the matrix occur

beside micrite clasts broken foraminifera, echinoderm fragments, small bivalve shells, and recrystallized radiolarians (Fig. 7). Thin-shelled bivalves appear rarely. Nevertheless, younger conodonts than early Illyrian could not be detected in the red limestone matrix. This suggests that the mobilization and redeposition of the components was most likely around the Pelsonian/Illyrian boundary and therefore shortly after the onset of the formation of a horst-and-graben structure and the contemporaneously formed neptunian dikes.

The overlying reddish limestones of the Bulog Formation (Fig. 5) are dated by means of conodonts

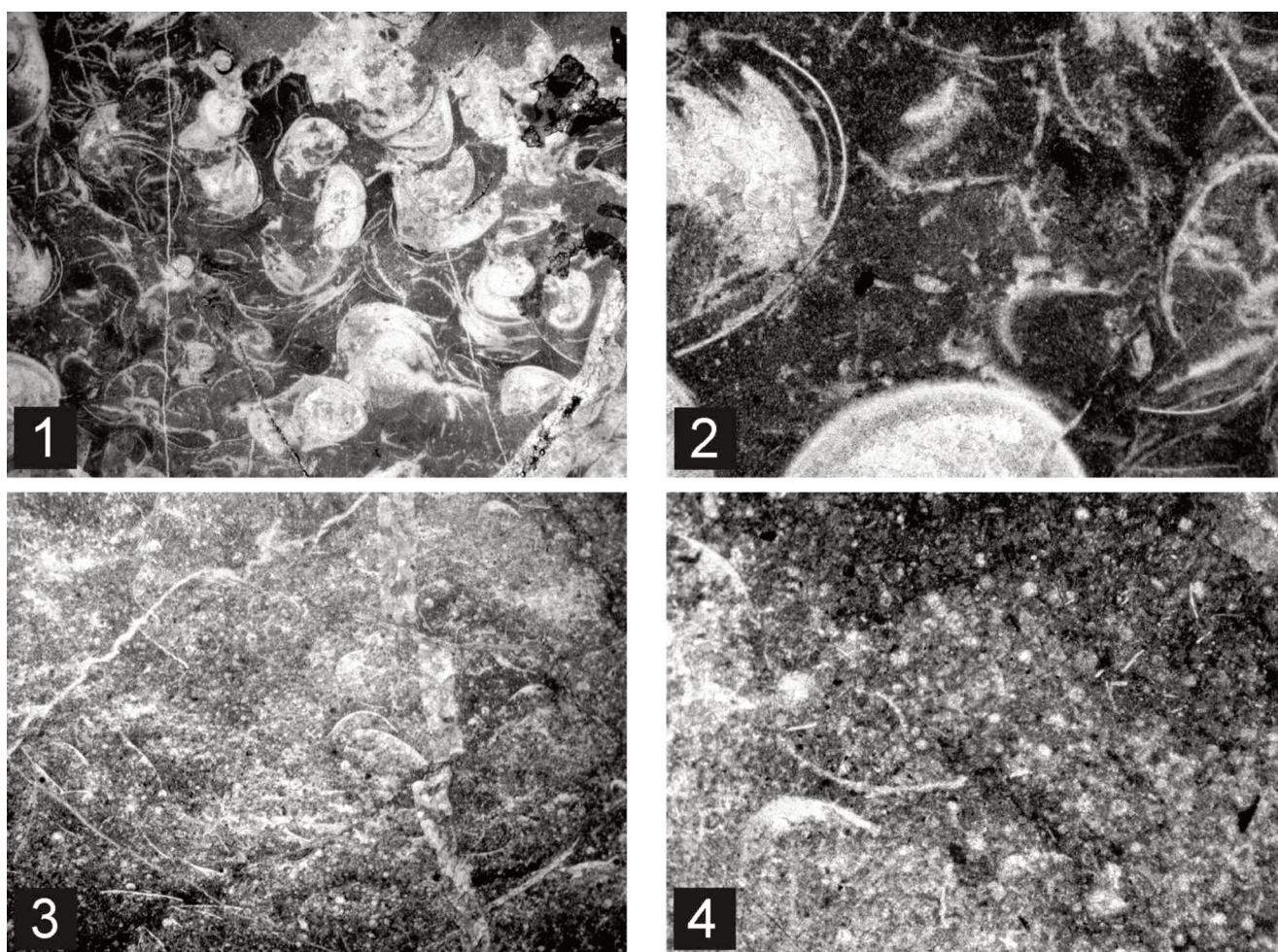


Fig. 8. Microfacies characteristics of the latest Illyrian Bulog Limestone of the Obradovići section. **1.** Lumachelle layer. Sample SRB 431. Width of the photo: 1.4 cm. **2.** Enlargement of 1. Packstone with shells and recrystallized broken organisms. Width of the photo: 0.5 cm. **3.** „Filament“-radiolarian wackestone. Sample SRB 434. Width of the photo: 1.4 cm. **4.** Enlargement of 3. Radiolarians and thin-shelled bivalves are strongly recrystallized. Width of the photo: 0.5 cm.

Сл. 8. Микрофаџијалне карактеристике најкасније илџирских Булошких кречњака локалитета Обрадовићи. **1.** Слој са лумакелом. Проба SRB 431. **2.** Увећани део сл 1. Пекстон са љуштурама и рекристалисалим поломљеним организмима. **3.** „Филаментно“-радиоларијски векстон. Проба SRB 434. **4.** Увећани део сл. 3. Радиоларије и шкољке танких љуштура су јако рекристалисали. Ширина фотографија је 0.5 cm (2, 4), а 1.4 cm је (1, 3).

(*Gladigondolella tethydis* (HUCKRIEDE), *Neogondolella* cf. *pseudolonga* (KOVÁCS, KOZUR & MIETTO), *Paragondolella eotrammeri* (KRYSŤYN), *Paragondolella excelsa* MOSHER, and *Paragondolella praetrammeri* (KOZUR & MOSTLER) as latest Illyrian to ?Fassanian (SUDAR et al., 2013). These thick bedded to amalgamate Bulog Limestones fill the upper parts of the mass transport deposit and contain no older extraclasts. Wacke- to packstones with shell fragments, thin-shelled bivalves and radiolarians are the common microfacies (Fig. 8). Rarely lumachelle layers occur. Important to note, that in the residue of the solved limestones for extraction of conodonts also small biotite components could be isolated which indicate contemporaneous volcanic activity.

Lučiča Krš

This section (Fig. 9) is situated along the local road from Sirogojno to Ravni, north of the village Lučiči and on the southern slope of the hill Lučiča Krš (684 m) (N 43°43'22.4" E 19°53'37.3"; section No. 3 on Fig. 1). In the lower part of the section slightly recrystallized dark-grey limestones with micrite clasts and few crinoids were deposited (Fig. 10). According to DIMITRIJEVIĆ & DIMITRIJEVIĆ (1991) this part of the section belongs to the lower Ravni Formation, i.e. the Utrine Member. In comparison with the time equivalent Gutenstein Formation and equivalents (TOLLMANN, 1976, 1985; HIPS, 2007), deposited under restricted conditions with a high amount of microbial formed limestones (Fig. 10), crinoids appear in the Northern Calcareous Alps only in the highest part of the Gutenstein Formation transitional to the Steinalm Formation, i.e. the Annaberg Formation. This change in the microfacies and faunal composition indicate a deepening event and the change to more open-marine conditions (Annaberg Formation: see GAWLICK et al., 2021 for a review). Higher up in the succession grainstones and aggregate-grain grainstones with microbial lumps and foraminifera were formed (Fig. 10). This microfacies type resembles the upper part of the Ravni Formation, i.e. the Dedovići Member (Lučiča Member according to DIMITRIJEVIĆ & DIMITRIJEVIĆ, 1991). Regarding these normal microfacies variations in the Steinalm Formation and the equivalent

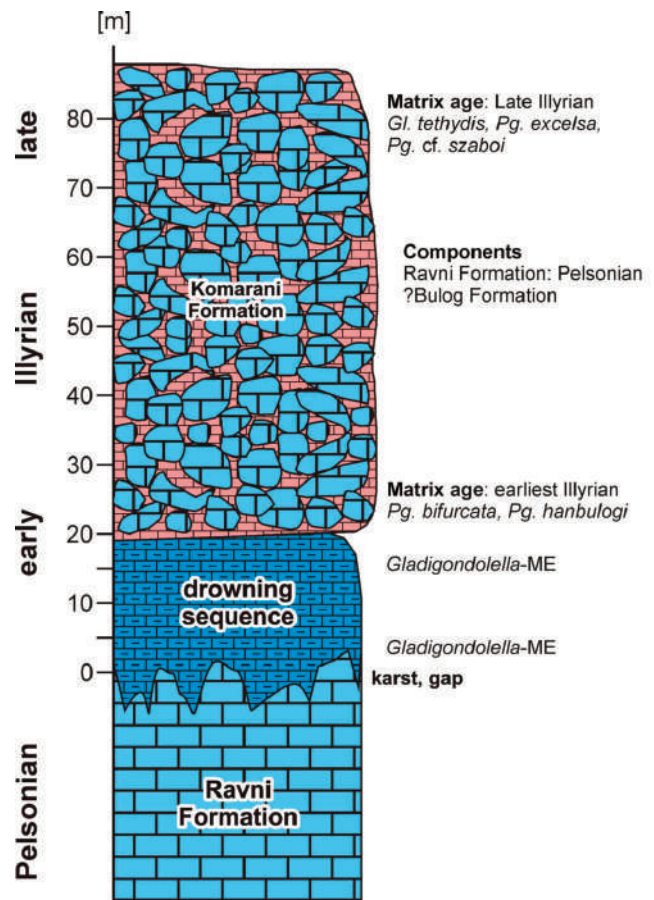


Fig. 9. Schematic section of the Pelsonian-Illyrian sedimentary succession of the locality Lučiča Krš. Conodonts from SUDAR et al. (2013), with few new samples added. Revised conodont ages of the different parts of the section according to CHEN et al. (2015). Abbreviations for conodont genera: Gl.=Gladigondolella, Pg.=Paragondolella.

Сл. 9. Шематски профил пелсонско-иллирске седиментне сукцесије локалитета Лучића Крш. Конодонти из SUDAR et al. (2013), са неколико додатих проба. Ревидирана конодонтска старост различитих делова профила према CHEN et al. (2015). Скраћенице конодонтских родова види горе у енглеском тексту.

Ravni Formation the name Lučiča Member as independent part of the Ravni Formation is not needed. The microfacies characteristics of the upper part of the Ravni Formation at the locality Lučiča Krš lies in the variability of the Dedovići Member elsewhere in the Dinarides. In addition, the appearance of the foraminifera *Earlandinita grandis* SALAJ, *Meandrospira* sp., *Glomospira* sp., and *?Pilaminella* sp. (sample SRB 456) is typical in the higher part of the Ravni Formation (Dedovići Member). At the base tempestites with broken cri-

noids are common, higher in the section grainstones with micritic envelopes, microbial limestones and aggregate-grain grainstones dominate. The microfacies trend in the section shows a depositional environment which indicate low to moderate changing water energy levels, warm water conditions (tropical/subtropical), low nutrient environment and low sedimentation rates (FLÜGEL, 2004).

The highest part of the Ravni Formation is strongly karstified and recrystallized (Fig. 10) indicating emersion and a gap in deposition. Above the karst horizon follow thick bedded grey limestones with an enormous amount of turbidites consisting of shallow-water grains. Crinoids, conodonts, and rare thin-shelled bivalves in the biomicritic intercalations indicate deposition in an open-marine deeper-water environment. This microfacies (Fig. 11) resembles the Illyrian Rid Formation (SUDAR et al., 2013) deposited on top of a structural high (horst). Here this part of the section cannot be exactly dated, only *Gladigondolella*-ME sensu KOZUR & MOSTLER could be extracted from the lower and the middle part of this part of the succession. But a latest Pelsonian to earliest Illyrian age of this part of the section is most likely. Higher in the section follows a roughly 80 m thick succession with grey shallow-water blocks in a red limestone matrix. Due to the bad outcrop situation the size of the different blocks, their shape and roundness cannot be observed. The red nodular limestone (Bulog) matrix in the lower part contains *Paragondolella bifurcata* and *Paragondolella hanbulogi* indicating an age around the Pelsonian/Illyrian boundary, whereas the age of the matrix between the blocks in the higher part of this succession is late Illyrian, dated by following conodont assemblage: *Gladigondolella tethydis*, *Paragondolella excelsa*, and *Paragondolella* cf. *szaboi* (KOVÁCS) (SUDAR et al., 2013). The drowning sequence above the karstified Ravni Formation started with grey turbiditic limestones and shows throughout the Illyrian a continuous deepening trend. The grey crinoid- and radiolarian-bearing (Fig. 11) dm- to half-meter bedded limestones higher in the sequence contain only cm-thick turbiditic intercalations. Upsection, in the late Illyrian follows the part of the mass transport deposits with the red “filament”-radiolarian-rich Bulog Limestone matrix, i.e. the Komarani Formation. We assign the Lučiča Krš

section also as a block in the Sirogojno carbonate-clastic Mélange. In contrast to the type-locality of the Rid Formation (SUDAR et al., 2013) the section Lučiča Krš has experienced no thermal overprint, like the section Rid as part of the Drina–Ivanjica unit (see also PORKOLÁB et al., 2019).

Zlatar Mt.: Sections in the Zlatar (Hallstatt) carbonate-clastic radiolaritic Mélange

According to the classical (and old) interpretation following RAMPNOUX (1974) the Zlatar Mountain are a Triassic-Jurassic trough (intra-platform basin) with radiolaritic deposition on top of a drowned carbonate platform of the Adriatic margin: he termed it the Zlatar sub-zone of the Lim zone (see also: RAMPNOUX, 1970; AUBOUIN et al., 1970; PANTIĆ & RAMPNOUX, 1972: Serbian Zone, Lim Zone, Zlatar sub-zone; GRUBIĆ, 1980: Zlatar and Mirdita Zone; RADOIČIĆ, 1989, 1990: Lim (Complex) Basin, Zlatar Basin). Therefore the Zlatar Mountain should belong tectonically to the parautochthonous Dinaridic Ophiolite Belt in the sense of DIMITRIJEVIĆ (1997, 2001), i.e. the Dinaridic Ocean in sense of KARAMATA (2006). In contrast, SCHMID et al. (2008, 2020) termed the Dinaridic ophiolites as West Vardar ophiolites transported from the east in the frame of latest Jurassic to earliest Cretaceous ophiolite obduction. SCHMID et al. (2008, 2020) attributed the Zlatar Mountain as part of the East Bosnian–Durmitor thrust sheet, but still follow the interpretation of a parautochthonous sub-basin, i.e. the Lim Basin.

In contrast, new studies in the whole Zlatar Mt. GAWLICK et al. (2017a, c, d; 2018) and GAWLICK & MISSONI (2019) figured out the mélange character in the Zlatar Mountain. All open-marine Middle to Late Triassic limestones in the area rest either as blocks of different size in the

A) Ophiolitic Mélange – Late Triassic grey cherty limestone successions, i.e. Grivska Formation blocks (see SUDAR & GAWLICK, 2018 for a review), or

B) Zlatar (Hallstatt) Mélange – Middle to Late Triassic Hallstatt Limestones (see GAWLICK & MISSONI, 2019 for a review).

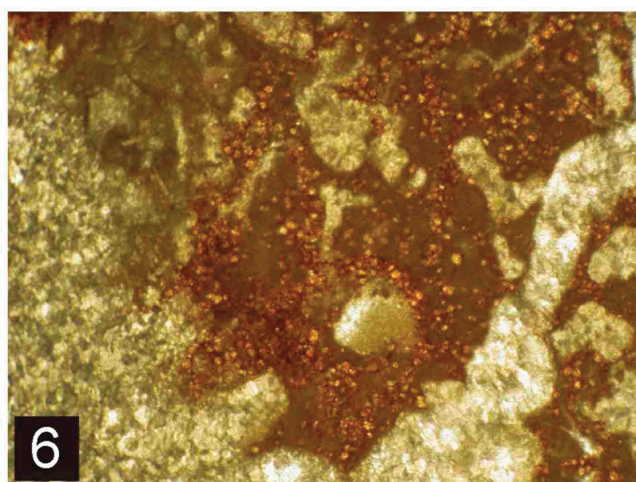
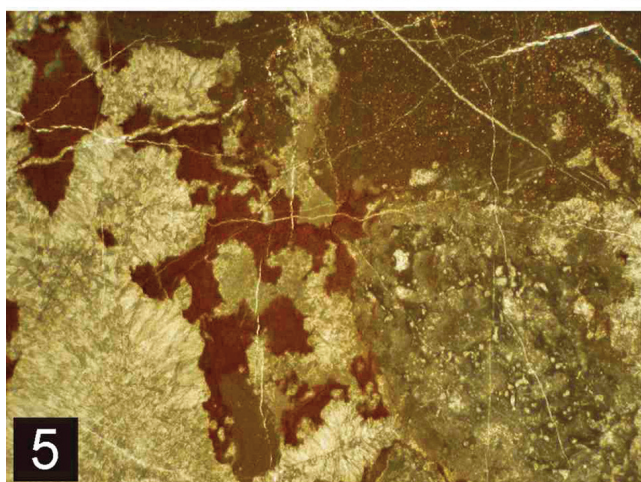
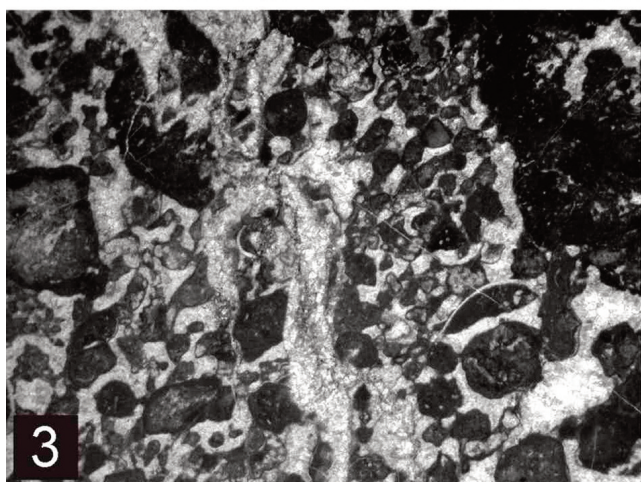
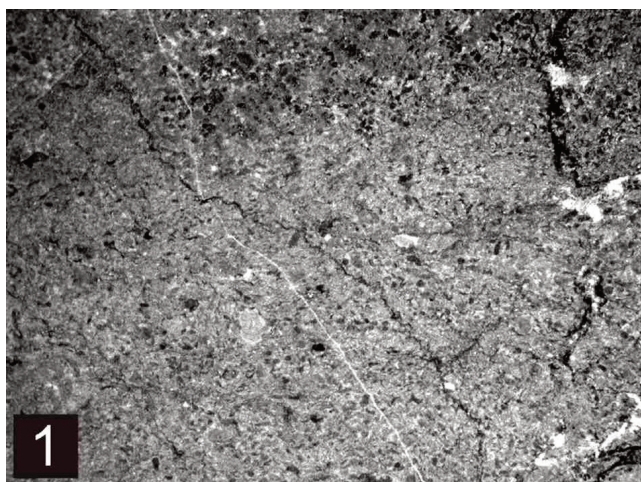
On base of these results a parautochthonous Lim Basin does not exist. However, most open-marine

Triassic limestones are incorporated in a Bajocian to Oxfordian radiolaritic-argillaceous matrix sediments while others are transported nappes. However, all open-marine Triassic limestones represent far-travelled sedimentary rocks.

The best preserved Zlatar (Hallstatt) Mélanges in the Zlatar Mountain are south of the town Nova Varoš in the areas Pavlovića Ćuprija and Vodena

Poljana (Fig. 1). Here the mélanges consists of breccias, turbidites and km-sized blocks deriving from the open shelf area where the Hallstatt sequence above the Ravni Formation was deposited.

The focus is here on the different Anisian successions which preserve the drowning sequence of the Ravni Carbonate Ramp: a) Komarani and Pavlovića Ćuprija sections in the Pavlovića Ćuprija



mélange area; b) Mala Merica and Kršeljci quarry sections (and surroundings) in the Vodena Poljana mélange area.

Pavlovića Ćuprija area

The Pavlovića Ćuprija area is located on the eastern flanks of the Zlatar Mountain (see SUDAR 1986), about 15 km SE of Nova Varoš. In the (Late) Bathonian to early Oxfordian sedimentary mélange (Hallstatt Mélange – Pavlovića Ćuprija Formation: GAWLICK et al., 2018 and references therein) appear several blocks with a preserved Middle to Late Anisian sedimentary sequence. The sections Komarani and Pavlovića Ćuprija are here described.

Komarani

The section Komarani is located roughly 15 km SE of Nova Varoš, on the road from the village Komarani to the Sjenica Lake (beginning of the road: N 43°25'31.5" E 19°55'1.7"; end of the road: N 43°25'10.5" E 19°55'25.4"; section No. 5 on Fig. 1) roughly 200 meters south of the dam. This section is the type-section of the Komarani Formation (SUDAR et al., 2023b).

The section starts with shallow-water limestones of the Pelsonian Ravni Formation. The Ravni Formation is dated by *Macroporella alpina* PIA and *Endotriadella wirzi* (KOEHN-ZANINETTI) (GAWLICK et al., 2018). The Ravni Formation is directly overlain by a more than 60 meter thick series of late Illyrian mass transport deposits after a late Pelsonian to middle Illyrian gap.

The first fine-grained breccia directly above the Ravni Formation contains only *Paragondolella* cf. *trammeri* (KOZUR) (sample SRB 628) and *Gladigondolella tethydis* (sample SRB 630) indicating a late Illyrian age. In addition, this Bulog Limestone matrix contains biotite clasts indicating volcanic influence. Higher up follows a series of coarse-grained mass transport deposits reddish-grey turbidites are locally preserved. They contain late Illyrian conodonts – *Gladigondolella tethydis* and *Paragondolella excelsa* (sample SRB 631a). In the mass transport deposits angular components of the Ravni Formation dominate. Beside these Ravni components Bulog Limestone components are frequent. These Bulog components have: 1) a Late Pelsonian age, dated by following conodonts: *Nicorella germanica* (KOZUR), *Nicorella kockeli* (TATGE), *Paragondolella bifurcata*, *Paragondolella bulgarica*

Fig. 10. Previous page: Microfacies characteristics of the Ravni Formation of the locality Lučića Krš. **1.** Slightly recrystallized pack- to grainstone with micrite clasts, peloids and few crinoids at the base of the section. The crinoids indicate an open-marine influence. Most probably a tempestite. Sample SRB 453. Width of the photo: 1.4 cm. **2.** Grainstone consisting of recrystallized components with one micritic rim. The other part shows a microbial limestone. The central part of the Ravni Formation section. Sample SRB 454. Width of the photo: 1.4 cm. **3.** Aggregate-grain grainstone. Several grains show irregular outlines and are encrusted. The higher part of the Ravni Formation. Sample SRB 455. Width of the photo: 1.4 cm. **4.** Microbial limestone with foraminifera. Some cement-filled features resemble stromatactis cavities. The higher part of the Ravni Formation. Sample SRB 456. Width of the photo: 1.4 cm. **5.** Karstified microbial limestone of the topmost part of the Ravni Formation. Red clays infillings, recrystallization and cavity cement infillings are typical features of emerged shallow-water limestones. It appears that the cavity started to be filled by a radiaxial fibrous calcite cement and the new phase of freshwater corrosion came. Sample SRB 457. Width of the photo: 1.4 cm. **6.** Enlargement of 5, different view. Microbial limestones, partially solved under freshwater conditions, pores filled with silty red soil sediment. Width of the photo: 0.5 cm.

Сл. 10. Претходна страна: Микрофацијалне карактеристике Формације Равни локалитета Лучића Крш. **1.** Слабо рекристалисали пекстони до грејстони са микритским кластима, пелонидима и неколико криноида у бази профила. Криноиди указују на отворено марински утицај. Највероватније темпестит. Проба SRB 453. **2.** Грејстон састављен од рекристалисалих компоненти са једном микритским ободом. Преостали део је микробилни кречњак. Централни део профила Формације Равни. Проба SRB 454. **3.** Агрегатни зрнасти грејстон. Неколико зрна су неправилних контура и са овојницом. Виши део Формације Равни. Проба SRB 455. **4.** Микробилни кречњак са фораминиферима. Неке цементне испуне личе на строматактитне шупљине. Виши део Формације Равни. Проба SRB 456. **5.** Карстификовани микробилни кречњак на највишем делу Формације Равни. Испуне црвених глина, рекристализација и испуне шупљина цементом су типичне особине издигнутих плитководних кречњака. То показује да шупљине почињу да се запуњавају са радијалним фиброзним цементом и да тиме започиње нова фаза корозије са свеже водом. Проба SRB 457. **6.** Повећана сл. 5, другачији поглед. Микробилни кречњаци, делимично растворени у условима свеже воде, поре испуњене ситозним црвеним талогом. Ширина фотографија: 0,5 cm (6) и 1,4 cm (1, 2, 3, 4, 5).

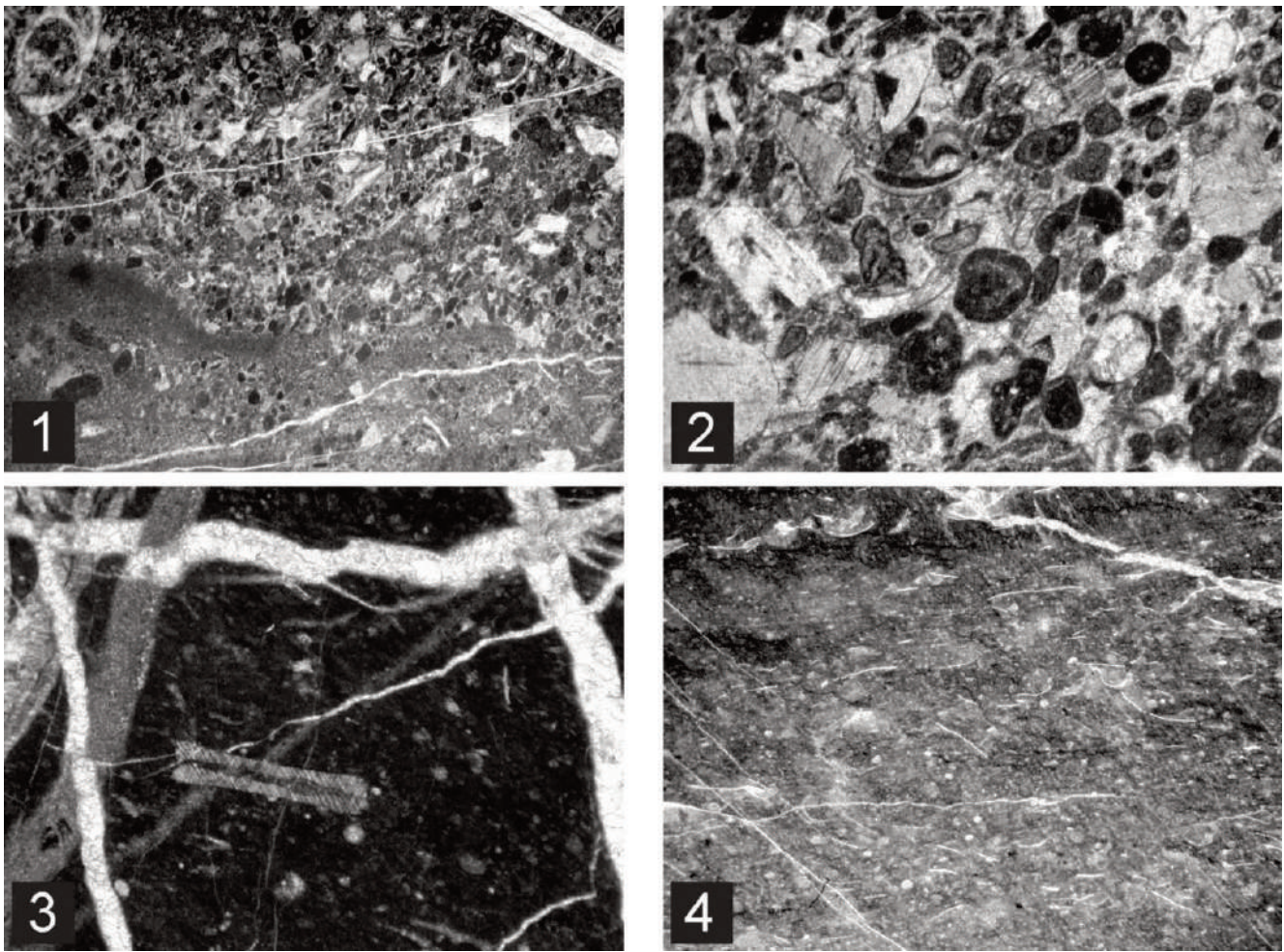


Fig. 11. Microfacies of the drowning sequence of the Ravni Formation and the matrix of the Komarani Formation of the locality Lučića Krš. **1.** Turbiditic grey grainstone with shallow-water clasts and crinoids above a wacke- to packstone with shallow-water clasts and thin-shelled bivalves roughly 4 m above the karstified Ravni Formation. Sample SRB 458. Width of the photo: 1.4 cm. **2.** Enlargement of 1, different view. Grainstone with shells, single oncoids and broken microbial encrustations. Width of the photo: 0.5 cm. **3.** Grey wackestone with crinoids, recrystallized radiolarians and some broken thin-shelled bivalves. Sample SRB 459. Width of the photo: 0.5 cm. **4.** Late Illyrian “filament”-radiolarian wackestone. Sample SRB 460. Width of the photo: 1.4 cm.

Сл. 11. Микрофације потопљене секвенце Формације Равни и матрикса Формације Комарани на локалитету Лучића Крш. **1.** Турбидитски сиви грејнстони са плитководним кластима и криноидима изнад векстона до пекстона са плитководним кластима и шкољкама танких љуштура грубо око 4 m изнад карстификоване Формације Равни. Проба SRB 458. **2.** Повећана сл. 1, другачији поглед. Грејнстон са шкољкама, појединачним онкоидима и сломљеним микробиалним овојницама. **3.** Сиви векстон са криноидима, рекристалисалим радиоларијама и понеким сломљеним шкољкама танких љуштура. Проба SRB 459. **4.** Касно илирски “филаментно”-радиоларијски векстон. Проба SRB 460. Ширина фотографија: 0.5 cm (2, 3) и 1,4 cm (1, 4).

(sample SRB 632), or 2) latest Pelsonian to earliest Illyrian, dated by following conodonts: *Paragondolella bifurcata* and *Paragondolella hanbulogi* (sample SRB 631). In the matrix of this polymictic mass transport deposit appears volcanic clasts and their age is late Illyrian on base of following conodont fauna: *Gladigondolella tethydis*, *Paragondolella excelsa*, and *Paragondolella trammeri* (sample SRB 632a).

For more details regarding the Komarani Formation and its type section the interested reader is referred to SUDAR et al. (2023b).

Pavlovića Ćuprija

On the local road from the village Akmačići in direction from the Gujanička Guja hamlet to the old

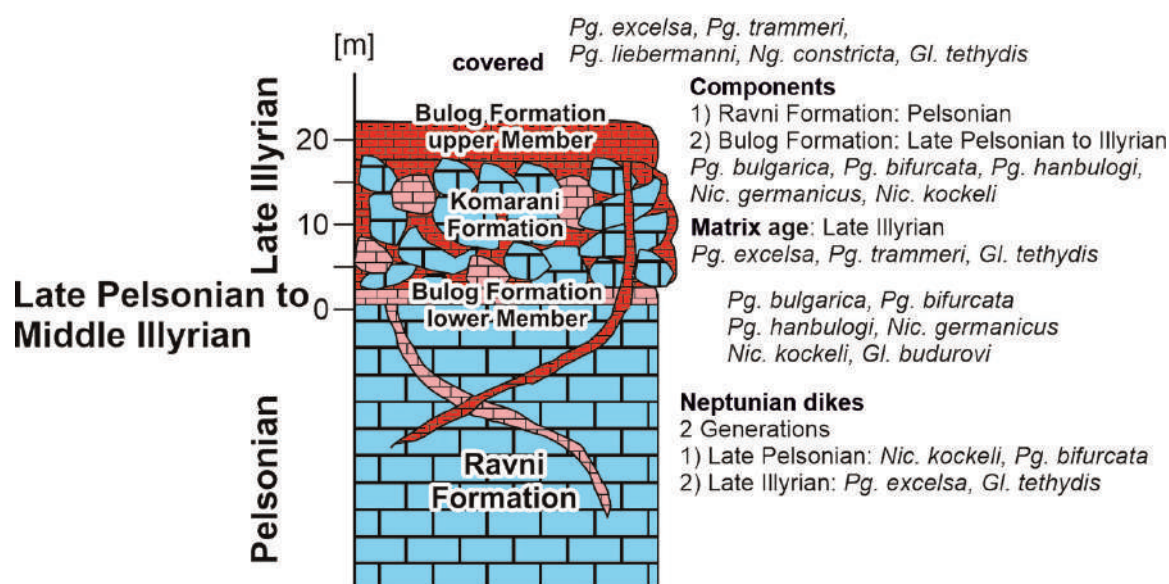


Fig. 12. Pavlovića Ćuprija section. Above the middle Pelsonian Ravni Formation, dissected by two generations of neptunian dikes (fissure infillings), follows a thin (1-2 meters) condensed part of red nodular Bulog Limestone. Above this late Pelsonian to middle Illyrian Bulog Limestone follows a roughly 15-meter thick sequence of mass transport deposits (Komarani Formation) overlain by a few meters of late Illyrian to ?early Fassinian Bulog Limestone. Conodont faunas from GAWLICK et al. (2018) with revised biostratigraphic ages after CHEN et al. (2015). Abbreviations for conodont genera: Gl.=Gladigondolella, Ng.=Neogondolella, Nic.=Nicoraella, Pg.=Paragondolella.

Сл. 12. Локалитет Павловића Ћуприја. Изнад средњопелсонске Формације Равни, пресечене са две генерације нептунских дајкова /пукотински запуна), следи танак (1-2 метра) кондензовани део црвеног нодуларног Булошког кречњака. Изнад ових касно пелсонских до средњоилирских Булошких кречњака следи отприлике 15 метара дебела секвенца наслага масеног транспорта (Формација Комарани) преко које се налази неколико метара касно илирских до ?рано фасанских Булошких кречњака. Конодонтска фауна из GAWLICK et al. (2018) са ревидираним биостратиграфским старостима према CHEN et al. (2015). Скраћенице конодонтских родова су дате у енглеском тексту слике.

iron bridge Pavlovića Ćuprija crossing the Uvac River (N 43°25'59.6" E 19°55'15.8"; section No. 4 on Fig. 1) a huge block with a well-preserved Middle Anisian (Pelsonian) to earliest Ladinian sedimentary sequence is incorporated in the mélangé (SUDAR et al., 2010; GAWLICK et al., 2017b, c, d; 2018).

The section (Figs. 12, 13) starts with slightly karstified shallow-water limestones of Ravni Formation (Fig. 14) with two generations of neptunian dikes. The older generation of neptunian dikes is filled with light red mud and contains also some shallow-water components. The age is late Pelsonian on base of following conodont fauna: *Gladigondolella budurovi*, *Nicoraella germanica*, *Nicoraella kockeli*, *Paragondolella bifurcata*, *Paragondolella bulgarica*, *Paragondolella hanbulogi*. The younger generation of neptunian dikes is late Illyrian in age, dated by the conodonts *Gladigondolella tethydis* and *Paragondolella excelsa*. The

Ravni Formation is sealed by a less than 2 meters thick sequence of reddish-grey nodular limestones with some shallow-water components and intercalated turbidites with shallow-water material (Fig. 14). The lowermost part of the Bulog Limestone could be dated by *Paragondolella bifurcata*, *Paragondolella bulgarica*, *Paragondolella hanbulogi*, and *Nicoraella germanica* as late Pelsonian. This late Pelsonian age of the reddish Bulog Limestone above the slightly karstified Ravni Formation prove a very short time of karstification of the Ravni Formation. This short period of emersion affected only small parts of the uppermost Ravni Formation limestone and the recrystallization is very moderate. Higher up in the Bulog Limestone appear *Gladigondolella tethydis*, *Neogondolella constricta* (MOSHER & CLARK), *Neogondolella cornuta*, *Paragondolella hanbulogi* and *Paragondolella szaboi*, indicating an early-middle Illyrian age. Upsection follow a roughly 15

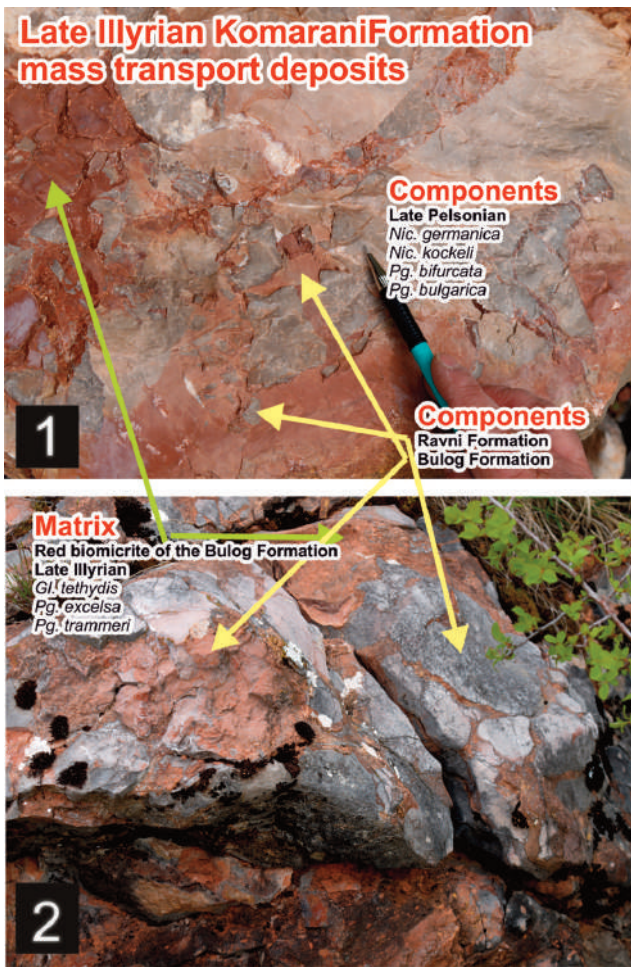
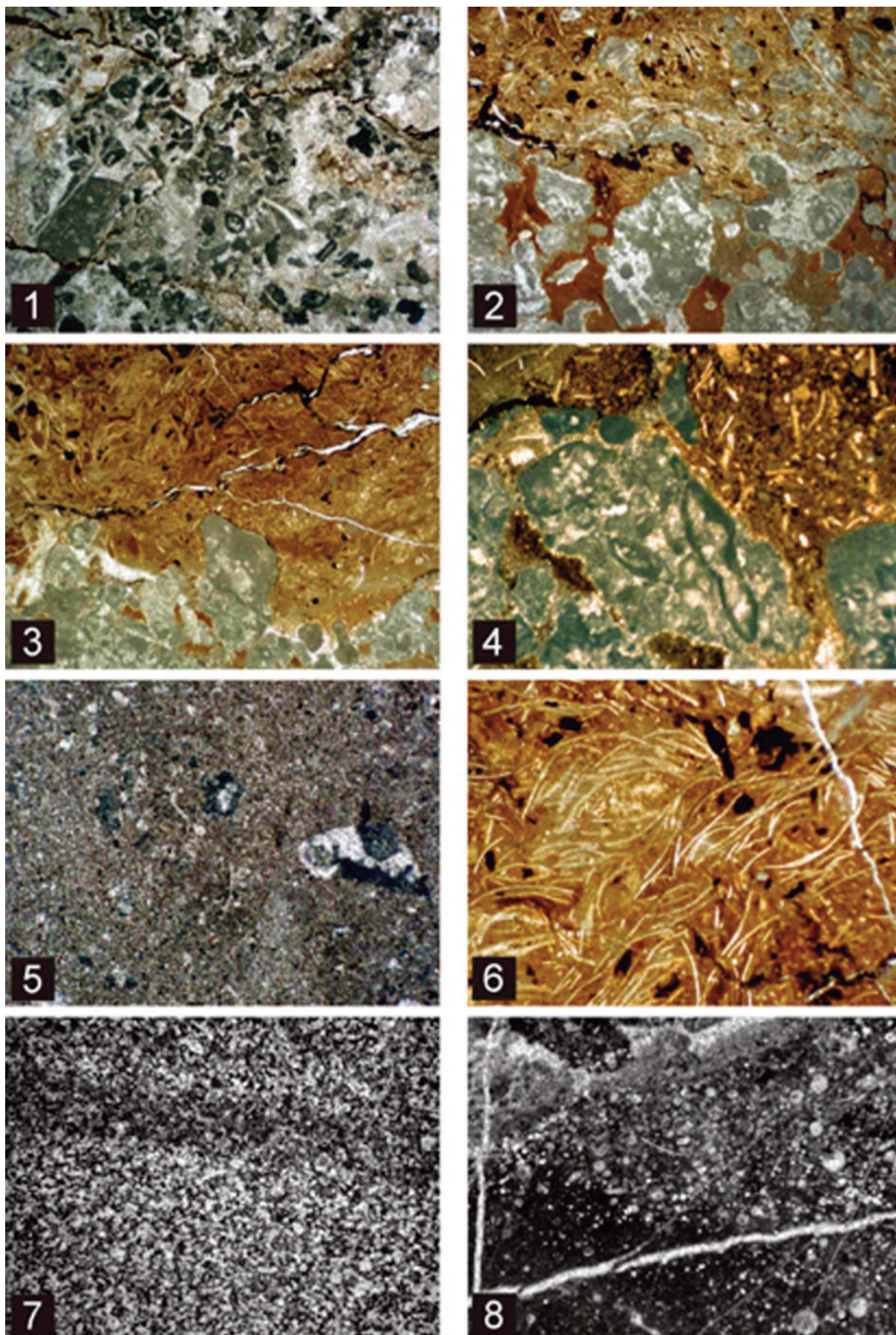


Fig. 13. Field situation of the late Illyrian mass transport deposits of the Pavlovića Ćuprija section. 1. Angular Ravni Formation limestone components and late Pelsonian angular Bulog Limestone components, in cases only semilithified. The dark red matrix has a late Illyrian age. 2. Mass transport deposits with up to 50 cm thick angular clasts. Limestone clasts of the Ravni Formation dominate, but also late Pelsonian Bulog Limestone clasts are common. The semilithified clasts were pressed as pseudomatrix between the Ravni Formation limestone clasts. Abbreviations for conodont genera: Gl.=Gladigondolella, Nic.=Nicoraella, Pg.=Paragondolella.

Сл. 13. Стање на терену касно илирских наслага масеног транспорта на локалитету Павловића Ћуприја. 1. Угласте кречњачке компоненте Формације Равни и касно пелсонске угласте компоненте Булошких кречњака, само у појединим случајевима семилитификоване. Тамно црвени матрикс је касно илирске старости. 2. Насlage масеног транспорта са до 50 cm дебелим угластим кластима. Доминирају кречњачки класти Формације Равни, али су такође чести и класти касно пелсонских Булошких кречњака. Полулитификовани класти су притиснути као псевдоматрикс између кречњачких класта Формације Равни. Скраћенице конодонских родова су дате у енглеском тексту слике.

Fig. 14. Next page: Microfacies of the Pelsonian to late Illyrian Pavlovića Ćuprija section. 1. Slightly karstified Ravni Formation limestone from the uppermost part. The microfacies show a well-preserved grainstone with aggregate grains, encrusted components, and fragments of microbial limestones. Some parts of the photo show recrystallization, carbonate solution, the infill of red silty material, and vadose silt. Sample SRB 362. Width of the photo: 1.4 cm. 2. Uppermost karstified part of the Ravni Formation overlain by a deeper-marine late Pelsonian "filament" wackestone with clasts of the Ravni Formation. Note that the karst holes in the uppermost part of the Ravni Formation are filled with red silt, not Bulog Limestone. Sample A 4746-1. Width of the photo: 1.4 cm. 3. Densely packed thin-shelled bivalves pack- to wackestone of the late Pelsonian Bulog Limestone directly above the Ravni Formation. Sample A 4746-1. Width of the photo: 1.4 cm. 4. Late Pelsonian fissure infilling in the Ravni Formation. Besides thin-shelled bivalves recrystallized limestone clasts are typical. Sample A 4746. Width of the photo: 0.5 cm. 5. Recrystallized "filament"-limestone clasts in a late Pelsonian to earliest Illyrian neptunian dike infilling. Sample SRB 363a. Width of the photo: 1.4 cm. 6. Condensed thin-shelled bivalve layer with hardground clasts. Late Pelsonian. Sample A 4746-2. Width of the photo: 0.5 cm. 7. Grainstone consisting of micrite clasts and peloids intercalated in the late Pelsonian to early Illyrian Bulog Limestone. Sample SRB 363b. Width of the photo: 1.4 cm. 8. Grey radiolarian wackestone with some broken thin-shelled bivalves. Sample SRB 644. Width of the photo: 0.5 cm.

Сл. 14. Следећа страна: Пелсонске до касно илирске микрофације локалитета Павловића Ћуприја. 1. Слабо карстификовани кречњаци Формације Равни из њеног највишег дела. Микрофације су добро очувани грејнстони са агрегатним зрнима, обавијеним компонентама и фрагментима микробилних кречњака. Неки делови фотографије приказују рекристализацију, растварање карбоната и испуна црвеним силтозним седиментом, вадозним силтом. Проба SRB 362. 2. Највиши карстификовани део Формације Равни покривен је са дубоко маринским касно пелсонским "филаментним" векстоном са кластима Формације Равни. Учити да су карстне шупљине у највишем делу Формације Равни испуњене црвеним силтом, а не са Булошким кречњаком. Проба A 4746-1. 3. Густо паковани „филаментни“ пектони до вектони касно пелсонских Булошких кречњака директно изнад Формације Равни. Проба A 4746-1. 4. Касно пелсонска испуна пукотина у Формацији Равни. Поред шкољака танких љуштура типични су и рекристалисали кречњачки класти. Проба A 4746. 5. Рекристалисали класти кречњака са шкољкама танких љуштура у касно пелсонским до најраније илирским испунама нептунских дајкова. Проба SRB 363a. 6. Кондензовани слој са шкољкама танких љуштура и кластима хардграунда. Проба A 4746-2. 7. Грејнстон састављен од микритских класта и пелоида интеркалисаних у касно пелсонском до рано илирском Булошком кречњаку. Проба SRB 363b. 8. Сиви радиоларијски векстон са понеким сломљеним шкољкама танких љуштура. Проба SRB 644. Ширина фотографија: 0.5 cm (4, 6, 8) и 1,4 cm (1, 2, 3, 5, 7).



meters thick series of mass transport deposits of late Illyrian age. The components are mainly angular limestones of the Ravni Formation and lithified to semilithified components of the older Bulog Limestone. A late Pelsonian and an early Illyrian age of the components are proven by the occurrence of *Nicorella germanica*, *Nicorella kockeli*, *Paragondolella bifurcata*, *Paragondolella bulgarica*, *Paragondolella hanbulogi*, and *Paragondolella szaboi*. The mass transport deposits are overlain by a less than 5 meters thick succession of thick bedded nodular reddish limestones. In the lower part of these nodular limestones appear following late Illyrian conodonts: *Gladigondolella tethydis*, *Neogondolella constricta*, *Paragondolella excelsa*, and *Paragondolella trammeri* (GAWLICK et al., 2018). The upper part of these reddish nodular limestones contains some red chert nodules. The occurrence of *Paragondolella excelsa*, *Paragondolella liebermanni* (KOVÁCS & KRYSŤYN), and *Paragondolella trammeri* indicate a latest Illyrian to earliest Fassinian age.

Vodena Poljana area

The Vodena Poljana area is a far travelled nappe from the outer shelf area on top of the East Bosnian-Durmitor megaunit (GAWLICK et al., 2017a, b). The Vodena Poljana nappe preserves a complete Middle Triassic to Middle Jurassic sedimentary succession: above the Middle Anisian Ravni Formation follows a late Anisian to late Norian complete Hallstatt Limestone succession (GAWLICK et al., 2017b). The Rhaetian to Early Jurassic part of the succession is not outcropping in the forest, only pieces of the spicula-rich early Jurassic part of the succession could be traced. The Bajocian to Oxfordian radiolarite contain from the late Bathonian onwards mass transport deposits and hundreds of meters big slide blocks, forming a typical sedimentary mélange (GAWLICK & MISSONI, 2019). The components and slide blocks consist of a reworked Middle and Late Triassic Hallstatt Limestone sequence and Early Jurassic dm-bedded grey marly siliceous limestones. The Hallstatt sequence of the Vodena Poljana nappe is characterized by a latest Illyrian to late Longobardian radiolarite interval and differs there-

fore from the reworked Hallstatt sequence in the Middle–Late Jurassic part of the succession. In the reworked Hallstatt Limestone succession a various coloured condensed limestone (Grauvioletter-Graugelber Bankkalk – Fig. 2) was deposited during the time span latest Illyrian to late Longobardian (GAWLICK et al., 2017a).

Here we focus on two typical Middle to Late Anisian sections preserved in the Vodena Poljana nappe (Mala Merica, Fig. 15) and preserved in a block in the Middle–Late Jurassic Pavlovića Čuprija Formation (Kršeljci quarry, Fig. 16).

Mala Merica

The Anisian drowning sequence (Fig. 15) is located near the peak Mala Merica (1517 m, section No. 7 on Fig. 1). The grey recrystallized shallow-water limestone of the upper Ravni Formation (Dedovići Member, Pelsonian) consists of microbial boundstones, and algae and foraminifera-bearing grainstones. In the topmost Dedovići Member occur microbreccias with matrix of a red silty mud (Fig. 16). The karstified surface gets also filled by “filament”-radiolarian bearing reddish biomicrite of the oldest Bulog Limestone (Fig. 16). This indicates emersion of the Ravni Formation and karstification. The deep-marine red nodular limestone succession starts around the Pelsonian/Illyrian boundary, i.e. after a gap in deposition. “Filament”- and radiolarian-rich wackestones, in cases rich in whole, isolated foraminifera (UROŠEVIĆ & SUDAR, 1992) are characteristic in the Illyrian. The biostratigraphic age around the Pelsonian/Illyrian boundary is proven by following conodont fauna near the base of the Bulog Limestone succession (conodont faunas from SUDAR, 1986 and GAWLICK et al., 2017a, revised): *Gladigondolella budurovi*, *Paragondolella bifurcata*, *Paragondolella hanbulogi*, and *Paragondolella praeszaboi*. Higher up appear *Gladigondolella tethydis*, *Neogondolella cornuta*, and *Paragondolella bifurcata*, indicating still an earliest Illyrian age. Upsection the Bulog Limestone get more and more condensed until a cephalopod layer was deposited. Conodont faunas improve an early to middle Illyrian age: *Neogondolella cornuta*, *Paragondolella excelsa*, and *Paragondolella hanbulogi*.

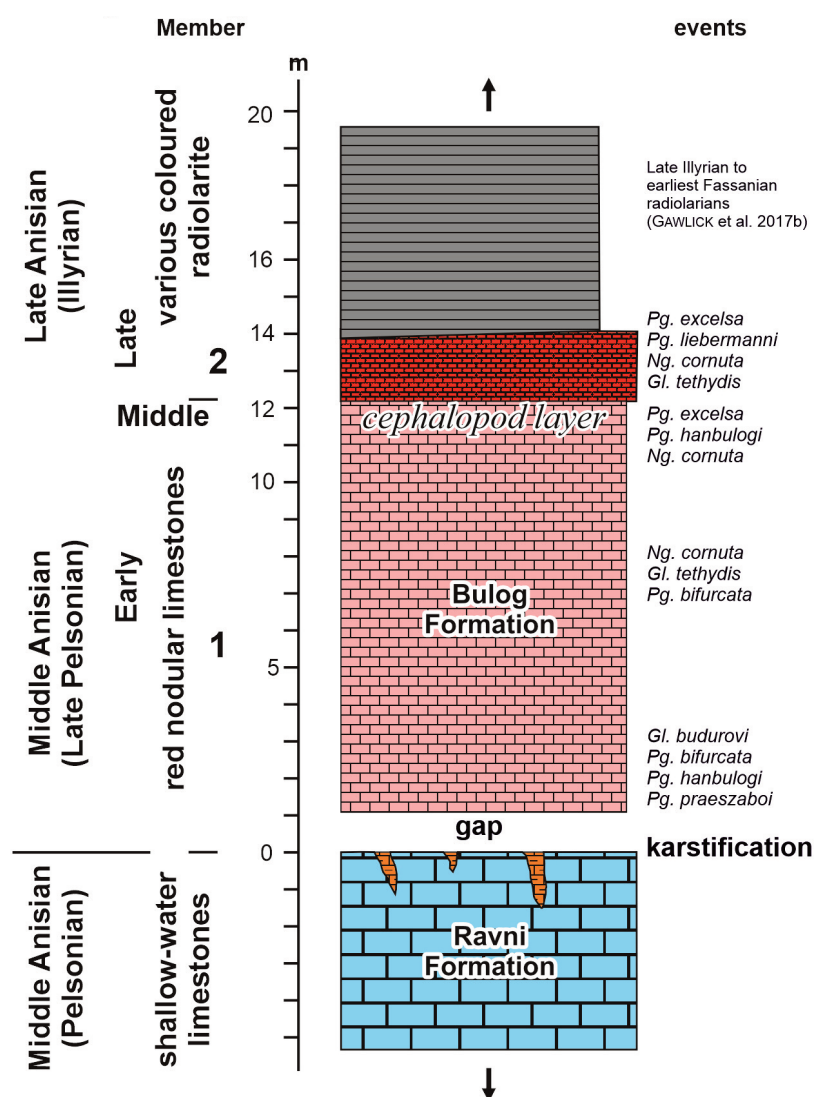


Fig. 15. Pelsonian to late Illyrian sedimentary succession of the Mala Merica peak region. Section and biostratigraphic ages were modified after SUDAR (1986). Conodonts from SUDAR (1986) and GAWLICK et al. (2017b). Revised conodont ages of the different parts of the section according to CHEN et al. (2015). Abbreviations for conodont genera: *Gl.*=*Gladigondolella*, *Ng.*=*Neogondolella*, *Pg.*=*Paragondolella*.

Сл. 15. Пелсонска до касно илирска седиментна сукцесија у региону врха Мала Мерица. Локалитет и биостратиграфске старости прилагођени према SUDAR (1986). Конодонти из SUDAR (1986) и GAWLICK et al. (2017b). Ревидиране конодонтске старости различитих делова локалитета према CHEN et al. (2015). Скраћенице конодонтских родова су дате у енглеском тексту слике.

After the cephalopod layer red nodular and condensed slightly siliceous red limestones were deposited, which shows an increasing deepening trend. Radiolarians dominate the microfacies (Fig. 16). Their age is late Illyrian on base of following conodont fauna: *Gladigondolella tethydis*, *Neogondolella cornuta*, *Paragondolella excelsa* and *Para-*

gondolella liebermanni. Upsection follow reddish-grey, reddish-violet to red radiolarites of late Illyrian to earliest Fassanian age (GAWLICK et al., 2017a). Occasionally occurs in the lower part of the Illyrian radiolaritic succession greenish silicified claystone, which originated from volcanic ashes.

Kršeljci quarry

This short Pelsonian section (Fig. 17) is preserved in a block in the Hallstatt (Zlatar) Mélange of Vodena Poljana and is located on the crossing of the main road from Nova Varoš to Aljinovići and the local road to the mountain house, monastery and church (St. Kozma and Damjan) on the Vodena Poljana and later to the Monastery Mileševa (Prijepolje town) (N 43°24'16.3" E 19°50'40,8"; section No. 6 on Fig. 1). The new quarry on the eastern side of the main road (Fig. 17) exploit predominantly karstified limestones of the Ravni Formation which are crosscut by neptunian dikes filled with red limestones of the Bulog Formation. Some red limestones in the neptunian dikes contain brachiopods, bivalves and crinoids. Their age is on base of the conodonts *Nicoraella kockeli* and *Paragondolella bifurcata* late Pelsonian. The uppermost Ravni Formation consists of heterogeneous grainstones (Fig. 18) and microbial limestones. The late Pelsonian Bulog Limestone neptunian dike infilling are wackestones with thin-shelled bivalves, radiolaria and gastropods (Fig. 18).

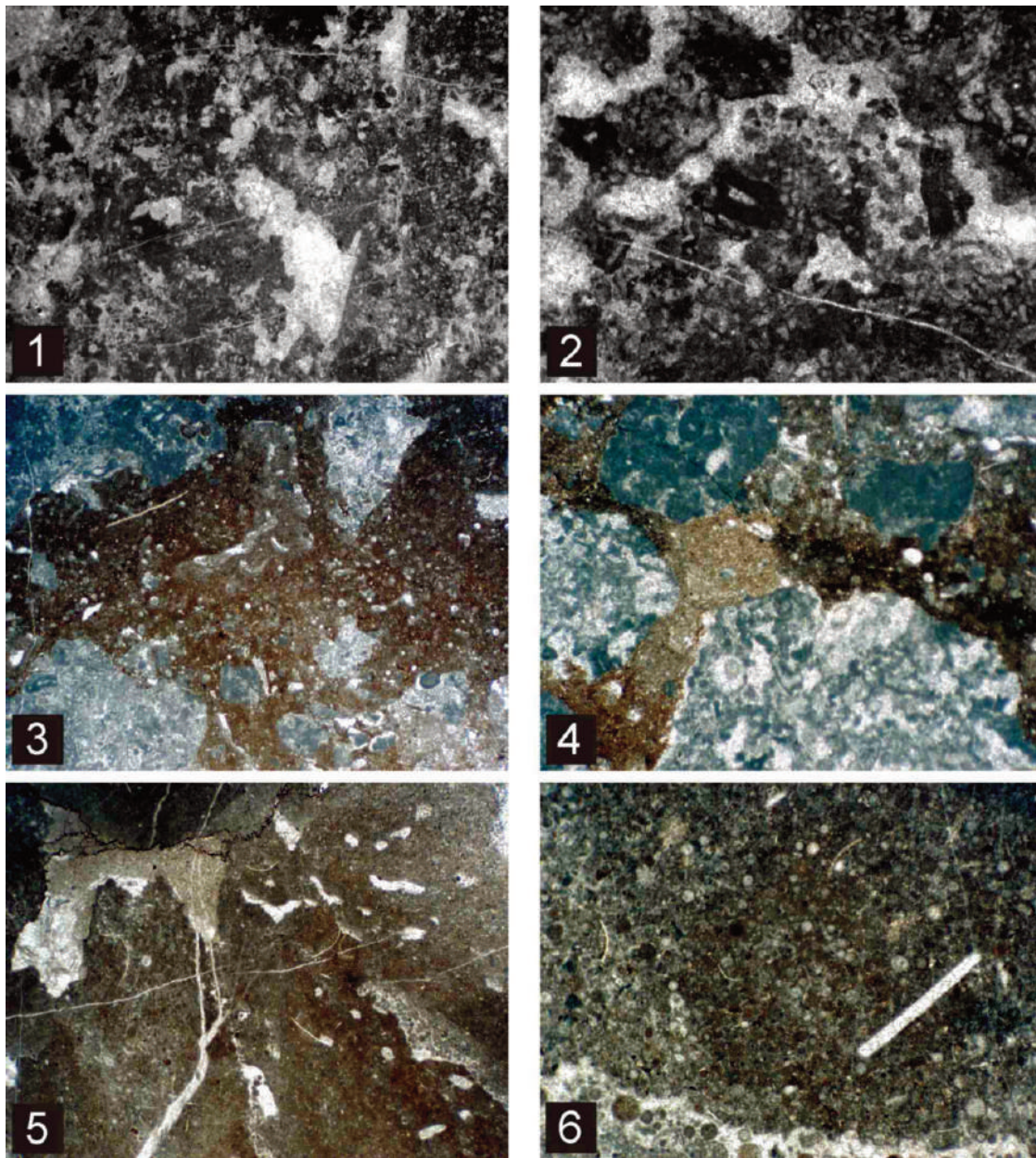


Fig. 16. Microfacies of the Pelsonian to Illyrian sedimentary succession of the Mala Merica peak in the southern Vodena Poljana area. **1.** Microbial Ravni Formation with few shell fragments and peloidal grains. Sample SRB 317. Width of the photo: 1.4 cm. **2.** Grainstone with aggregate grains and *Tubiphytes* sp. Sample SRB 321. Width of the photo: 0.5 cm. **3.** Topmost part of the Ravni Formation. The matrix between the Ravni Formation components contains radiolaria and thin-shelled bivalves. Sample SRB 322-1. Width of the photo: 1.5 cm. **4.** Topmost part of the Ravni Formation. Karst breccia with red silt and radiolaria-bearing Bulog biomicrite. Sample SRB 322-1. Width of the photo: 0.5 cm. **5.** Late Illyrian Bulog Limestone with cavities filled with calcite cement. The biomicrite contains a few thin-shelled bivalves and radiolaria. Sample SRB 319-2. Width of the photo: 1.5 cm. **6.** Late Illyrian packstone with predominantly radiolaria and few thin-shelled bivalves. Sample SRB 319-1. Width of the photo: 0.5 cm.

Сл. 16. Микрофаације пелсонске до илирске седиментне сукцесије врха Мала Мерица у области јужне Водене Пољане. **1.** Микробиал Формације Равни са неколико љуштурних фрагмената и пелоидних зрна. Проба SRB 317. **2.** Грејнстон са агрегатним зрнима и *Tubiphytes* sp. Проба SRB 321. **3.** Највиши део Формације Равни. Матрикс између компоненти Формације Равни садржи радиоларије и филаменте. Проба SRB 322-1. **4.** Највиши део Формације Равни. Карстна бреча са црвеним силтом и булошким биомикритом са радиоларијама. Проба SRB 322-1. **5.** Касно илирски Булошки кречњак са шупљинама запуњеним калцитским цементом. Биомикрит садржи неколико филамената и радиоларија. Проба SRB 319-2. **6.** Касно илирски пакстон са преовлађујућим радиоларијама и неколико "филамената". Проба SRB 319-1. Ширина фотографија: 0.5 cm (2, 4, 6), 1,4 cm (1) и 1,5 cm (3, 5)

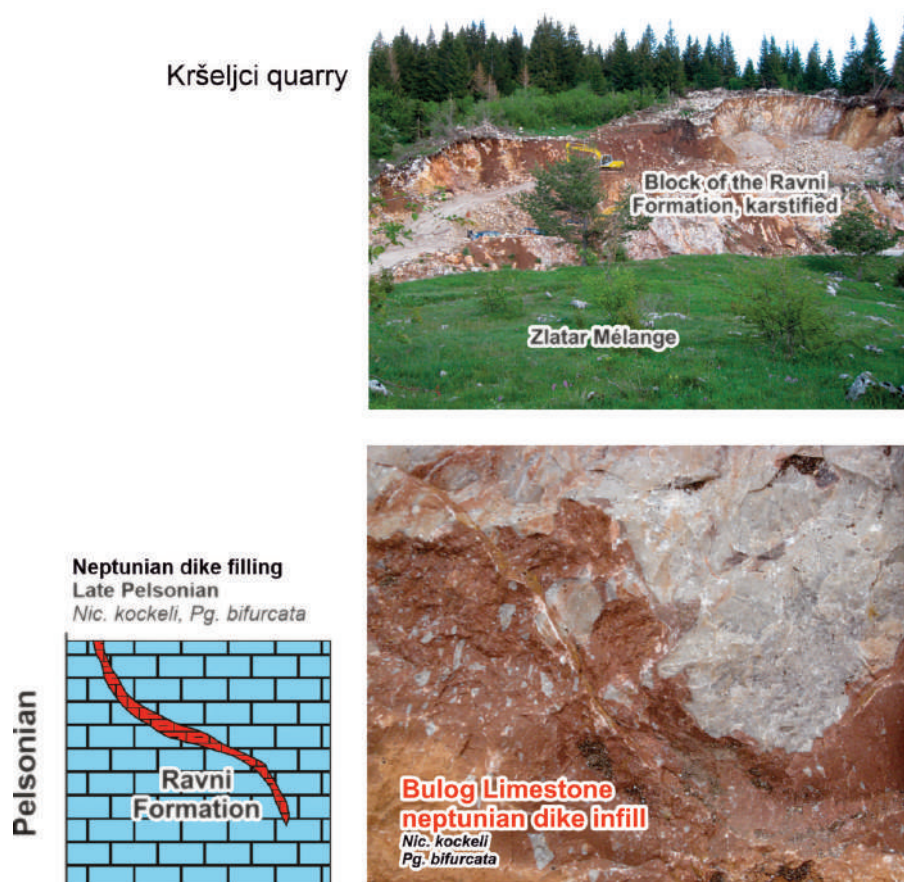


Fig. 17. Section Kršeljci quarry. In the block of the Kršeljci quarry, only the Pelsonian Ravni Formation with late Pelsonian neptunian dikes is preserved.

Сл. 17. Локалитет каменолом Кршељци. У једном блоку каменолома Кршељци само је сачувана пелсонска Формација Равни са касно пелсонским нептунским дајковима.

Pelsonian-Illyrian depositional history

All presented successions from the different mélanges below the obducted Dinaridic ophiolites start with the Pelsonian shallow-water limestones of the Ravni (Steinalm) Carbonate Ramp. During the Pelsonian the Ravni Formation was formed in the last stage before the final break-up of the Neo-Tethys Ocean. The depositional realm of the Ravni Formation was a shallow-marine warm-water (tropical/subtropical) epicontinental sea. The upper member of the Ravni Formation (Dedovići Member) shows according to the microfacies characteristics a continuous deepening trend indicating increasing subsidence, which could be counterbalanced by shallow-water carbonate production.

In the late Pelsonian began the drowning of this ramp with a relative abrupt change in the depositional conditions. The rapid decrease of

shallow-water carbonate production resulted in deposition of open-marine deep-water red nodular limestones on top of the Ravni Formation. This change in the environmental conditions resulted in a regional mass extinction and is caused by tectonic motions, expressed in the formation of a horst-and-graben topography and by the formation of fractures and neptunian dikes/fissures in the Ravni Formation filled with red micritic limestones containing open-marine deep-water organisms like conodonts and cephalopods. The age of the older neptunian dikes is late Pelsonian as proven by conodonts and therefore time equivalent to the oldest red nodular Bulog Limestones formed on top of the Ravni Formation. Contemporaneously various-sized rock fragments mobilized at the newly formed

escarpments and were transported in the newly formed grabens and deposited near the flanks of these escarpments forming breccias. The component spectrum of these mass transport deposits is relatively homogenous, only components of the Ravni Formation could be determined. The matrix consists of the red biomicrite of the Bulog Limestone and is of late Pelsonian to earliest Illyrian age. Some of the newly formed horst structures emerged, here the Ravni Formation karstified. Other horsts remain under the sea-level and condensed red nodular limestones were deposited, in parts with hardgrounds and the formation of cephalopod-rich Fossilagerstätten. Also on the slopes and in the grabens/halfgrabens red nodular limestones were deposited. During the timespan late Pelsonian to middle Illyrian a general deepening trend in the Bulog Limestone successions can be recognized as well as increasing condensation.

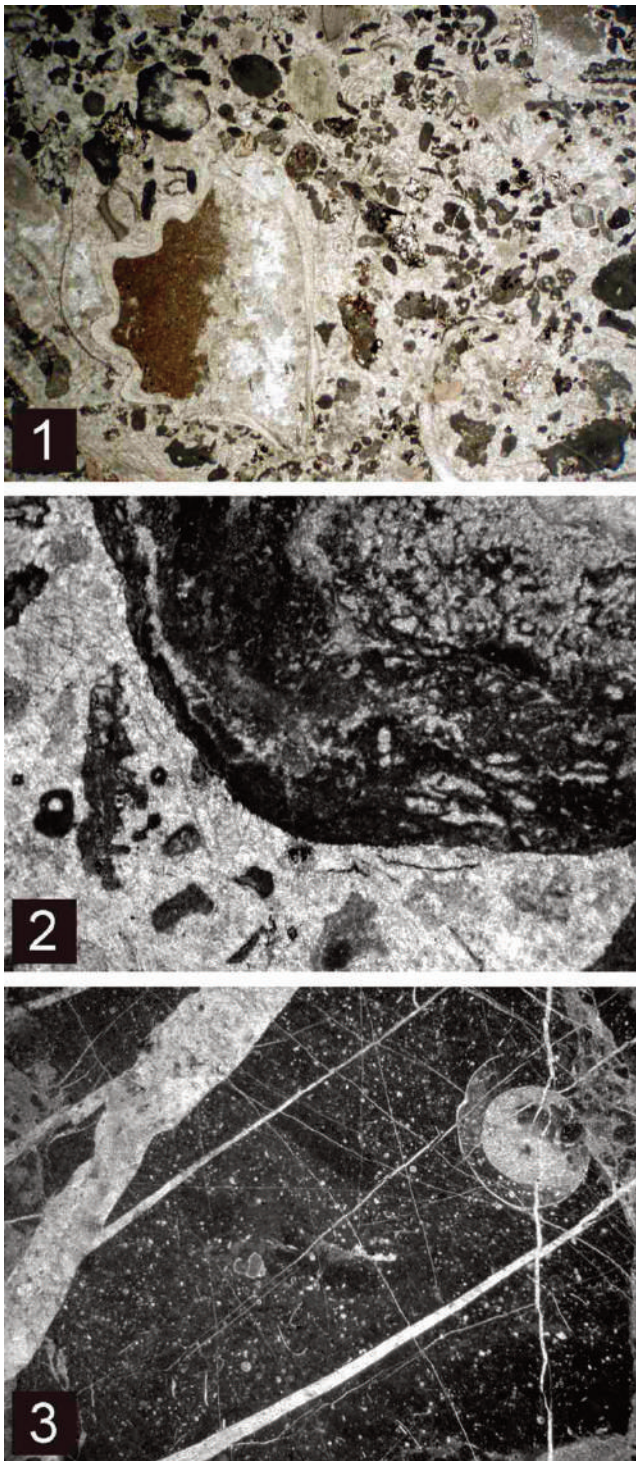


Fig. 18. Microfacies of the Ravni Formation and the late Pelsonian Bulog Limestone infillings from the Kršeljci quarry. **1.** Grainstone of the uppermost Ravni Formation with brachiopod shells, algae fragments, crinoids and few aggregate grains. The brachiopod shell is filled with the red mud of the lowermost Bulog Formation. Sample SRB 633-1. Width of the photo: 1.5 cm. **2.** Component with microbial incrusting in the uppermost Ravni Formation. Sample SRB 633-1. Width of the photo: 1.5 cm. **3.** Late Pelsonian ammonid-bearing wackestone with radiolaria, few thin-shelled bivalves and a gastropod. Sample SRB 633-2. Width of the photo: 1.5 cm.

Сл. 18. Микрофације Формације Равни и касно пелсонска испуњења Булошких кречњака локалитета каменолом Кршељци. **1.** Грејнстон из највише Формације Равни са љуштурама брахиопода, фрагментима алги, криноидима и неколико агрегатних зрна. Брахиоподна љуштура је испуњена црвеним мадом из најниже Формације Булог. Проба SRB 633-1. **2.** Компонента са микробиалном кором у највишој Формацији Равни. Проба SRB 633-1. **3.** Касно пелсонски векстон обогаћен амоноидима са радиоларијама, као и са неколико шкољака танких љуштура и гастроподом. Проба 633-2. Ширина фотографија 1.5 cm за све слике.

Illyrian Bulog Limestone in a late Illyrian reddish deep-marine biomicritic matrix.

These late Pelsonian/earliest Illyrian and late Illyrian breccia successions were for the first time described by SUDAR et al. (2013), but the two different events could not be distinguished during that time. Later, SUDAR & GAWLICK (2022) worked out the differences of these two different mass transport mobilization events and named them “Komarani Formation” (SUDAR et al., 2023b), but without exact definition according to the rules following the guidelines for stratigraphic nomenclature (SALVADOR, 1994; STEININGER & PILLER, 1999; REMANE et al., 2005).

During the late Illyrian tectonic motions also all emerged horsts get flooded and deposition of condensed red nodular limestones started. Furthermore, in the late Illyrian part of the succession volcanic ash layers or biotite grains indicate volcanic activity.

Discussion, concluding remarks and new questions

A deepening event in the Middle Anisian or around the middle/late Anisian boundary has been

A second pulse of tectonic motions around the middle/late Illyrian boundary resulted again in the formation of escarpments, mobilization of mass transport deposition, in parts tilting of the basin floor, and a deepening of the depositional realm. In these mass transport deposits appear beside components of the Ravni Formation also semilithified components of the late Pelsonian and early-middle

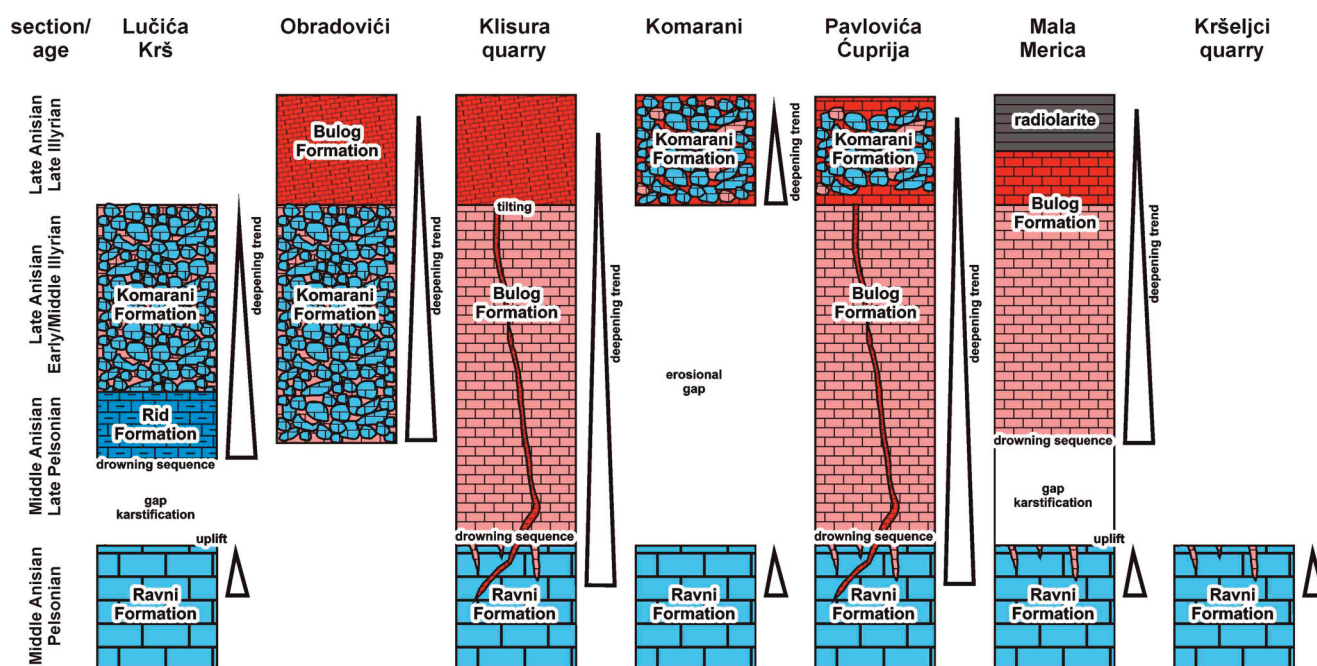


Fig. 19. Stratigraphic correlation, lithology, and depositional trend of the studied sections (see Figs. 1, 3). All sedimentary successions show a general deepening trend, starting in the Ravni Formation. Besides a continuous deepening throughout Pelsonian to Illyrian times two distinct rapid deepening events can be recognized. The first abrupt deepening event is the demise of the shallow-water Ravni Carbonate Ramp with its drowning sequence in the late Pelsonian. The second abrupt deepening event happened around the middle/late Illyrian boundary.

Сл. 19. Стратиграфска корелација, литологија и депозициони тренд истраживаних локалитета (види сл. 1, 3). Све седиментне сукцесије генерално теже продубљавању, које започиње у Формацији Равни. Поред непрекидног продубљавања кроз пелсон и илир могу да се препознају два упечатљива брза догађаја продубљавања. Први нагли догађај продубљавања је престанак постојања плитководне карбонатне рампе Равни са њеном потопљеном секвенцом у касном пелсону. Други изненадни догађај продубљавања догодио се око границе средњи/касни илир.

known for over a century in the Inner Dinarides, first based mainly on cephalopod faunas (see the list in MUDRENOVIĆ, 1982, 1995; MARIĆ et al., 1982) and later based also on conodont biostratigraphic age dating (SUDAR, 1986; GAWLICK et al., 2012, 2017b; SUDAR et al., 2013; SUDAR & GAWLICK, 2022; MRDAK et al., 2022a, b). In the late Pelsonian the rapid decrease of carbonate production resulted practically everywhere in the Western Tethys Realm in a drowning of the Ravni/Steinalm Carbonate Ramp (GAWLICK et al., 2021 and references therein). The formation of a horst-and-graben topography due to the oceanic break-up of the Neo-Tethys Ocean with its differentiated subsidence led either to a stratigraphic gap on top of the uplifted horsts, often characterized by karstification, or to deposition of variegated deep-marine and often condensed red limestones above the not-emerged shallow-water

limestones. These overlaying members are the Late Pelsonian to Illyrian red nodular limestones of the Bulog Formation and their lateral equivalents consisting of mass transport deposits with a red open marine deep-water limestone matrix.

Formation of late Pelsonian escarpments and mobilization of mass transport deposits with redeposition of the Pelsonian Ravni Formation (predominantly of the Dedovići Member) indicate that after the drowning of the Ravni Carbonate Ramp only a short time was needed to form a steep relief between the uplifted horsts and the grabens, and to mobilize on the escarpments material resulting in gravitationally driven redeposition. However, older components than the Ravni Formation could not be detected in most mass transport deposits. While the thickness of the Ravni Formation rarely exceeds 100 meters the newly formed relief between the horsts

and the grabens is limited therefore to a maximum of 100 meters. The second phase of escarpment formation in the late Illyrian crosscut the older horst-and-graben structures as documented by the sedimentary successions, indicating also an extensional regime, but differently directed.

The Pelsonian-Illyrian depositional history, here documented for the Triassic outer to central shelf area, reflects that the opening of the Neo-Tethys Ocean was a stepwise process and not an abrupt event around the Middle/Late Anisian boundary. Anyhow, the second – late Illyrian – phase of block tilting, neptunian dike and escarpment formation crosscutting the older structures is accompanied by the onset of an intense short-living volcanism in the proximal shelf area of the later Dinarides (eastern shelf of the wider Adria plate; compare SCHMID et al., 2008, 2020; GAWLICK & MISSONI, 2019), as recently exactly dated for the eastern part of the East Bosnian-Durmitor megaunit (Nova Varoš Group: GAWLICK et al., 2017b and references therein). In contrast, in the outer shelf area these volcanics are not intercalated in the Illyrian sedimentary successions, as demonstrated by this study. These points to the possible and probably more reliable interpretation, that these volcanics seem not to be related to the opening of the Neo-Tethys.

As a result of this study a new question arise, especially regarding the onset of intense volcanism around the middle/late Illyrian boundary, i.e. much later as the final oceanic break-up of the Neo-Tethys Ocean in the late Pelsonian. This is proven also by the oldest (early–middle Illyrian) radiolarite sequences deposited on the Neo-Tethys Ocean floor (CHIARI et al., 1996; GORIČAN et al., 2005, 2022; GAWLICK et al., 2008, 2016a and references therein; OZSVÁRT et al., 2012 and references therein). An early Illyrian volcanism, as recently proposed for the Outer (External) Dinarides in Croatia by SMIRČIĆ et al. (2018, 2020) cannot be confirmed: the FAD of *Pg. excelsa* is not early Illyrian (see CHEN et al., 2015) as shown for the sections Donje Pazarište, Zelovo, and Bosansko Grahovo by SMIRČIĆ et al. (2018). This is also proven on some sections (Donje Pazarište and Zelovo) by own conodont data from limestones below the volcanics (MISSONI et al., 2010), and radiolarian data from the overlying radiolarites in the

Donje Pazarište area which contain e.g., *Oertlispongius inaequispinosus* DUMITRICA, KOZUR & MOSTLER, *Cryptostephanidium cornigerum* DUMITRICA, and *Eptingium manfredi* DUMITRICA (= latest Illyrian-Fassanian). This improves also a volcanic event restricted to the late Illyrian in the Outer (External) Dinarides of Croatia and western Bosnia & Herzegovina, as dated in the eastern East Bosnian-Durmitor megaunit of SW Serbia (GAWLICK et al., 2017b).

In contrast to the oceanic domain, radiolarite deposition in the proximal to central shelf area of the Outer (External) Dinarides started later, i.e. around the middle/late Illyrian boundary (recalibrated conodont biostratigraphic age data according to CHEN et al., 2015; see GAWLICK et al., 2012; GAWLICK & MISSONI, 2015 and references therein). An onset of radiolarite deposition around the middle/late Illyrian boundary in the central shelf area of the Dinarides above the Bulog Limestone is proven e.g., in the High Karst nappe (recalibrated conodont biostratigraphic age data according to CHEN et al., 2015; see GAWLICK et al., 2012). In other cases, e.g., in the western East Bosnian-Durmitor megaunit the litho- and microfacies of the Bulog Limestone changes in the late Illyrian from from “filament”- and radiolarian-bearing limestones to siliceous radiolarian wackestones (MRDAK et al., 2022a, b), or late Illyrian to early Ladinian radiolarites overly basaltic volcanics, e.g., in the eastern East Bosnian-Durmitor megaunit below the Dinaridic ophiolite nappes (GAWLICK et al., 2017b). In the outer shelf area to the continental slope depositional realm radiolarite deposition started also late in the Illyrian, as proven for the Inner Dinarides (Fig. 14, GAWLICK et al., 2017a), the Northern Calcareous Alps (GAWLICK & MISSONI, 2015), the Pelső unit in Hungary (Bodvalenke: KOVÁCS et al., 1989; KOVÁCS, 2010), or the Meliata unit in Slovakia (KOZUR et al., 1996; MOCK et al., 1998). For some known sections a revision of the biostratigraphic ages of the conodont faunas of the limestones below the radiolarites is needed to fix the exact onset of radiolarite deposition in the outer shelf area of the Neo-Tethys passive continental margin (wider Adria plate). This implies that probably also a slight recalibration of the radiolarian biozones for the Late Anisian (KOZUR, 2003) is needed. However, the onset of radiolarite

deposition around the middle/late Illyrian boundary cannot be explained only by a simple sea-level rise (GIANOLLA & JACQUIN, 1998; HAQ, 2018).

Nevertheless, the Bulog tectonostratigraphic event in the Dinarides (= Reifling event in the Eastern Alps: SCHLAGER & SCHÖLLNERBERGER, 1974), i.e. the continental break-up and onset of the formation of oceanic crust in the Neo-Tethys Realm is one of the major tectonostratigraphic turnovers in the Mesozoic history in the Western Tethys Realm.

Acknowledgements

In the frame of the IGCP 710 “Western Tethys meets Eastern Tethys”. The research of M. SUDAR and D. JOVANOVIĆ were supported by the Serbian Academy of Sciences and Arts (projects F-12 and F-22), and by the Ministry of Education, Science and Technological Development of the Republic of Serbia (Project ON-176015). Multiple stays of H.-J. GAWLICK in Serbia were supported by the CEEPUS network CIII-RS-0038 (former CIII-RO-0038) and related field courses with various student groups and their critical questions improved our understanding of the Anisian geodynamic history of the Inner Dinarides. H. SUZUKI (Kyoto, Japan) determined the radiolarians from the Donje Pazarište area in Croatia. Careful reviews of ROMAN AUBRECHT (Bratislava) and VIKTOR KARÁDI-KAPILLER (Budapest) and their suggestions are gratefully acknowledged.

References

- AUBOUIN, J. 1973. Des tectoniques superposées et leur signification par rapport aux modèles géophysiques: l'exemple des Dinarides; paleotéctonique, tectonique, tarditectonique, neotéctonique. *Bulletin de la Société géologique de France, 7ème Série*, 15 (5–6): 426–460.
- BALINI, M., JURKOVŠEK, B. & KOLAR-JURKOVŠEK, T. 2006. New Ladinian Ammonoids from Mt. Svilaja (External Dinarides, Croatia). *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, 112 (3): 383–395.
- BECHSTÄDT, T., BRANDNER, R., MOSTLER, H. & SCHMIDT, K. 1978. Aborted rifting in the Triassic of the eastern and southern Alps. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen*, 156 (2): 157–178.
- BERRA, F. & CARMINATI E. 2010. Subsidence history from a backstripping analysis of the Permo-Triassic succession of the Central Southern Alps (Northern Italy). *Basin Research*, 22 (6): 952–975.
- BEŠIĆ, Z. 1945. Le faune du Trias moyen de Crveno Ždrijelo au planina Ljubišnja. *Glasnik državnog muzeja*, 5–19, Sarajevo (in Serbo-Croatian, French summary).
- BUKOWSKI, G. 1895. Cephalopodenfunde in dem Muschelkalk von Braia in Süddalmatien. *Verhandlungen der Kaiserliche-Königlichen Geologischen Reichsanstalt*, 319–324, Wien.
- CELARC, B., GORIČAN, Š. & KOLAR-JURKOVŠEK, T. 2013. Middle Triassic carbonate-platform break-up and formation of small-scale half-grabens (Julian and Kamnik-Savinja Alps, Slovenia). *Facies*, 59 (3): 583–610.
- ČELEBIĆ, Đ., 1964. Occurrence of Han Bulog Limestones in the Neighbourhood of Village Crkvine, NW Bosnia. *Geološki glasnik*, 9: 21–31, (in Serbo-Croatian, English summary).
- CHEN, Y., KRYSZYN, L., ORCHARD, M.J., LAI, X.-L. & RICHOS, S. 2015. A review of the evolution, biostratigraphy, provincialism and diversity of Middle and Late Triassic conodonts. *Papers in Palaeontology*, 2015: 1–29.
- CHIARI, M., MARCUCCI, M., CORTESE, G., ONDREJICKOVA, A. & CODRA, A. 1996. Triassic Radiolarian assemblages in the Rubik Area, and Cukali Zone, Albania. *Ofioliti*, 21 (1): 77–84.
- DIMITRIJEVIĆ, M.D. 1997. *Geology of Yugoslavia*. Geological Institute Gemini, Special Publications, 1–187, Belgrade.
- DIMITRIJEVIĆ, M.D. 2001. Dinarides and the Vardar Zone: a short review of the geology. *Acta Vulcanologica*, 13: 1–8.
- DIMITRIJEVIĆ, M.N. & DIMITRIJEVIĆ, M.D. 1991. Triassic carbonate platform of the Drina-Ivanjica element (Dinarides). *Acta Geologica Hungarica*, 34: 11–44.
- DIMITRIJEVIĆ, M.N., DIMITRIJEVIĆ, M.D., KARAMATA, S., SUDAR, M., GERZINA, N., KOVÁCS, S., DOSZTÁLY, L., GULÁCSI, Z., LESS, G. & PELIKÁN, P. 2003. Olistostrome/mélanges – an overview of the problems and preliminary comparison of such formations in Yugoslavia and NE Hungary. *Slovak Geological Magazine*, 9 (1): 3–21.
- ĐAKOVIĆ, M., GAWLICK, H.-J. & SUDAR, M. 2021. Early-Middle Jurassic stepwise deepening in the transitional facies belt between the Adriatic Carbonate Platform Basement and Neo-Tethys open shelf in northeastern

- Montenegro evidenced by new ammonoid data from the early Late Pliensbachian (Lavinianum Zone). *Geološki anali Balkanskoga poluostrva*, 82 (1): 1–25.
- FEIST-BURKHARDT, S., GÖTZ, A.S., SZULC, J., BORKHATARIA, R., GELUK, M., HAAS, J., HORNUNG, J., JORDAN, P., KEMPF, O., MICHALÍK, J., NAWROCKI, J., LUTZ, R., RICKEN, W., RÖHLING, H.G., RUFFER, W., TÖRÖK, Á. & ZÜHLKE, R. 2008. 13. Triassic. In: MC CANN T. (Ed.). *The Geology of Central Europe, vol. 2. Mesozoic and Cenozoic*, (Geological Society Book), London, 749–821.
- FISCHER, A.G. 1964. The Lofer cyclothems of the Alpine Triassic. In: MERRIAM, D.F. (Ed.). *Symposium on cyclic sedimentation*, Kansas Geological Survey Bulletin, 169: 107–149.
- FISCHER, R. & JACOBSHAGEN, V. 1976. Zur biostratigraphischen Gliederung südjugoslawischer Hallstätter Kalke. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen*, 151 (1): 31–57.
- FLÜGEL, E. 2004. *Microfacies of Carbonate Rocks. Analysis, Interpretation and Application*. Springer, 1–976, Berlin Heidelberg.
- FRISCH, W., MESCHÉDE, M. & BLAKEY, R.C. 2011. *Plate Tectonics – Continental Drift and Mountain Building*. Springer, 1st edition, 212 pp.
- GAWLICK, H.-J. & MISSONI, S. 2015. Middle Triassic radiolarite pebbles in the Middle Jurassic Hallstatt Mélange of the Eastern Alps: implications for Triassic–Jurassic geodynamic and paleogeographic reconstructions of the western Tethyan realm. *Facies*, 61 (13), DOI 10.1007/s10347-015-0439-3.
- GAWLICK, H.-J. & MISSONI, S. 2019. Middle-Late Jurassic sedimentary mélange formation related to ophiolite obduction in the Alpine-Carpathian-Dinaridic Mountain Range. *Gondwana Research*, 74: 144–172.
- GAWLICK, H.-J., LEIN, R. & BUCUR, I.I. 2021. Precursor extension to final Neo-Tethys break-up: foaming events and their significance for the correlation of shallow-water and deep-marine organisms (Anisian, Eastern Alps, Austria). *International Journal of Earth Sciences*, 110: 419–446.
- GAWLICK, H.-J., FRISCH, W., HOXHA, L., DUMITRICA, P., KRYSZYN, L., LEIN, R., MISSONI, S. & SCHLAGINTWEIT, F. 2008. Mirdita Zone ophiolites and associated sediments in Albania reveal Neotethys Ocean origin. *International Journal of Earth Science*, 97: 865–881.
- GAWLICK, H.-J., GORIČAN, Š., MISSONI, S., DUMITRICA, P., LEIN, R., FRISCH, W. & HOXHA, L. 2016a. Middle and Upper Triassic radiolarite components from the Kcira-Dushi-Komani ophiolitic mélange and their provenance (Mirdita Zone, Albania). *Revue de micropaleontology*, 59: 359–380.
- GAWLICK, H.-J., GORIČAN, S., MISSONI, S. & LEIN, R. 2012. Late Anisian platform drowning and radiolarite deposition as a consequence of the opening of the Neotethys Ocean (High Karst nappe, Montenegro). *Bulletin de la Société géologique de France*, 183 (4): 349–358.
- GAWLICK, H.-J., MISSONI, S., SUZUKI, H., SUDAR, M., LEIN, R. & JOVANOVIĆ, D. 2016b. Triassic radiolarite and carbonate components from the Jurassic ophiolitic mélange (Dinaridic Ophiolite Belt). *Swiss Journal of Geosciences*, 109 (3): 473–494.
- GAWLICK, H.-J., MISSONI, S., SUDAR, M.N., GORIČAN, Š., LEIN, R., STANZEL, A.I. & JOVANOVIĆ, D. 2017a. Open-marine Hallstatt Limestones reworked in the Jurassic Zlatar Mélange (SW Serbia): a contribution to understanding the orogenic evolution of the Inner Dinarides. *Facies*, 63: 29.
- GAWLICK, H.-J., SUDAR, M.N., MISSONI, S., SUZUKI, H., LEIN, R. & JOVANOVIĆ, D. 2017b. Triassic–Jurassic geodynamic history of the Dinaridic Ophiolite Belt (Inner Dinarides, SW Serbia). *Field Trip Guide, 13th Workshop on Alpine Geological Studies (Zlatibor, Serbia 2017)*, *Journal of Alpine Geology*, 55: 1–167.
- GAWLICK, H.-J., SUDAR, M.N., MISSONI, S., SUZUKI, H., LEIN, R. & JOVANOVIĆ, D. 2017c. The late Middle to early Late Jurassic overlooked Hallstatt Mélange (Pavlovića Ćuprija, Zlatar Mélange) in the Dinaridic Ophiolite Belt. In: ŠARIĆ, K., PRELEVIĆ, D., SUDAR, M. & CVETKOVIĆ, V. (Eds.). *EGU series: Émile Argand Conference - 13th Workshop on Alpine Geological Studies, September 7th–18th 2017, Zlatibor Mts. (Serbia)*, Abstract volume, p. 33, University of Belgrade, Faculty of Mining and Geology, Belgrade.
- GAWLICK, H.-J., SUDAR, M.N., MISSONI, S., SUZUKI, H., LEIN, R. & JOVANOVIĆ, D. 2017d. Late Middle to early Late Jurassic overlooked Hallstatt Mélanges (Zlatar Mélange) between the Drina–Ivanjica Unit in the east and the East Bosnian–Durmitor megaunit to the west in the Inner Dinarides (Dinaridic Ophiolite Belt, SW Serbia, Zlatar Mountain). *Jurassica XIII, Jurassic Geology of Tatra Mts.*, Abstracts and Field Trip Guidebook, (Poland, Kościelisko near Zakopane, June, 19th–23rd, 2017), 25–29, Polish Geological Institute, National Research Institute, Warsaw.

- GAWLICK H.-J., SUDAR M., MISSONI S., AUBRECHT A., SCHLAGINTWEIT F., JOVANOVIĆ D., MIKUŠ T. 2020. Formation of a Late Jurassic Carbonate Platform on top of the obducted Dinaridic ophiolites deduced from the analysis of carbonate pebbles and ophiolitic detritus in southwestern Serbia. *International Journal of Earth Sciences (Geol Rundsch)*, 109 (6): 2023-2048.
- GAWLICK, H.-J., MISSONI, S., SUDAR, M.N., SUZUKI, H., MÉRES Š., LEIN, R. & JOVANOVIĆ, D. 2018. The Jurassic Hallstatt Mélange of the Inner Dinarides (SW Serbia): implications for Triassic-Jurassic geodynamic and palaeogeographic reconstructions of the western Tethyan realm. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen*, 288 (1): 1–47.
- GIANOLLA, P. & JACQUIN, T. 1998. Triassic sequence stratigraphic framework of western European basins. In: GRACIANSKY, P.-C., HARDENBOL, J., JACQUIN, T & VAIL, P.R., (Eds). *Mesozoic and Cenozoic sequence stratigraphy of European basins*. SEPM Special Publication, 60: 643–650.
- GORIČAN, Š., ĐAKOVIĆ, M., BAUMGARTNER, P.O., GAWLICK, H.-J., CIFER T., DJERIĆ, N., HORVAT, A., KOCJANČIĆ, A., KUKOČ, D. & MRDAK, M. 2022. Mesozoic basins on the Adriatic continental margin – a cross-section through the Dinarides in Montenegro. *Folia biologica et geologica (ex Razprave IV. Razreda SAZU, Ljubljana)*, 63 (2): 85–150.
- GORIČAN, Š., HALAMIĆ, J., GRGASOVIĆ T. & KOLAR-JURKOVŠEK, T. 2005. Stratigraphic evolution of Triassic arc-backarc system in northwestern Croatia. *Bulletin de la Société géologique de France*, 176 (1): 3–22.
- GORJANOVIĆ-KRAMBERGER, C. 1896. Die Fauna des Muschelkalkes der Kuna gora bei Pregrad in Kroatien. *Verhandlungen der Kaiserlich-Königlichen Geologisch-En Reichsanstalt*, 201–205, Wien.
- GRUBIĆ, A. 1980. YUGOSLAVIA, An Outline of Geology og Yugoslavia, Excursions 201A-202C, *26th International Geological Congress, Paris, Guide-Book, Livret Guide*, 15: 5–49.
- HAAS, J., KOVÁCS, S., KARAMATA, S., SUDAR, M., GAWLICK, H.-J., GRADINARU, E., MELLO, J., POLÁK, M., PÉRO, Cs., OGORELEC, B. & BUSER, S. 2010. Jurassic environments in the Circum-Pannonian Region. In: VOZÁR, J., EBNER, F., VOZÁROVA, A., HAAS, J., KOVÁCS, S., SUDAR, M., BIELIK, M. & PÉRO, Cs. (Eds.). *Variscan and Alpine terranes of the Circum-Pannonian Region*, 157–202, Geological Institute, SAS, Bratislava.
- HANDY, M., SCHMID, S.M., BOUSQUET, R., KISSLING, E. & BERNOULLI, D. 2010. Reconciling plate-tectonic reconstructions of Alpine Tethys with the geological-geophysical record of spreading and subduction in the Alps. *Earth-Science Reviews*, 102: 121–158.
- HAQ, B.U. 2018. Triassic Eustatic Variations Reexamined, *GSA Today*, 28 (12): 4–9.
- HAUER, F.V. 1888. Die Cephalopoden des bosnischen Muschelkalkes von Han Bulog bei Sarajevo. *Denkschriften Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften. Mathematisch-naturwissenschaftliche Classe*, 54: 1–50.
- HAVRILA, M. 2011. Hronikum: paleogeografia a stratigrafia (vrchný pelsón-tuval), štrukturalizácia a stavba. *Geologické práce, Správy*, 117: 5–103.
- HIPS, K. 2007. Facies pattern of western Tethyan Middle Triassic black carbonates: The example of Gutenstein Formation in Silica Nappe, Carpathians, Hungary, and its correlation to formations of adjoining areas. *Sedimentary Geology*, 194 (1–2): 99–114.
- HIPS, K., HAAS, J., VIDÓ, M., BARNA, Zs., JOVANOVIĆ, D., SUDAR, M.N. & SIKLÓSY, Z. 2011. Selective blackening of bioclasts via mixing-zone aragonite neomorphism in Late Triassic limestone, Zlatibor Mountains, Serbia. *Sedimentology*, 58 (4): 854–877.
- JOVANOVIĆ, R. 1998. Basic characteristic of Lower Triassic Continental Red Beds of Western Serbia. *Geološki anali Balkanskoga poluostrva*, 62: 305–324 (in Serbian and English).
- KARÁDI, V., BUDAI, T., HAAS, J., VÖRÖS, A., PIROS, O., DUNKL, I. & TÓTH, E. 2022. Change from shallow to deep-water environment on an isolated carbonate platform in the Middle Triassic of the Transdanubian Range (Hungary). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 587, Paper: 110793, 16 p.
- KARAMATA, S. 2006. The geological development of the Balkan Peninsula related to the approach, collision and compression of Gondwanan and Eurasian units. In: ROBERTSON A.H.F. & MOUNTRAKIS D. (Eds.): *Tectonic Development of the Eastern Mediterranean Region*, Geological Society London Special Publications, 260: 155–178.
- KILIĆ, A.M. 2021. Anisian (Middle Triassic) Conodonts of the Kocaeli Triassic, Western Turkey. *Journal of Earth Science*. 32 (1): 616–632.
- KILIĆ, A.M., PLASENCIA, P., GUEx, J. & HIRSCH, F. 2017. Challenging Darwin: Evolution of Triassic conodonts and their struggle for life in a changing world. In:

- MONTENARI, M. (Ed.). *Stratigraphy and Timescales*, 2, Burlington, MA, USA, Academic Press, 333–389.
- KITTL, E. 1904. Geologie der Umgebung von Sarajevo. *Jarbuch der kaiserlich-königlichen Geologischen Reichsanstalt*, LIII Band, 1903: 515–748.
- KOSSMAT, F. 1924. Geologie der zentralen Balkanhalbinsel. Mit einer Übersicht des dinarischen Gebirgsbaus. In: J. WILSER (Hrsg.): *Die Kriegsschauplätze 1914–1918 geologisch dargestellt*, Heft 12: 1–198.
- KOVÁCS, S. 2010. Type section of the Triassic Bódvalenke Limestone Formation (Rudabánya Mts., NE Hungary) – the northwesternmost occurrence of a Neotethyan deep water facies. *Central European Geology*, 53: 121–133.
- KOVÁCS, S., LESS, G., PIROS, O., RÉTI, Z. & RÓTH, L. 1989. Triassic formations of the Aggtelek–Rudabánya Mountains (Northeastern Hungary). *Acta Geologica Hungarica*, 32: 31–63.
- KOVÁCS, S., SUDAR, M., GRADINARU, E., GAWLICK, H.-J., KARAMATA, S., HAAS, J., PÉRO, Cs., GAETANI, M., MELLO, J., POLÁK, M., ALJINOVIĆ, D., OGORELEC, B., KOLAR-JURKOVŠEK, T., JURKOVŠEK, B. & BUSER, S. 2011. Triassic Evolution of the Tectonostratigraphic Units of the Circum-Pannonian Region. *Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt*, 151 (3+4): 199–280.
- KOVÁCS, S., SUDAR, M., KARAMATA, S., HAAS, J., PÉRO, Cs., GRADINARU, E., GAWLICK, H.-J., GAETANI, M., MELLO, J., POLÁK, M., ALJINOVIĆ, D., OGORELEC, B., KOLAR-JURKOVŠEK, T., JURKOVŠEK, B. & BUSER, S. 2010. Triassic environments in the Circum-Pannonian Region related to the initial Neotethyan rifting stage. In: VOZÁR, J., EBNER, F., VOZÁROVA, A., HAAS, J., KOVÁCS, S., SUDAR, M., BIELIK, M. & PÉRO, Cs. (Eds.): *Variscan and Alpine terranes of the Circum-Pannonian Region*, 87–156, Slovak Academy of Sciences, Geological Institute, Bratislava.
- KOZUR, H. 2003. Integrated ammonoid-, conodont and radiolarian zonation of the Triassic. *Hallesches Jahrbuch für Geowissenschaften*, 25: 49–79.
- KOZUR, H., MOCK, R., OŽVOLDOVÁ, L. 1996. New biostratigraphic results in the Meliaticum in its type area around Meliata village (Slovakia) and their tectonic and paleogeographic significance. *Geologisch Paläontologische Mitteilungen Innsbruck*, 21: 89–121.
- KRZYSTYN, L. & SCHÖLLENBERGER, W. 1972. Die Hallstätter Trias des Salzkammergutes. In: *Exkursionsführer zur Tagung der Paläontologischen Gesellschaft in Graz 1972*, 61–106.
- KUKOČ, D., SMIRČIĆ, D., GRGASOVIĆ, T., HORVAT, M., BELAK, M., JAPUNDŽIĆ, D., KOLAR-JURKOVŠEK, T., ŠEGVIĆ, B., BADURINA, L., VUKOVSKI, M. & SLOVENEK, D. 2023. Biostratigraphy and facies description of Middle Triassic rift-related volcano-sedimentary successions at the junction of the Southern Alps and the Dinarides (NW Croatia). *International Journal of Earth Sciences (Geol. Rundsch)*, 112 (4): 1175–1201.
- LEIN, R. 1985. Das Mesozoikum der Nördlichen Kalkalpen als Beispiel eines gerichteten Sedimentationsverlaufes infolge fortschreitender Krustenausdünnung. *Archiv für Lagerstättenforschung*, (Geologische Bundesanstalt, Wien), 6: 117–128.
- LEIN, R. 1987: Evolution of the Northern Calcareous Alps during Triassic times. In: FLUGEL H.W. & FAUPL, P. (Eds.): *Geodynamics of the Eastern Alps*, (Franz Deuticke) Wien, 85–102.
- LJUBOVIĆ, D. 1976. Cefalopodi iz hanbuloškog krečnjaka Crvene Grede (Durmitor). [Cephalopodes des calcaires de Hanbulog de la region Crvena Greda (Durmitor)]. *Geološki anali Balkanskoga poluostrva*, 40: 201–211. (in Serbo-Croatian, French summary)
- MARIĆ, J., MUDRENOVIĆ, V. & VUJNOVIĆ, L., 1982. Development of Illyrian at the area of Romanija Mountain. *Zbornik radova (stratigrafija, paleontologija, petrologija, mineralogija, sedimentologija i tektonika, knjiga 1, X jubilarni Kongres geologa Jugoslavije Budva*, 57–71 (in Serbo-Croatian, English summary).
- MARTELLI, A. 1904. Cefalopodi triassici di Boljevici presso Vir nel Montenegro. *Palaeontographia Italica*, 10: 75–140.
- MARTELLI, A. 1906. Contributo al Muschelkalk superiore nel Montenegro. *Palaeontographia Italica, Memorie di paleontologia*, 12: 97–154.
- MIHAJLOVIĆ-PAVLOVIĆ, M. 1979. Contribution à la connaissance de la faune d'ammonites de Trias moyen à Zlatar (Sérbie occidentale). *Glasnik Prirodnjačkog muzeja Beograd*, 34: 97–117 (in Serbo-Croatian, French summary).
- MISSONI, S., GAWLICK, H.-J., SUDAR, M.N., JOVANOVIĆ, D. & LEIN, R. 2012. Onset and demise of the Wetterstein Carbonate Platform in the mélange areas of the Zlatibor Mountain (Sirogojno, SW Serbia). *Facies*, 58: 95–111.
- MISSONI, S., VELIĆ, I., GAWLICK, H.-J., TIŠLJAR, J. & VLAHOVIĆ, I. 2010. How many Middle Triassic carbonate platforms existed in the Outer Dinarides? New insights

- from the Velebit Mountain (Croatia). *Journal of Alpine Geology*, 52: 185–187.
- MITROVA, S.H. 1958. New localities of anisian fauna in the valley of the river Crni Drim. *Trudovi na geološki zavod na Narodna Republika Makedonija, Skopje*, 6 (1957–1958): 63–80 (in Serbo-Croatian, English summary).
- MITROVIĆ, I., UROŠEVIĆ, D., MITROVIĆ, J. & PAVLOVIĆ, M. 1972. Nef date of Triassic of the Uvac Canyon (Sandžak). *Zapisnici Srpskog geološkog društva za 1968., 1969. i 1970. godinu (Zbor 12. X 1970)*, 397–400, Beograd.
- MOCK, R., SÝKORA, M., AUBRECHT, R., OŽVALDOVÁ, L., KRONOME, B., REICHWALDER, R.P. & JABLONSKÝ, J. 1998. Petrology and Stratigraphy of the Meliaticum near the Meliata and Jaklovce villages, Slovakia. *Slovak Geological Magazine*, 4: 223–260.
- MOJSISOVICS, E.v. 1869. Über die Gliederung der oberen Triasbildungen der ostlichen Alpen. *Jahrbuch der Kaiserlich-Königlichen Geologischen Reichsanstalt*, 19: 91–150.
- MOJSISOVICS, E.v. 1882. Die Cephalopoden der mediterranen Triasprovinz. *Abhandlungen der Kaiserlich-Königlichen Geologischen Reichsanstalt*, 10: 1–322.
- MRDAK, M., ĐAKOVIĆ, M., ĐERIĆ, N., GAWLICK, H.-J. & SUDAR, M. 2022a. Middle-Late Anisian stepwise deepening as recorded in the Bulog Formation in the Seljani area, Montenegro. *18th Serbian Geological Congress “Geology solves the problems”, Divčibare, Book of Abstracts*, p. 182, Serbian Geological Society.
- MRDAK, M., GAWLICK, H.-J., ĐAKOVIĆ, ĐERIĆ, N. & SUDAR, M. 2022b. Drowning of the Ravni Carbonate Ramp and the overlying late Middle Anisian Bulog Formation in the Seljani area, Montenegro, Dinarides. In: RANTITSCH, G. & RATH, J.G. (Eds.): *PANGEA Austria 2022, Abstracts*, 10–14 September 2022, Leoben, *Berichte der Geologischen Bundesanstalt*, 143, p. 121.
- MUDRENOVIĆ, V. 1982. The Cephalopod fauna of the Illyrian in Yugoslavia. In: CÍMIL S. (gl. odg. ur.): *Zbornik radova, X jubilarni kongres geologa Jugoslavije Budva*, I: 175–191 (in Serbo-Croatian, English summary).
- MUDRENOVIĆ, V. 1995. Cephalopods from the Bulog limestones of Sirogojno. *Geološki anali Balkanskoga poluostrva*, 59 (2): 203–214.
- NIRRENGARTEN, M., MOHN, G., SAPIN, F., NIELSEN, C. & MCCARTHY, A. 2023. Architecture of Eastern Mediterranean sea rifted margins: observations and uncertainties on their Mesozoic evolutions. *International Journal of Earth Sciences*, 112 (2): 459–468.
- ORCHARD, M. 2010. Triassic conodonts and their role in stage boundary definition. In: LUCAS, S.G. (Ed.), *The Triassic timescale*. Journal of the geological Society of London, 334: 139–161.
- OZSVÁRT, P., DOSZTÁLY, L., MIGIROS, G., TSELEPIDIS, V. & KOVÁCS, S. 2012. New radiolarian biostratigraphic age constraints on Middle Triassic basalts and radiolarites from the Inner Hellenides (Northern Pindos and Othris Mountains, Northern Greece) and their implications for the geodynamic evolution of the early Mesozoic Neotethys. *International Journal of Earth Sciences*, (*Geol. Rundsch.*), 101: 1487–1501.
- PANTIĆ, S. & RAMPNOUX, J.-P. 1972. Concerning the Triassic in the Yugoslavian Inner Dinarids (Southern Serbia, Eastern Montenegro): Microfacies, Microfaunas, an attempt to give a paleogeographic reconstitution. *Mitteilungen Gesellschaft Geologie- Bergbaustudenten Österreich*, 21: 311–326.
- PETKOVIĆ, K. & MILETIĆ, O. 1953. Novo mesto nalaska srednjetrijske faune u oblasti Crmnice i njen paleontološki prikaz (Crna Gora) [Neuer Fundort der mitteltriadische Fauna im Crmnica Gebiet-Montenegro-und ihre paleontologische Vorstellung]. *Geološki anali Balkanskoga poluostrva*, 21: 1–14. (in Serbo-Croatian, German summary).
- PLASENCIA, P., KILIĆ, A.M., BAUD, A., SUDAR, M. & HIRSCH, F. 2018. The evolutionary trend of platform denticulation in Middle Triassic acuminate Gondolelloidae (Conodonta). *Turkish Journal of Zoology*, 42: 187–197.
- PORKOLÁB, K., KÖVÉR, SZ., BENKÓ ZS., HÉJA, G.H., FIALOWSKI, M., SOÓS, B., GERZINA SPAJIĆ, N., ĐERIĆ, N. & FODOR, L. 2019. Structural and geochronological constraints from the Drina-Ivanjica thrust sheet (Western Serbia): implications for the Cretaceous–Paleogene tectonics of the Internal Dinarides. *Swiss Journal of Geosciences*, 112: 217–234.
- PRLJ, N. & MUDRENOVIĆ, V. 1988. Middle Triassic ammonites from Pribudić (South Croatia, Yugoslavia). *Geološki vjesnik Zagreb*, 41: 15–24 (in Serbo-Croatian, English summary).
- RADOIČIĆ, R. 1989. Preplatform and first carbonate platform development stages in the Dinarides (Montenegro-Serbia sector, Yugoslavia). *Memorie de la Société géologique de Italie*, 40 (1987): 355–358.

- RADOIČIĆ, R. 1990. Review of Triassic facies of the Dinarides. *Bullettino della Società Geologica Italiana*, 109: 83–89.
- RAMPNOUX, J.-P. 1970. *Contribution à l'étude géologique des Dinarides: un secteur de la Serbie méridionale et du Monténégro oriental (Yougoslavie)*. Thèse, p. 1–514, Orléans, France.
- RAMPNOUX, J.-P. 1974. Contribution à l'étude géologique des Dinarides: Un secteur de la Serbie méridionale et du Monténégro oriental (Yougoslavie). *Memorie de la Société géologique de France*, 119: 1–99.
- REMANE, J., ADDATE, T., BERGER, J.-P., BURKHALTER, R., DALL'AGNOLO, S., DECROUEZ, D., FISHER, H., FUNK, H., FURRER, H., GRAF, H.-R., GOUVON, Y., HECKENDORN, W. & WINKLER, W. 2005. Richtlinien zur stratigraphischen Nomenklatur des Schweizerischen Komitee für Stratigraphie. *Eclogae geologicae Helveticae*, 98: 385–405.
- ROBERTSON, A.H.F. 2012. Late Palaeozoic-Cenozoic tectonic development of Greece and Albania in the context of alternative reconstructions of Tethys in the Eastern Mediterranean region. *International Geology Review*, 54: 373–454.
- SALOPEK, M., 1911. Über die Cephalopodenfaunen der mittleren Trias von Süddalmatien und Montenegro. *Abhandlungen der Kaiserlich-Königlichen Geologischen Reichsanstalt*, 16 (3): 1–44, Wien (in Croatian).
- SALOPEK, M., 1914a. O naslagama s okaminama kod Kunovac-vrela u Lici. *Prirodoslovna istraživanja Hrvatske i Slavonije, Jugoslavenska akademija znanosti i umjetnosti*, 4: 1–24, Zagreb (in Croatian).
- SALOPEK, M., 1914b. Die triadische Fauna von Kunovac vrela in der Lika. *Vijesti Geologijskog povjerenstva kraljevine Hrvatske i Slavonije*, 3–4 (1912–1913): 185–186, Zagreb. (in Croatian, German summary).
- SALOPEK, M., 1918. Monografija trijadičke cephalopodne faune Kuna-gore. *Prirodoslovna istraživanja Hrvatske i Slavonije, Jugoslavenska akademija znanosti i umjetnosti*, 13: 21–27 (in Croatian).
- SALVADOR, A. 1994. International Stratigraphic Guide (A Guide to Stratigraphic Classification, Terminology and Procedure). 2nd edition, 1–214, *International Union of Geological Sciences and Geological Society of America*, Boulder, Colorado.
- SCHLAGER, W. 2005. Carbonate Sedimentology and Sequence Stratigraphy. *SEMP Concepts in Sedimentology and Paleontology*, 8: 1–200.
- SCHLAGER, W. & SCHÖLLENBERGER, W. 1974. Das Prinzip der stratigraphischen Wenden in der Schichtfolge der Nördlichen Kalkalpen. *Mitteilungen der Österreichischen Geologischen Gesellschaft*, 66–67: 165–193.
- SCHMID, S.M., BERNOULLI, D., FÜGENSCHUH, B., MATENCO, L., SCHEFER, S., SCHUSTER, R., TISCHLER, M. & USTASZEWSKI, K. 2008. The Alpine-Carpathian-Dinaride-orogenic system: correlation and evolution of tectonic units. *Swiss Journal of Geosciences*, 101: 139–183.
- SCHMID, S.M., FÜGENSCHUH, B., KOUNOV, A., MATENCO, L., NIEVERGELT, P., OBERHANSLI, R., PLEUGER, J., SCHEFER, S., SCHUSTER, R., TOMLJENOVIC, B., USTASZEWSKI, K. & VAN HINSBERGEN, D.J.J. 2020. Tectonic units of the Alpine collision zone between Eastern Alps and western Turkey. *Gondwana Research*, 78, 308–374.
- ŠENGÖR, A.M.C. 1984. The Cimmeride Orogenic System and the Tectonics of Eurasia. *Geological Society of America Special Paper*, 195: 1–82.
- SMIRČIĆ, D., ALJINOVIĆ, D., BARUDŽIJA, U. & KOLAR-JURKOVŠEK, T. 2020. Middle Triassic syntectonic sedimentation and volcanic influence in the central part of the External Dinarides, Croatia (Veľebit Mts.). *Geological Quarterly*, 64 (1): 220–239.
- SMIRČIĆ, D., KOLAR-JURKOVŠEK, T., ALJINOVIĆ, D., BARUDŽIJA, U., JURKOVŠEK, B. & HRVATOVIĆ, H. 2018. Stratigraphic Definition and Correlation of Middle Triassic Volcaniclastic Facies in the External Dinarides: Croatia and Bosnia and Herzegovina. *Journal of Earth Science*, 29 (4): 864–878.
- STAMPFLI, G.M. & HOCHARD, C. 2009. Plate tectonics of the Alpine realms. In: MURPHY, J.B., KEPPIE, J.D. & HYNES, A.J. (Eds.) *Ancient Orogens and Modern Analogues*, Geological Society London, Special Publications, 327: 89–111.
- STAMPFLI, G.M. & KOZUR, H.W. 2006. Europe from Variscan to the Alpine cycles. In: GEE, D.G. & STEPHENSON, R.A. (Eds.) *Europaeen Lithosphere Dynamics*, Geological Society Memoir London, 32: 57–82.
- STEININGER, F.F. & PILLER, W.E. 1999. Empfehlungen (Richtlinien) zur Handhabung der stratigraphischen Nomenklatur. *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*, 209: 1–19
- SUDAR, M. 1982. Conodonts from Bulog Limestones of the Inner Dinarides in Yugoslavia and their biostratigraphic importance. *Geološki anali Balkanskoga poluostrva*, 46: 263–282 (in Serbo-Croatian, English summary).

- SUDAR, M. 1986. Triassic microfossils and biostratigraphy of the Inner Dinarides between Gučevo and Ljubišnja mts., Yugoslavia. *Geološki anali Balkanskoga poluostrva*, 50: 151–394 (in Serbo-Croatian, English summary).
- SUDAR, M.N. & BUDUROV, K.J. 1979. New Conodonts from the Triassic in Yugoslavia and Bulgaria. *Geologica Balcanica*, 9 (3): 47–52.
- SUDAR, M.N. & BUDUROV, K.J. 1983. Conodont Succession in the Illyrian of Pridvorica near Sarajevo (Inner Dinarides, Yugoslavia), *Radovi Geoinstituta*, 16 (1982): 179–182,
- SUDAR, M.N. & GAWLICK, H.-J. 2018. Emendation of the Grivska Formation in the type area (Dinaridic Ophiolite Belt, SW Serbia). *Geološki anali Balkanskoga poluostrva*, 79 (1): 1–19.
- SUDAR, M.N. & GAWLICK, H.-J. 2022. Bulog Formation or Bulog Group? New Insights in the Middle-Late Anisian Depositional History in the Dinarides. *Zbornik apstrakata (Book of abstracts), 18. Kongres geologa Srbije, "Geologija rešava probleme", (Divčibare, 01-04 jun 2022)*, str. 260 (srpski tekst), p. 261 (English text), Srpsko geološko društvo, Beograd.
- SUDAR, M., GAWLICK, H.-J., BUCUR, I.I., JOVANOVIĆ, D., MISSONI, S.† & LEIN, R. 2023a. From shallow-water carbonate ramp to hemipelagic deep-marine carbonate deposition: Part 2. Sirogojno (Klisura quarry) – the reference section of the Middle to Late Anisian Bulog sedimentary succession in the Inner Dinarides (SW Serbia), *Geološki anali Balkanskoga poluostrva*, 84 (2): 41–70. <https://doi.org/10.2298/GABP230403007S>
- SUDAR, M., GAWLICK, H.-J., BUCUR, I.I., JOVANOVIĆ, D., MISSONI, S.† & LEIN, R. 2023b. From shallow-water carbonate ramp to hemipelagic deep-marine carbonate deposition: Part 3. Lithostratigraphy and Formations of the Middle to Late Anisian Bulog sedimentary succession in the Inner Dinarides (SW Serbia and central Bosnia & Herzegovina). *Geološki anali Balkanskoga poluostrva*, 84 (2): 71–106. <https://doi.org/10.2298/GABP231117011S>
- SUDAR, M.N., GAWLICK, H.-J., LEIN, R., MISSONI, S., KOVÁCS, S.† & JOVANOVIĆ, D. 2013. Depositional environment, age and facies of the Middle Triassic Bulog and Rid formations in the Inner Dinarides (Zlatibor Mountain, SW Serbia): evidence for the Anisian break-up of the Neotethys Ocean. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen*, 269 (3): 291–320.
- SUDAR, M., GAWLICK, H.-J., MISSONI, S., SUZUKI, H., JOVANOVIĆ, D. & LEIN, R. 2010. The carbonate-clastic radiolaritic mélange of Pavlovica Cuprija: a key to solve the palaeogeography of the Hallstatt Limestones in the Zlatar Mountain (SW Serbia). PANGEO 2010, Extended Abstracts, *Journal of Alpine Geology*, 52: 53–57.
- SUCESS, E. 1888. Das Antlitz der Erde. II, IV + 704 pp. (F. Tempsky, Prag und Wien und G. Freytag, Leipzig), Prag, Wien, Leipzig.
- SUCESS, E. 1901. Abschieds-Verlesung. *Beitrage zur Palaeontologie und Geologie Gesellschaft Österreich-Ungarns und des Orient*, 14: 2–8.
- TOLLMANN, A. 1976. *Analyse des klassischen nordalpinen Mesozoikums. Stratigraphie, Fauna und Fazies der Nördlichen Kalkalpen*. (Franz Deuticke), Wien, 580 p
- TOLLMANN, A. 1985. *Geologie von Österreich. Ausserzentralalpiner Anteil*, (Franz Deuticke) Wien, Band 2, 710 p.,
- UROŠEVIĆ, D. & SUDAR, M. 1992. Anisian foraminifera of Merica (Zlatar Mountain, Western Serbia). *Geološki anali Balkanskoga poluostrva*, 56 (1): 211–235.
- VELLEDITS, F., LEIN, R., KRYSZYN, L., CSABA, P., PIROS, O. & BLAU, J. 2017. The Reifling event in the Northern Calcareous Alps and in the Aggtelek Mountains (Middle Triassic). *Földtany Közlöny*, 147 (1): 3–24 (in Hungary, English abstract).
- VINASSA DE REGNY, P.E. 1903. Fossili del Montenegro. I. Fauna dei calcari rossi e grigi del Sutorman. *Memorie della Reale Accademia delle Scienze dell'Istituto di Bologna*, V. 10: 447–471.
- VLAHOVIĆ, I., TIŠLJAR, J., VELIĆ, I. & MATIČEC, D. 2005. Evolution of the Adriatic Carbonate Platform: Paleogeography, main events and depositional dynamics. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 220: 333–360.
- VÖRÖS, A. (Ed.), BUDAI, T., KOVÁCS, S., LELKES, GY., PÁLFI, J., PIROS, O., SZABÓ, I. & SZENTE, I. 2003. The Pelsonian Substage on the Balaton Highland (Middle Triassic, Hungary). *Geologica Hungarica, Series Palaeontologica*, 55: 1–195.
- WENDT, J. 1971. Genese und Fauna submariner sedimentärer Spaltenfüllungen im mediterranen Jura. *Palaeontographica, Abteilung A*, 136: 122–192.
- WENDT, J. 1973. Cephalopod accumulations in the Middle Triassic Hallstatt-Limestone of Yugoslavia and Greece. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Monatshefte*, 10: 624–640.

- WENDT, J., 1988. Condensed carbonate sedimentation in the late Devonian of the eastern Anti-Atlas (Morocco). *Ecolgae Geologicae Helvetiae*, 81 (1): 155–173.
- ZÖHRER, O., GAWLICK, H.-J., PLES, G., SUDAR, M. & JOVANOVIĆ, D. 2021. Microfacies and biostratigraphy of an Upper Triassic Dachstein limestone fore-reef block in the Jurassic Sirogojno carbonate-clastic Mélange (Zlatibor Mt., SW Serbia). *Geološki anali Balkanskoga poluostrva*, 82 (1): 27–45.
- ŽIVKOVIĆ M., 1906/7. Geological formations, Mesozoic formations, Trissic. *Godišnji izveštaj užičke gimnazije. III*, Izdanje Užičke gimnazije, 14–18.
- ŽIVKOVIĆ M., 1931. Le Trias moyen de la montagne de Zlata. *Geološki anali Balkanskoga poluostrva*, 10 (2): 85–103.

Резиме

Од плитководне карбонатне рампе до хемипелашке дубоководне маринске карбонатне депозиције: Део 1. Основне карактеристике, микрофацијална и депозициона историја средњо до касно анизијске булошке седиментне сукцесије у Унутрашњим Динаридима (ЈЗ Србија)

У раду смо фокусирани на рано (средњи до касни анизик) отварање Неотетиса у смислу SUESS-a (1888, 1901) са његовом карактеристичном еволуцијом:

1. Грабен или стадијум рифта: најкаснији перм до средњи анизик – од крупнозрних силицикластичних седиментних стена, понегде са интеркалисаним евапоритима до плитко маринских епиконтиненталних карбонатних стена.

2. Еволуција пасивне маргине: касни средњи анизик до средња јура – од средњотријаских кондензованих отворено маринских дубоководних седиментних стена (кречњаци, радиоларити), често прослојених стенама које су везане за вулканизам до еволуције огромних карбонатних платформи у средњем тријасу, праћених раним до средњојурским пелашким платформним стадијумом, кога карактерише депозиција

кондензованих отворено маринских дубоководних седиментних стена (кречњака, радиоларита).

3. Стадијум активне маргине карактерише обдукција офиолита и касније издизање планина: средња до касна јура – формирање ровова у foreland басенима испуњеним седиментним меланжима од обдукованих офиолита и напредујућих насложених навлака током бајеса-оксфорда, касног оксфорда до формирања у титону плитководних платформи на врху обдукованих офиолита или фронтова (предњих делова) навлака и издизања планина и скидања кровних делова од титона надаље, формирајући нови рељеф и басенске испуне са ерозионим продуктима издижућих планинских венаца током ране креде.

Иако је историја раног отварања (северног) Неотетиса прилично добро разумљива, потребно је много детаља који недостају за детаљнију реконструкцију ране пасивне континенталне маргине. Осим тога, тачна реконструкција депозиционе историје средњег-касног анизика са дефинисањем формација које се могу картирати ће помоћи објашњењу тачне геометрије конфигурације ране пасивне маргине Неотетиса.

Анизијска геодинамичка еволуција западног домена Тетиса добро је забележена у седиментном запису Унутрашњих Динарида ЈЗ Србије. Потањање плитководне карбонатне Равни/Steinpaln рампе у касном пелсону (касном средњем анизику) одражава завршно океанско разламање Неотетиса и врло добро документује све источно медитеранске планинске венце: Динариде, јединице панонског домена, Западне Карпате, Јужне Алпе, и Источне Алпе, именоване свеобуватним рајнфлишким преокретом (догађајем). У свим регионима отварање Неотетиса се одразило кроз формирање хорст и грабен топографије на новоформираној северозападној и западној пасивној континенталној маргини Неотетиса.

У Динаридима свеобухватна средњо-касно анизијска геодинамичка еволуција са потањањем карбонатне рампе Равни и депозиција хемипелашке и често кондензоване дубоко морске Формације Булог изнад ње, добро је

документована пре више од 130 година. Датирање ове драматичне промене у геодинамичкој еволуцији дуго времена је практично било базирано само на амоноидним фаунама, које су се појављивале на бројним локалитетима као црвени нодуларни и кондензовани кречњаци у Динаридима бивше Југославије, већином лоцираним у Босни и Херцеговини, Црној Гори, Хрватској и Србији. Насупрот томе, у другим областима Динарида, углавном у Спољашњим Динаридима Хрватске и Словеније, као и у Јужним Алпима Словеније (Јулијски и Камнишко-Савињски Алпи) ови црвени нодуларни кречњаци практично нису нађени. Уместо њих, у овим областима су се депоновали сиви силициозни слојевити хемипелашки дубоко морски кречњаци, који су били тешки за датирање кроз време, јер су у њиховој фацији углавном недостајали амоноиди. Стање у Динаридима углавном се одражава на стање у Источним Алпима (Северни Кречњачки Алпи) где су хемипелашки дубоко морски црвени нодуларни кречњаци настајали широм старих спољашњих шелфних региона (Schreyeralm кречњак), и где су се сиви слојевити силициозни кречњаци депоновали више у средишњим шелфним областима.

Међутим, у средњем анизиду до у ладину дубоководне сукцесије као сукцесије Булошких кречњака са одредљивом фауном амонита су остале спорне. Због тога, већина локалитета нису могла да буду тачно датирана и да њихова депозициона историја буде истраживана кроз време и простор. Ситуација се променила откада се конодонтска фауна могла да користи као замена за амоноиде.

Иако је и изучавано неколико сукцесија потањајуће секвенце карбонатне рампе Равни, њихова детаљна и свеобухватна изучавања која су базирана на микрофацијалним анализама и која су корелисана са тачним биостратиграфским датирањем старости да би се детаљно документовала пелсонско-илирска депозициона историја хемипелашких дубоководних црвених нодуларних кречњака нису била спроведена у целисти, осим на неколико регионалних примера. Међутим, разрада разлика у депозиционој историји потањајуће секвенце резултовала је

детаљнијом тектонском и палеогеографском реконструкцијом ране шелфне геометрије западне пасивне континенталне маргине Неотетиса, али су остала отворена нека питања.

Поред тога, нове седиментолошке карактеристике секвенце потањања су се анализирале и по први пут су детаљно датиране. Ове вишефазне анизијске наслаге масеног транспорта покренуте су дуж ескарпмана узрокујући стварање хорст и грабен топографије, и постепено продубљавање депозиционог домена услед тектонских покрета и подизања нивоа мора. Истичемо такође, од средњо-касно анизијских делова тријаске седиментне сукцесије, анализу компонената са интегрисаним микрофацијалним и конодонтним датирањем облутака, блокова и њиховог матрикса. За ова изучавања од посебног је интереса Карбонатно-кластични меланж Сирогојна у региону планине Златибор и Златарски (Hallstatt) карбонатно-кластични радиоларијски Меланж у региону планине Златар у ЈЗ Србији. Истраживана област припада Источнобосанско-Дурмиторској мега јединици која је парааутохтона основа за навлаке дугог транспорта, меланже и офиолите.

Све присутне сукцесије из различитих меланжа испод обдукованих офиолита Динарида почињу са пелсонским плитководним кречњацима карбонатне рампе Равни (Steinalm). Током пелсона Формација Равни се формирала у последњој фази пре финалног разламања океана Неотетиса. Депозициони домен Формације Равни био је плитководно топло (тропско/суптропско) епиконтинентално море. Горњи члан Формације Равни (члан Дедовићи) према микрофацијалним карактеристикама указује на тренд континуалног продубљавања указујући на повећано потањање, које може бити у контратежи са плитководном карбонатном продукцијом.

У касном пелсону је почело потапање ове рампе са релативно нагом променом депозиционих услова. Брзо смањење плитководне карбонатне продукције резултовало је депозицијом отворено морских дубоководних црвених нодуларних кречњака на врху Формације Равни. Услед промене услова у депозиционој средини дошло је до регионалног изумирања врста уз

садејство тектонских покрета, изражених кроз формирање хорст и грабен топографије и формирање фрактура и нептунских дајкова/пуколина у Формацији Равни испуњених црвеним микритичним кречњацима, који садрже отворено маринске организме као што су конодонти и цефалоподи. Старост старијих нептунских дајкова је касни пелсон што је доказано конодонтима и према томе временски су еквивалентни са најстаријим црвеним нодуларним Булошким кречњацима формираним на врху Формације Равни. Истовремено брече покренуте са новоформираних ексарпмане су транспортване у ново формиране грабене и депоноване у близини бочних страна ових одсека. Спектар компонената ових наслага масеног транспорта је релативно хомоген, а само се компоненте Формације Равни могу детерминисати. Матрикс се састоји од црвеног биомикрита Булошког кречњака, а старости је касно пелсонске до најраније илирске. Неке од ових новоформираних хорстних структура су се издигле и ту је Формација Равни карстификована. Други хорстови остају испод морског нивоа и депонују се кондензовани црвени нодуларни кречњаци, понегде са хардграундима или се формира слој богат цефалоподима (Fossilagerstätten). Такође се на падинама и у грабенима/полуграбенима депонују црвени нодуларни кречњаци. У временском распону од касног пелсона до средњег илира општи тренд продубљавања у сукцесијама Булошких кречњака може се препознати такође као повећана кондензација.

Формирање касно пелсонских одсека и покретање наслага масеног транспорта са редепозицијом пелсонске Формације Равни (преовлађује члан Дедовићи) указује да је после потапања карбонатне рампе Равни било потребно само кратко време да се формира стрм рељеф између издижућих хорстова и грабена, и да се на одсецима покрене гравитационо вођена редепозиција. Међутим, старије компоненте Формације Равни не могу да се детектују. Док дебљина Формације Равни ретко прелази 100 метара, новоформирано рељеф између хорстова и грабена је лимитиран до максимума од 100 метара.

Други импулс (подстицај) тектонских покрета

око границе средњи/касни илир резултовао је поновним формирањем одсека, покретањем депозиције масеног транспорта, понегде нагињањем басенског дна, и продубљавањем депозиционог домена. У овим наслагама масеног транспорта се, поред компоненти Формације Равни, такође појављују и семилитификоване компоненте касно пелсонског и рано-средњоилирског Булошког кречњака у касно илирском црвенкастом дубоко морском биомикритском матриксу. Друга фаза стварања одсека у касном илиру пресекала је старије хорст и грабен структуре, као што је документовано седиментним сукцесијама, које такође указују на екстензионо ширење, али другачијег усмерења.

Током касног илира тектонски покрети су такође све издигнуте хорстове поплавили и започела је депозиција кондензованих црвених нодуларних кречњака. Поред тога, у касно илирском делу сукцесије слојеви са вулканском прашином или биотитским кластима указују на вулканску активност.

Пелсонско-илирска депозициона историја, овде документована у области тријаског спољашњег шелфа, потврђује да је отварање океана Неотетиса био постепен процес, а не нагао догађај око границе средњи/касни анизик. У сваком случају, друга – касно илирска фаза нагињања блока, нептунски дајк и формирање одсека, који су пресекали старије структуре, праћени су интензивним краткотрајним вулканизмом у проксималној шелфној области каснијих Динарида (источни шелф шире Адријске плоче), што је скоро тачно датирано за источни део Источнобосанско-Дурмиторске мега јединице (Група Нова Варош). Насупрот томе, у спољашњој шелфној области ови вулкани нису интеркалисани у илирске седиментне сукцесије, као што је демонстрирано у овим истраживањима. Ово указује на могућу интерпретацију јер изгледа да ови вулкани нису у вези са отварањем Неотетиса.

Као резултат ових изучавања, појавило се ново питање, посебно у погледу почетка интензивног вулканизма око границе средњи/касни илир, тј. много касније као завршно океанско разламање океана Неотетиса у касном

пелсону. То је такође доказано најстаријом (рани-средњи илир) радиоларитском секвенцом депонованом на океанској плочи Неотетиса. Рани илирски вулканизам, што је скоро предложено за Спољашње Динариде у Хрватској од стране SMIRČIĆ et al. (2018, 2020), не може бити потврђено: FAD врсте *Pg. excelsa* није рани илир (види СНЕН et al., 2015) као што је приказано на локалитетима Доње Пазариште, Зелово и Босанско Грахово од стране SMIRČIĆ et al. (2018). То је такође доказано на неким локалитетима (Доње Пазариште и Зелово) према датирању конодоната из кречњака испод вулканита (MISSONI et al., 2010), и радиоларијским одредбама из кровинских радиоларита из области Доње Пазариште где су нпр. присутни *Oertlispongia inaequispinosa*, *Cryptostephanidium cornigerum*, и *Eptingium manfredi* (= најкаснији илир-фасан). Ово поткрепљује такође вулкански догађај који је ограничен до касног илира у Спољашњим Динаридима Хрватске и западне Босне и Херцеговине, као што је датирано у источној Источнобосанско-Дурмиторској мега јединици ЈЗ Србије.

За разлику од океанског домена, радиоларитска депозиција је на проксималној до средишњој области шелфа Спољашњих Динарида почела касније, тј. око границе средњи/касни илир. Почетак радиоларитске депозиције око границе средњи/касни илир у средишњој шелфној области Динарида изнад Булошких кречњака је доказан, нпр. у Навлаци Високог карста. У другим случајевима, нпр. у западној Источнобосанско-Дурмиторској мега јединици лито- и микрофације Булошких кречњака промениле су се у касном илиру од кречњака богатим филаментима и радиоларијама до силициозних

радиоларијских векстона, или касно илирских до рано ладинских радиоларита преко којих су базалтни вулканити, који су нпр. у источној Источнобосанско-Дурмиторској мега јединици испод Динаридских офиолитских навлака. У спољашњој шелфној области до континенталној падини домен радиоларитске депозиције је почео такође касно у илиру, као што је доказано у Унутрашњим Динаридима (сл. 14, GAWLICK et al., 2017a), у Северним Кречњачким Алпима (GAWLICK & MISSONI, 2015), Pelso јединици у Мађарској (Bodvalenke: KOVÁCS et al., 1989; KOVÁCS, 2010), или у Мелиата јединици у Словачкој (KOZUR et al., 1996; MOSK et al., 1998). За неке познате локалитете ревизијом биостратиграфских одредби старости конодонте фауне кречњака испод радиоларита потребно је утврдити тачан почетак радиоларитске депозиције у спољашњој шелфној области пасивне континенталне маргине Неотетиса (шире Адријске плоче). То подразумева да је такође вероватно потребна поузданија рекалибрација тј. поновно подешавање радиоларијских биозона за касни анизик. Међутим, почетак радиоларитске депозиције око границе средњи/касни илир не може се објаснити само једноставним дизањем нивоа мора.

И поред тога, булошки тектоностратиграфски догађај у Динаридима (= Reifling догађај у Источним Алпима), тј. континентално разламање и почетак стварања океанске коре у домену Неотетиса је главни тектоностратиграфски преокрет у мезозојској историји у домену Западног Тетиса.

Manuscript received March 29, 2023

Revised manuscript accepted July 19, 2023