

Stratigraphy of the Krš Gradac section (SW Serbia)

RAJKA RADOIČIĆ¹, DIVNA JOVANOVIĆ² & MILAN SUDAR³

Abstract. In the Krš Gradac section (near to Sjenica, SW Serbia), a transition of a carbonate platform to basin facies are outcropped: Norian-lower Liassic shallow-water carbonates, middle Liassic-lower Dogger *Ammonitico Rosso* facies, and upper Bathonian into lowermost Cretaceous deep-water radiolarites in which the carbonate graded bed and mass flow layer are intercalated.

The presence of a lower Dogger condensed sequence with the Bajocian protoglobigerinid event was hitherto not evidenced.

It is documented that components of a graded bed are of extrabasinal (upper Triassic-lower Tithonian carbonate platform sediments) and intrabasinal (radiolarite, meta-andesite) origin, indicating a tectonic event not older than the early Tithonian. This tectonic event caused the fracturing of the carbonate platform, also partly basinal area. Consequently, the age of the graded bed is not older than the lower Tithonian.

In the uppermost radiolaritic sediments in the Krš Gradac section (?middle-upper Tithonian-lowermost Cretaceous), a mass flow layer appears, which contains clasts of intrabasinal origin – different radiolarites, siliceous radiolarian argillites (some of which are unconsolidated with washed radiolarians and sponge spicules in a ferruginous sediment), sandstone grains, etc. The mass flow event is estimated as Berriasian.

In the Krš Gradac radiolarite succession, the authors recognized two deep-water formations, an older one, upper Bathonian-lower Tithonian, between hardground (Dogger) and a graded bed, and a younger formation, which started with a graded bed. This formation, according to its stratigraphic position, corresponds to ?middle-upper Tithonian-lowermost Cretaceous.

Key words: stratigraphy, Jurassic-lower Cretaceous, carbonates, siliciclastites, condensed limestone sequence, graded carbonate bed, mass flow layer, Krš Gradac section, SW Serbia.

Апстракт. На локалитету Крш Градац откривена је сукцесија која обухвата прелаз од фазија карбонатне платформе до дубоководних басенских седимената: норичко-доњолијаских плитководних карбоната, седимената средњег лијаса-доњег догера *Ammonitico Rosso* фазије и дубоководних радиоларита (са уметнутим карбонатним градираним слојем и mass flow слојем) који су депоновани од горњег бата до у најстарију доњу креду.

Кондензована секвенца доњег догера са протоглобигеринидама до сада није била евидентирана.

Анализом компоненти градираног слоја документовано је присуство плитководних седимената карбонатне платформе од горњег тријаса до доњег титона, као и седимената интрабасенског порекла (радиоларити, метаандезити). Овакав састав градираног слоја указује на тектонски догађај који је проузроковао разарање карбонатне платформе, као и дела басенског ареала, а који није старији од горњег титона. У најмлађем делу радиоларита Крша Градца (?средњи-горњи титон – најнижа креда) евидентиран је mass flow слој који садржи интрабасенске класте – различите радиоларите, силицијске радиоларијске глинце (нпр. из неконсолидованих потичу испране радиоларије и спикеле спонгија, расуте у основном гвожђевином седименту). Овај слој се приписује беријасу.

У сукцесији радиоларита Крша Градца аутори препознају две дубоководне формације: старију, од горњег бата до доњег титона, између хардгрунда преко кондензоване доњодогерске секвенце и градираног слоја, и млађу, која почиње градираним слојем, а на основу стратиграфског положаја одговара временском интервалу ?средњи-горњи титон – најнижа доња креда.

Кључне речи: стратиграфија, јура-доња креда, карбонати, силицикласити, кондензована кречњачка секвенца, градирани карбонатни слој, mass flow слој, Крш Градац, ЈЗ Србија.

¹ Kralja Petra I 38, 11000 Belgrade, Serbia. E-mail: rradoicic@sezampro.rs

² Geological Institute of Serbia, Rovinjska 12, 11000 Belgrade, Serbia. E-mail: djdivna@gmail.com

³ Department of Palaeontology, Faculty of Mining and Geology, University of Belgrade, Kamenička 6, P.O. Box 162, 11000 Belgrade, Serbia. E-mail: sudar@eunet.rs

Introduction

The Krš Gradac section is well known in the geological literature of the SW part of Serbia. It, as one of the most well-exposed and interesting sections belonging to the older Mesozoic of the Dinarids of Serbia and has inspired geologists for many years, particularly because of the age determination of the traditional, known Diabase-Chert Formation of the Balkan Peninsula area.

Except two papers of HAMMER (1921), and PETKOVIĆ (1934) in which limestones from this locality were considered as Triassic in age, in the other numerous papers (ALBRECHT 1925; KOSSMAT 1924; LEDEBUR 1941; ĆIRIĆ 1954, 1984, 1996; RADOIČIĆ-BRSTINA 1956; RADOIČIĆ 1962; JOVANOVIĆ Ž. 1963; RAMPNOUX 1974; JOVANOVIĆ O. *et al.* 1979; GRUBIĆ 1980; LJUBOVIĆ-OBRADOVIĆ *et al.* 1998; *etc.*) different ages, based on ammonite and brachiopod fauna and microfossil associations, from upper Triassic to upper Liassic were assigned to these sediments. For the Liassic part of this section, the unformal name Krš pod Gradcem Formation was proposed (LJUBOVIĆ-OBRADOVIĆ *et al.* 1998; RADOVANOVIĆ *et al.* 2004).

During last 20 years, the radiolarian fauna from radiolarites and different siliceous rocks belonging to the upper part of Krš Gradac section was studied (DJERIĆ 2002; VISHNEVSKAYA *et al.* 2009; GAWLICK *et al.* 2009; unpublished data of Š. GORIČAN, L. DOSZTÁLY). According to the results of these studies, the age of Krš Gradac radiolarites was documented by different radiolarian assemblages as being from the upper Bathonian to the lower Tithonian.

The aim of this paper is to present the stratigraphy of the Krš Gradac section in regards to: a) the condensed limestone sequence (the lowermost part of the Dogger) for which no published data exists; b) the composition of the graded carbonate bed (which is not older than middle–upper Tithonian) and its significance and c) the presence of a mass flow layer of assumed Berriasian age. The paper is based on new investigations of the authors, including data of R. RADOIČIĆ, sampled in 1968, from the carbonate part of section, which is still lacking. In this manner, presenting data, especially those dealing with the condensed sequence, gives a more complex access to fill the lack of the stratigraphy of the area. The carbonate part of the Krš Gradac section was devastated during work on the road to the Jadovnik Mt. The destruction of the siliciclastics has continued to date because of stone exploitation for the construction of roads.

Geological setting

According to the last published geological map (Sheet Prijepolje 2, 1:50 000, RADOVANOVIĆ *et al.* 2004), ophiolite mélangé in the western and northwestern region of Sjenica is widely distributed. In the mélangé are em-

bedded blocks, olistoliths and slides of carbonate rocks, gabbros, pillow lavas, ultramafics, as well as some exotic granite. According to GAWLICK *et al.* 2009, one of these sedimentary bodies, below the Middle Jurassic mélangé, is the Krš Gradac tectonic slice (carbonates and radiolarites).

Krš Gradac section

The Krš Gradac section (Fig. 1; coordinates: x 4793454, y 7416424), is located on the western side of the road Sjenica–Nova Varoš, on the SW slope of the Gradac Hill. Generally, the geological column of this section consists of carbonatic and siliciclastic parts which are in tectonic contact with the mélangé.

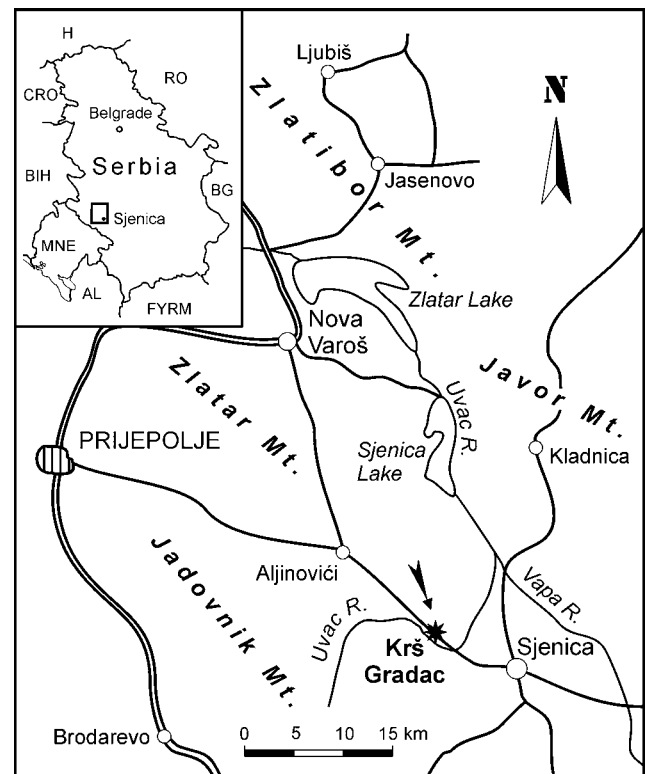


Fig. 1. Geographic position of the Krš Gradac section.

The oldest are massive limestones of upper Triassic age of the Dachstein type and lower Liassic shallow-water carbonates, then Middle Liassic–Lower Dogger *Ammonitico Rosso* and *Bositra*-protoglobigerinid facies which ends with hardground. The succession continues into middle Jurassic–lowermost Cretaceous radiolarites in which the middle part is intercalated with the graded bed and the mass flow layer in the upper part.

In this paper, in the stratigraphic column of the Krš Gradac section, only the middle Liassic–lowermost Cretaceous sediments, which are in five separated units (Fig. 2, units A–E) were studied.

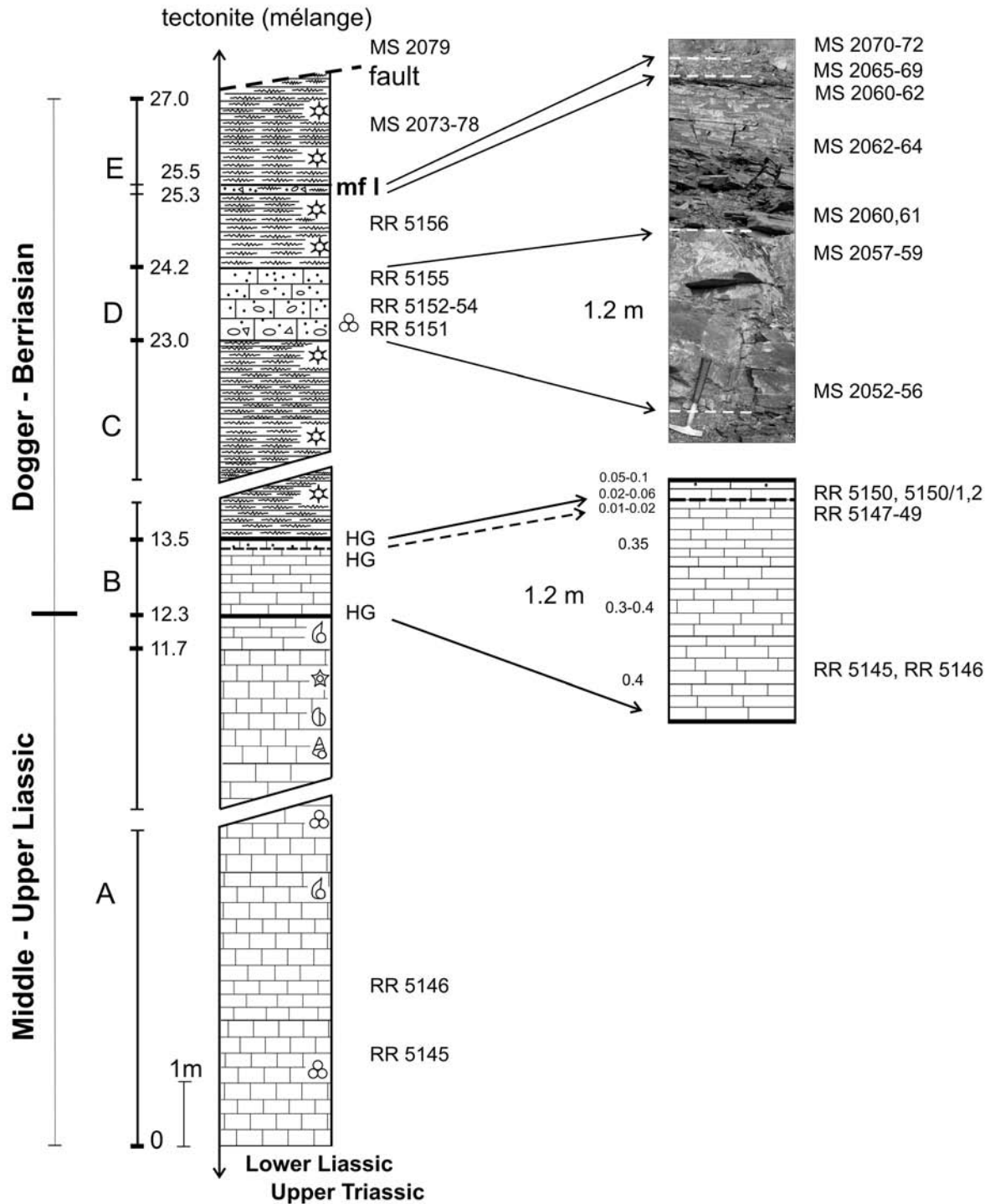


Fig. 2. Stratigraphic column of the Krš Gradac section (Abbreviations: mf I = mass flow layer; HG = hardground).

Unit A

The unit A, 12.3 m thick, is of Middle and Upper Liassic limestones of *Ammonitico Rosso* type facies.

In the lower part of unit A (facies with *Involutina liassica*), a little known brachiopod of the genus *Koninckella* is found (Pl. 6, Figs. 11, 12).

The unit ends with a 0.6 m thick, in upper part red-

dish wackestone, with middle Toarcian ammonites: *Hildoceras bifrons*, *Lithoceras septatum*, *Calliphyloceras capitanioides*, *Harpoceratoides strangewaysi* (ĆIRIĆ 1954; RAMPNOUX 1974), and a rich foraminiferal fauna – *Involutina liassica*, *Agerina martana*, *Ophthalmidium* cf. *macfadyeni*, *Trocholina* sp., then *Lingulina*, *Dentalina*, *Nodosaria* and other lagenids (RADOIČIĆ 1962). This bed is covered by thin hardground.

Unit B

The unit B is represented by a 1.2 m thick, condensed red limestones sequence made up of:

- 0.4 m reddish wackestone with scarce biota;
- 0.3–0.4 m reddish wackestone with rare fossils;
- 0.35 m, wackestone with rare ammonites and brachiopod embryos, mollusk fragments and minute echinoderm grains (Pl. 1, Fig. 1). This bed in the upper part passes into dark red, ferruginous pervaded wackestone with filaments debris (Pl. 1, Fig. 2), followed by thin hardground;
- 0.01–0.02 m dark red, ferruginous pervaded wackestone with a few ammonite embryos and rare filaments;
- 0.02–0.06 m pink limestones in which is clearly visible a minor discontinuity between (a) slightly deformed and altered wackestone with a rough surface containing irregularly dispersed *Bositra* fragments (Pl. 1, Figs. 3a, 4a), and overlying (b) packstone with mm laminae of more or less accumulated *Bositra* filaments or fragments, some ammonite embryos, a few microgastropods, numerous protoglobigerinids and rare minute *Spirillina* and *Ophthalmidium* (Pl. 1, Figs. 3b, 4b, and 5–7);
- 0.05–0.1 m, a very ferruginous dark red sediment with hardground.

The age of the condensed sequence is lower Dogger. Limestones, 1 m thick, between middle–?upper Toarcian and the Bajocian protoglobigerinids event, according to the stratigraphic position correspond to the Aalenian. The latest, uppermost part of the condensed sequence, a very ferruginous dark red sediment with hardground, which could be ?uppermost Bajocian–lower Bathonian, because it is overlain by upper Bathonian–Oxfordian radiolarites (VISHNEVSKAYA *et al.* 2009).

Unit C

Unit C, 9.5–10 m thick, is composed of red, green and dark radiolarites and cherts with intercalations of red radiolarian shales (Fig. 3). According to the available data based on radiolarian assemblages and UAZs (VISHNEVSKAYA *et al.* 2009) the age of this unit is upper Bathonian–Oxfordian.

Unit D

Unit D is represented by a 1.2 m thick graded carbonate bed (which laterally became thinner), intercalated in red radiolarite (Fig. 4a, Pl. 2, Figs. 1–6, Pl. 3, Figs. 1–3). The size of the grains vary from 1–10 mm, and decrease up into 0.02–0.06 mm in fine-grained, well-sorted calcarenite (Fig. 4b). Between the grains is rare sparite, at place ferruginous. The components of bed are mostly different shallow water carbonates, less present

are argillites, siliceous argillites, with more or less frequent radiolarians (some filled with chlorite), radiolaritic micrites, cherts, spongolites, *etc.*, and grains of magmatic rocks, such as meta-andesite. Quartz grains are rare.



Fig. 3. Siliciclastics of the western part of the Krš Gradac section. The arrows show the position of the graded bed (unit D).

The shallow-water carbonate grains are mostly wackestones. Some of them contain unspecified biogenic debris, others algae, foraminifera, or different bioclasts. Some grains are sparites-biosparites, or rare ooides. Recrystallized grains also occur. Numerous of these grains are of Upper Jurassic age and contain: *Clypeina jurassica*, *Salpingoporella* sp.; *Radiomura cautica* (Pl. 6, Figs. 1–9) and foraminifera *Protopenneroplis striata*, *Parurgonina caelinensis*, *Labyrinthina mirabilis*, *Mohlerina basiliensis*. A few grains can be ascribed to the Liassic. Grains of shallow water upper Triassic limestones are also present (Pl. 3, Fig. 3; Pl. 6, Fig. 10).

The uppermost part of the graded bed is calcarenite with sponge spicules (Pl. 3, Fig. 4).

The unit is not older than lower Tithonian, probably ?middle–upper Tithonian.

Unit E

The total thickness of unit E is 3.8 m. It commences with argillitic limestones, with laminae bearing sponge spicules and spongolite (Pl. 3, Figs. 5, 6), continues into parallel laminated red radiolaritic argillites and shales, shales with radiolarians, cherts, radiolaritic cherts (in some, laminae radiolarians are deformed, flattened, or calcified; Pl. 4, Figs. 1, 2). This part of unit E, below the flow mass layer is 1.1 m thick.

Upward the 0.07–0.2 m thick, loosely packed ferruginous **mass flow layer** occurs (Fig. 5; Pl. 4, Figs. 3–6, Pl. 5. Figs. 1–3), made predominantly of grains of dif-

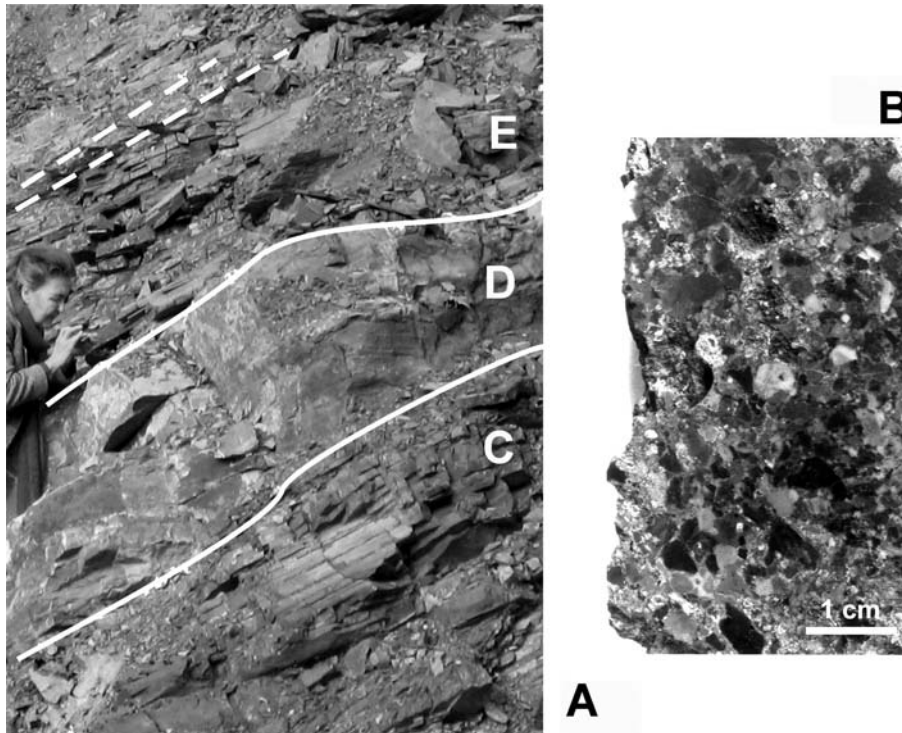


Fig. 4. **A**, Detailed view of the different units (C, D, E) from the Krš Gradac section; **B**, Polished sample from the basal part of the graded bed (horizontal section).

ferent radiolarites, argillites, radiolaritic argillites, unconsolidated and an unequally destroyed sediment with large radiolarians. They are partly washed, or washed and dispersed in ferruginous matter mixed with microcrystalline quartz. Grains of rare sandstone fragments are also present. The components of the flow mass layer are of intrabasinal origin, which indicates that the event resulted in intrabasinal destruction of a part of deep water sediments.



Fig. 5. Mass flow layer of unit E.

The studied stratigraphic column ends with 1.5 m thick argillitic and ferruginous cherts, radiolaritic cherts and radiolarites. Very interesting are radiolarians filled with chlorite or a bed disturbed in a semi-consolidated condition with rare grains of radiolaritic cherts, sand-

stones, carbonized radiolarites and radiolaritic cherts (Pl. 5, Figs. 4–6).

According to its stratigraphic position, unit E is not older than ?middle–upper Tithonian into the lowermost Cretaceous. The mass flow layer, presumed the consequence of intrabasinal activity, can be estimated as Berriasian.

The uppermost part of the radiolaritic sequence of unit E is followed by tectonite (mélange) in which cm–dm blocks of meta-andesite (sample MS 2079) are present.

Discussion

The lower part of the red condensed limestone sequence (unit B), between the middle (?partly upper) Toarcian and Bajocian protoglobigerinid layer, correspond to the ?latest Toarcian–Aalenian time interval. There is no discussion about to which part of the Bajocian the protoglobigerinid event could be ascribed. The top of the condensed sequence, *i.e.*, dark red sediments with hardground, partly ?Bathonian, is overlain by a red argillite-radiolarite succession. In this lower part of the sequence, the radiolarian assemblage of upper Bathonian to lower Callovian (co-existence of *Pterotrabs marculus* and *C. carpathica*) and the middle Callovian to Oxfordian (UAZz 8–9 with *Archaeodictyomitra minoensis*, *E. unumaense* sl. and *Z. ovum*) are documented (VISHNEVSKAYA *et al.*, 2009).

The components of the graded bed (unit D), according to data from this paper, are of extrabasinal and intrabasinal origin. The extrabasinal grains (upper Triassic–

–lower Tithonian) indicate deposition in carbonate platform/ramp environments (presently, not known *in situ* in large adjacent Dinaridic area). Subordinate are grains of intrabasinal origin, such as siliceous argillites, with or without radiolarians, radiolarites (some of them are ?Triassic), radiolarian micrites, cherts and magmatic rocks.

The mass flow layer, which occurs in unit E, contains different fragments of deep basinal sediments, including those of unconsolidated radiolarite. This indicates a ?latest Tithonian–Berriasian event which caused the destruction of a part of the deep basin sequence. The mass flow event is considered as Berriasian.

In the radiolarites from the lowermost parts of the unit E according to the former investigations (VISHNEVSKAYA *et al.* 2009) the youngest radiolarians of middle Oxfordian to early Tithonian age (UAZs 9–11 with the species *A. minoensis*, *Z. ovum* and *T. brevicostatum*) are documented.

The Krš Gradac section represents a typical transitional succession from a carbonate platform into a basin: the uppermost Triassic platform of Dachstein type is followed by Lower Liassic shallow-water carbonates. Furthermore, from the middle Liassic to Bajocian, an *Ammonitico Rosso* facies of a drowned platform and Bajocian *Bositra*-protoglobigerinid limestones were sedimented, which ends in a dark red sediment and hardground. Intensive basin deepening is characterized by sedimentation of deep basinal radiolarites through the late Bathonian into the earliest Cretaceous. The slow basin sedimentation was interrupted during the ?middle–upper Tithonian (carbonate graded bed), as a consequence of a tectonic event, *i.e.*, the fracture of the carbonate platform and also the adjacent area of the basin. This important tectonic event can not be older than ?latest Kimmeridgian–early Tithonian; consequently, unit E can not be older than the ?middle–upper Tithonian.

Siliciclastics over limestones in the upper part of Krš Gradac succession was considered mostly to be a part of the Diabase-Chert Formation, *i.e.*, volcanogeno-sedimentary series or an ophiolitic complex of different ages: Jurassic (ĆIRIĆ 1954), middle–upper Jurassic (JOVANOVIĆ 1963; ĆIRIĆ 1984, 1996) and Tithonian (JOVANOVIĆ *O. et al.* 1979; GRUBIĆ 1980), *etc.*

According to RAMPNOUX (1974), the breccia intercalations inside the siliciclastics (= in this text graded bed, unit D and mass flow layer in unit E) contain Liassic–Portlandian biota. Therefore, RAMPNOUX (*op. cit.*, p. 46) concluded that an important stratigraphic gap existed between the middle Toarcian with hardground and the volcanogeno-sedimentary formation, which was dated “au moins du Malm supérieur”. Consequently, the siliciclastics below the breccia intercalations, has also been ascribed to the upper Malm. Between the underlying limestones and the Diabase-Chert Formation, ĆIRIĆ (1984, 1996) observed certain discordances, which indicate some tectogenetic movements on the boundary between the Liassic–Dogger, *i.e.*, to the influence of the late Kimmerian phase in the Dinarides.

RADOVANOVIĆ *et al.* (2004) assigned the siliciclastics to one unformal Zlatar Formation of upper Triassic–Tithonian age. GAWLICK *et al.* (2009) treated them as a Middle to Upper Jurassic/?Lower Cretaceous part of the Upper Triassic–?Lower Cretaceous tectonic slice below the radiolaritic-ophiolitic mélange. Besides, the whole complex succession of Krš Gradac is interpreted as “a tectonic window or as a tectonically incorporated sliver scraped off the footwall due to younger tectonic shortening” (*op. cit.*, p. 299).

The authors of this paper, also did not include the mentioned siliciclastites into tectonite (mélange) and inside of them recognized two deep-water argillite-radiolaritic formations: an older, upper Bathonian–lower Tithonian (below the graded bed) and a younger, ?middle–upper Tithonian – lowermost Cretaceous, which commenced with the graded bed.

Supplementary note (R. RADOIČIĆ)

The distribution of the Liassic sediments of the proximal basinal facies (limestones with *Involutina farinacciae*) in the eastern Zlatibor Mt. (Drežnik) and Sjenica area (Vrelo) is a fact that should be mentioned.

Acknowledgements

The authors express their thanks to the anonymous reviewers for the critical comments and helpful suggestions. The research of D. JOVANOVIĆ and M. SUDAR was supported by the Ministry of Science and Technological Development of the Republic of Serbia, Project No. 146009.

References

- ALBRECHT, I. 1925. Paläontologische und stratigraphische Ergebnisse der Forschungsreise nach Westserbien. *Denkschriften der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Classe*, 99: 1–289.
- ĆIRIĆ, B. 1954. Einige Betrachtungen über die Diabas-Hornstein Formation der Dinariden. *Vesnik Zavoda za geološka i geofizička istraživanja NRS*, 11: 31–88 (in Serbo-Croatian, German summary).
- ĆIRIĆ, B. 1984. Complexe ophiolitique et formations comparables dans les Dinarides. *Rasprave Zavoda za geološka i geofizička istraživanja, Memoires*, 23: 1–44.
- ĆIRIĆ, B. 1996. *Geologija Srbije. Grada i razvoj zemljine kore*. 273 pp., Geokarta, Beograd (in Serbian).
- DJERIĆ, N. 2002. Jurassic radiolarians of the Dinaridic Ophiolite Belt between Nova Varoš and Sjenica (SW Serbia). Magistarska teza. Rudarsko-geološki fakultet, 73 str. (unpublished) (in Serbian, English abstract).
- GAWLICK, H.-J., SUDAR, M., SUZUKI, H., DJERIĆ, N., MISONI, S., LEIN, R. & JOVANOVIĆ, D. 2009. Upper Triassic and Middle Jurassic radiolarians from the ophiolitic mé-

- lange of the Dinaridic Ophiolite Belt, SW Serbia. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen*, 253 (2–3): 293–311.
- GRUBIĆ, A. 1980. Point No. 6-2. Locality: Krš Gradac near Sjenica (Excursion No. 201A). In: GRUBIĆ A. (ed.), YUGOSLAVIA. An Outline of Geology of Yugoslavia, Excursions 201_A-202_C. *26th International Geological Congress, Paris*, Guide-Book, Livret Guide No. 15: 66–67.
- HAMMER, W. 1921. Ergebnisse der geologischen Forschungsreisen in Westserbien. I. Die basischen Intrusivmassen in West-Serbien. II. Die Diabashornsteinschichten. *Denkschriften der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Classe*, 98.
- JOVANOVIĆ, O., NOVKOVIĆ, M. & ČANOVIĆ, M. 1979. Litho-bio-facial characteristics of Diabase-Chert Formation of the Sjenica Region. *Zbornik radova, IV godišnji znanstveni skup sekcije za primjenu geologije, geofizike i geokemije* (Stubličke Toplice, 9–12. 5. 1978) *Znanstveni savjet za naftu JAZU, Serija A*, 7: 147–154, Zagreb (in Serbo-Croatian, English summary).
- JOVANOVIĆ, Ž. 1963. Prilog poznavanju stratigrafskog položaja krečnjaka i dijabaz-rožnačke formacije Krša Gradca (Sjenica). *Zapisi Srpskog geološkog društva za 1960. i 1961. godinu* (Zbor 25. I 1962), 189–191 (in Serbian).
- KOSSMAT, FR. 1924. Geologie der zentralen Balkanhalbinsel. Mit einer Übersicht des dinarischen Gebirgsbaues. *Die Krieggsschauplätze 1914-1918 geol. dargestellt*. 12: 1–198.
- LEDEBUR, K.H. 1941. Stratigraphie und Tektonik Jugoslawiens zwischen Lim und Ibar. *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie, Abhandlungen* 85: 463–506.
- LJUBOVIĆ-OBRAĐOVIĆ, D., JOVANOVIĆ, D. & RADOVANOVIĆ, Z. 1998. New findings of Liassic limestones in SW Serbia (surrounding of Sjenica). *13. Kongres geologa Jugoslavije, knj. 2, Regionalna geologija, stratigrafija i paleontologija*: 175–183, CGD i SGDJ (in Serbian, English summary).
- PETKOVIĆ, K.V. 1934. Profil Krša pod Gradcem nedaleko od Sjenice i njegov značaj za odredbu starosti serije rožnaca i peščara oblasti Stare Raške. *Glas Srpske kraljevske akademije*, 152, 1. razred, 79, B. *Prirodne nauke*: 139–152 (in Serbian).
- RADOIČIĆ-BRSTINA, R. 1956. Les localités nouvelles du jura ancien dans les Dinarides. *Geološki glasnik*, 1: 91–113 (in Serbo-Croatian, French summary).
- RADOIČIĆ, R. 1962. Microfaune des calcaires du Lias supérieur du Monténégro du Nord, de Stara Raška et de Rožaj. *Vesnik Zavoda za geološka i geofizička istraživanja NRS, Serija A*, 20: 211–216 (in Serbo-Croatian, French summary).
- RADOVANOVIĆ, Z., NASTIĆ, V. & POPEVIĆ A. 2004. Geological map of Republic Serbia, 1:50 000, Sheet Prijepolje 2. Ministry of Science and Environment Protection, Directorate for the Environmental Protection, Belgrade.
- RAMPNOUX, J.P. 1974. Contribution à l'étude géologique des Dinarides; un secteur de la Serbie méridionale et du Monténégro oriental (Yougoslavie). *Memories de la Société géologique de France*, 119: 1–100.
- VISHNEVSKAYA, V.S., DJERIĆ, N. & ZAKARIADZE, G.S. 2009. New data on Mesozoic Radiolaria of Serbia and Bosnia, and implications for the age and evolution of oceanic rocks in the Central and Northern Balkans. *Lithos*, 108 (1–4): 72–105.

Резиме

Стратиграфија седимената локалитета Крша Градца (ЈЗ Србија)

Локалитет Крш Градац је добро познат у геолошкој литератури југозападнoг дела Србије. Као један од најбоље откривених и интересантних профила старијег мезозоика Динарида Србије, био је тема истраживања геолога и раније, нарочито са аспекта одређивања старости традиционално познате дијабаз-ројначке формације са простора Балканског полуострва. Налази се на западној страни пута Сјеница–Нова Варош и на југозападним падинама брда Градац. Геолошки стуб је састављен од карбонатних и силицикластичних делова који су у тектонском контакту са меланжом.

Најстарији седименти су масивни горњотријаски кречњаци дахштајнског типа и доњолијаски плитководни карбонати, после којих следе седименти средњолијаске–доњодогерске *Ammonitico Rosso* и *Bositra*-протоглобигеринидске фације који се завршавају hardground-ом. Сукцесија се продужава средњојурско–доњокредним радиоларитима у чији је средњи део уметнут градирани, а у виши mass flow слој.

У раду су у оквиру стратиграфског стуба локалитета Крш Градац проучавани само средњолијаско–најнижи делови доњокредних седимената и они су раздвојени у пет јединица.

Јединица А је дебела 12,3 m и чине је средњо и горњолијаски кречњаци фације типа *Ammonitico Rosso*. Јединицу В гради 1,2 m дебела секвенца црвених кречњака доњодогерске старости са три hardground-а. Црвени, зелени, тамносиви до скоро црни радиоларити и ројнаци са уметнутим црвеним радиоларитским шкриљцима сачињавају јединицу С дебелу 9,5–10 m; њена старост је горњи бат–оксфорд. Јединица D је представљена са 1,2 m дебелим градираним карбонатним слојем који је уложен у црвене радиоларите и са старошћу која није старија од доњег титона, а вероватно је ?доњи–горњи титон. Укупна дебљина силицикластита јединице E је 3,8 m, а у њеним средњим деловима налази се 0,07–0,2 m дебео mass flow слој. Сагласно стратиграфском положају јединица E није старија од ?средњег–горњег титона до у најнижу креду, а mass flow слој, узимајући у обзир последице активности унутар басена, може бити прихваћен као беријаски. Изнад највишег дела радиоларитске секвенце јединице E следи тектонит (меланж) са cm–dm блокови-ма метаандезита.

Доњи део црвене кондензоване кречњачке секвенце (јединица B), између средњег (?делимично горњег) тоарског и бајеског протоглобигеринид-

ског слоја одговара временском интервалу ?најкаснији тоарс–ален. У овом моменту не постоје аргументи којем делу бајеса би се могао приписати протоглобигеринидски догађај. Врх кондензоване секвенце, тј. тамно црвени седименти са hardground-ом, делимично ?батске старости је препокривен црвеном аргилитско–радиоларитском сукцесијом.

У доњем делу јединице С документоване су радиоларијске асоцијације горњег бата до доњег келовеја (заједничко појављивање *Pterotrabs marculus* и *C. carpathica*) као и средњег келовеја до оксфорда (UAZz 8–9 са *Archaeodictyomitra minoensis*, *E. unumaense* s.l. и *Z. ovum*) (VISHNEVSKAYA *et al.* 2009).

Компоненте градираног слоја (јединица D), на основу података из овог рада, су екстрабасенског и интрабасенског порекла. Екстрабасенска зрна (горњи тријас–доњи титон) указују на депоновање у амбијентима карбонатне платформе/рампе (данас непознате на месту у оквиру оближњих пространих Динаридских региона). Зрна интрабасенског порекла су силицијски аргилити, са или без радиоларија, радиоларити (неки од њих су ?тријаски), радиоларијски микрити, рожнаци и метаандезити.

Mass flow слој, из вишег дела јединице Е, садржи различите фрагменте дубоких басенских седимената, укључујући и оне од неконсолидованих радиоларита. Такође, он указује и на ?најкаснији титонско–беријаски догађај који је проузроковао разарање дела секвенце дубоког басена. Mass flow слој је разматран као беријаски.

Из радиоларита најнижих делова јединице Е досадашњим истраживањима (VISHNEVSKAYA *et al.* 2009) документоване су најмлађе радиоларије средњооксфордске до доњотитонске старости (UAZs 9–11 са врстама *A. minoensis*, *Z. ovum* и *T. brevicostatum*).

Седименти локалитета Крша Градца представљају типичну прелазну сукцесију од карбонатне платформе у басен: седименте највиших делова тријаске платформе дахштајнског типа следе доњолијаски плитководни карбонати. Касније, од средњег лијаса до бајеса, депоновали су се *Ammonitico Rosso* фација потопљене платформе и бајески *Bositra*–протоглобигеринидски кречњаци, који се завршавају са тамно црвеним седиментом и hardground-ом. Интензивно басенско потањање је окарактерисано седиментацијом дубоких басенских радиоларита кроз касни бат до у најранију креду. Лагана басенска седиментација била је прекинута у време

?средњи–горњи титон (карбонатни градирано слој), као последица тектонског догађаја, тј. разламања карбонатне платформе, а такође и околних области басена. Овај значајан тектонски догађај не може бити старији од ?најкаснијег кимерица–раног титона, тако да сагласно томе, јединица Е не може бити старија од ?средњег–горњег титона.

Силициклостити који се налазе изнад кречњака у горњем делу сукцесије Крша Градца углавном су сматрани као део дијабаз–ројначке формације, тј. вулканогено–седиментне серије или офиолитског комплекса различите старости: јурске (ЋIRIĆ 1954), средњо–горњојурске (JOVANOVIĆ 1963; ЋIRIĆ 1984, 1996), титонске (JOVANOVIĆ *et al.* 1979; GRUBIĆ 1980) итд.

RAMPNOUX (1974) наводи да уметнута бреча унутар силициклостита (у овом тексту то је градирано слој, јединица D) садржи микрофосиле лијаско–портландске старости. На основу тога RAMPNOUX (претходни цитат, стр. 46), закључује да постоји значајна стратиграфска празнина између средњег тоарса са hardground-ом и вулканогено–седиментне формације која је датирана “au moins du Malm supérieur”. Сагласно наведеном, силициклостити испод уметнуте брече, могу такође бити приписани горњем малму. Између подинских кречњака и дијабаз–ројначке формације ЋIRIĆ (1984, 1996) запажа благу дискорданцију која указује на одређене тектогенетске покрете на граници између лијаса и догера, тј. на утицај касно кимеријске фазе у Динаридима.

RADOVANOVIĆ *et al.* (2004) увршћују силициклостите у неформалну формацију Златара горњотријаско–титонске старости. GAWLICK *et al.* (2009) сматрају их средњо до горњојурским–доњокредним делом горњотријаско–?доњокредне тектонске слице испод радиоларитско–офиолитског меланжа. Поред тога, цела комплексна сукцесија Крша Градца је интерпретирана “as a tectonic window or as a tectonically incorporated sliver scraped off the footwall due to younger tectonic shortening” (претходни цитат, стр. 299).

Аутори овог рада, поменуте силициклостите такође не укључују у тектонит (меланж), и у оквиру њих разликују две дубоководне аргилитско–радиоларитске формације: старију, горњобатско–доњотитонску (испод градираног слоја) и млађу, ?средњо–горњотитонску – најнижу доњокредну, која почиње са градираним слојем.

PLATE 1

Figs. 1–7. Unit B, condensed sequence.

- 1–2. Sparse biomicrite with rare ammonite embryos and mollusk fragments: on Fig. 2 ferruginous matter pervades the upper part of the same bed, thin sections RR 5147, RR 5149, Aalenian–?Bajocian.
- 3–7. Thin sections RR 5150 and RR 5150/1 (sample 09150).
 - 3–4. a) slightly disturbed and altered wackestone with *Bositra* fragments forms a clear boundary (arrows) with b) packstone, with mm laminae of more or less accumulated *Bositra* filaments and numerous protoglobigerinids (see also Figs. 5–7), Bajocian.

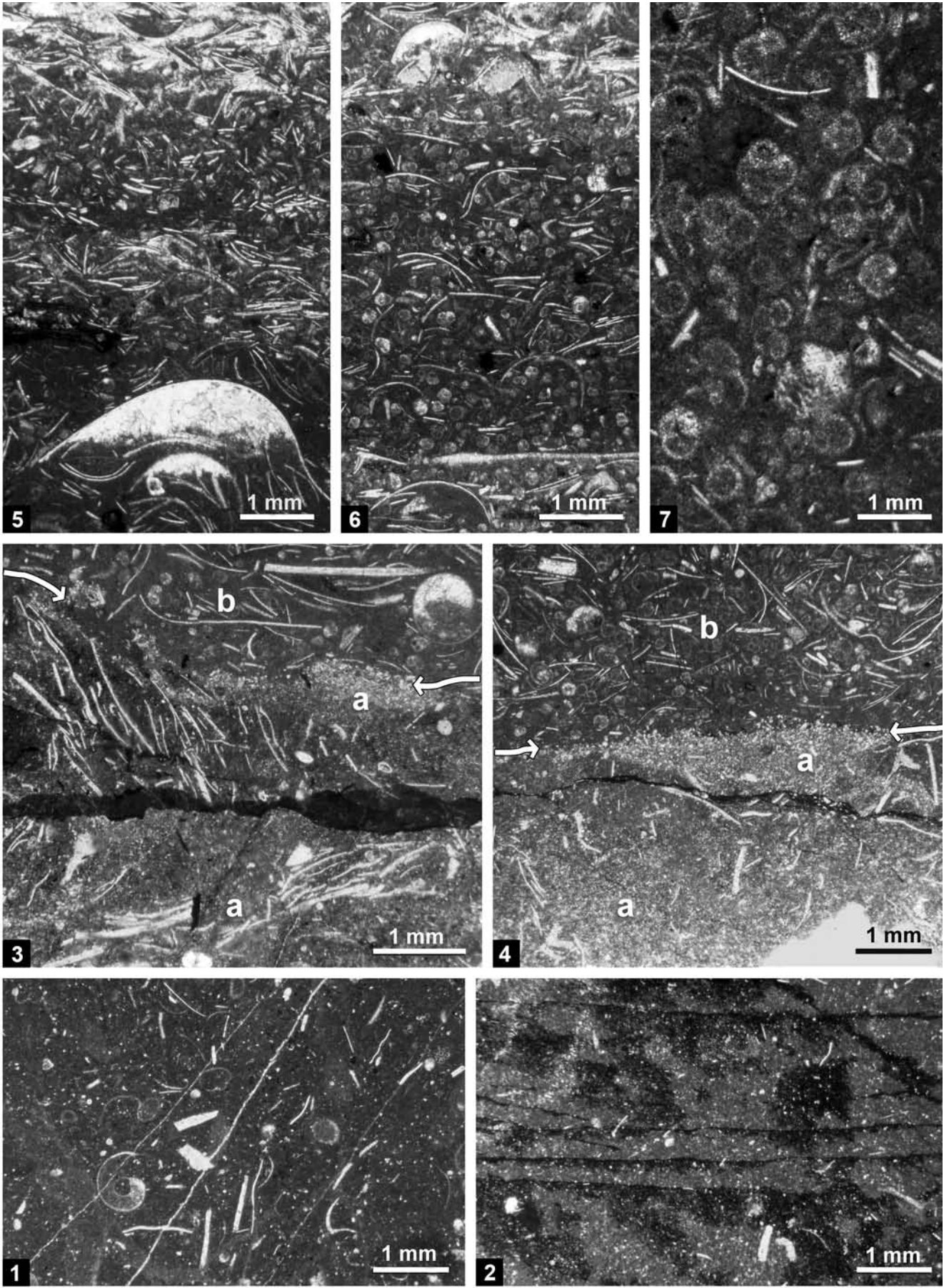


PLATE 2

- Figs. 1–2. **Contact between units C and D;** argillites with rare radiolarians and the basal part of the graded bed: authigenous quartz around or inside some micrite grains and crinoid fragment in Fig. 2, thin sections RR 5151/2, RR 5151/3.
- Figs. 3–6. **Unit D,** different components of the graded bed: grains of spongolite (S), argillite (A) and limestones with radiolarians (R); in Fig. 6, *Salpingoporella* sp., thin sections RR 5151/2, RR 5153, RR 5153/1 and MS 2059.

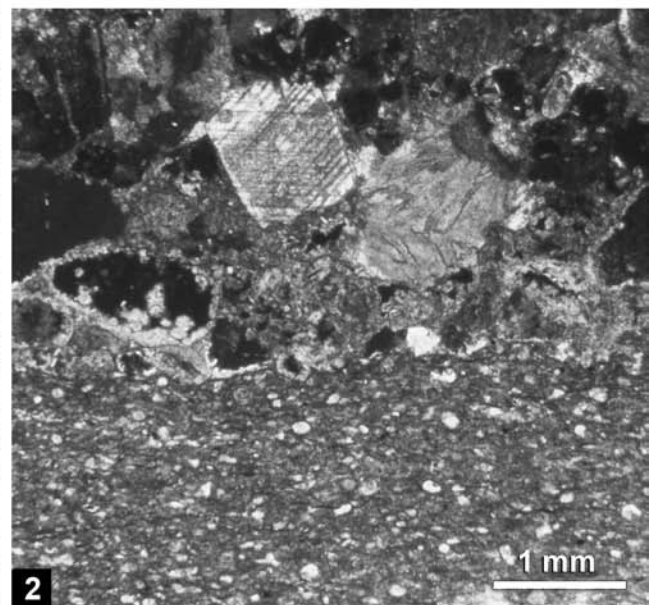
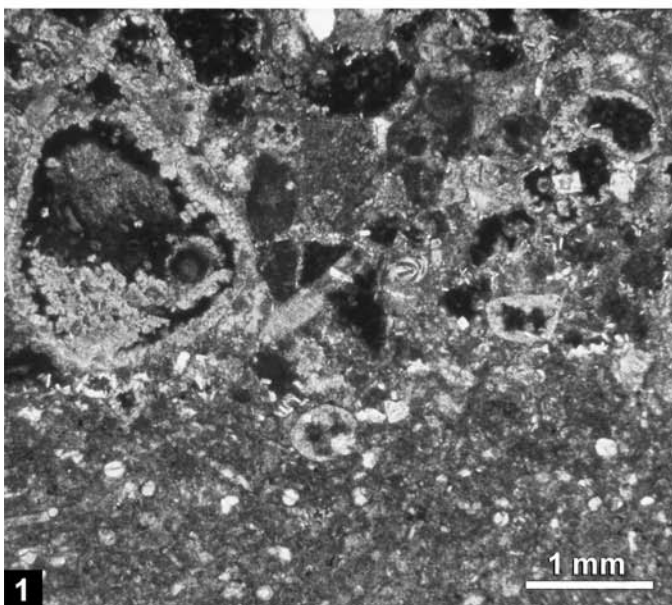
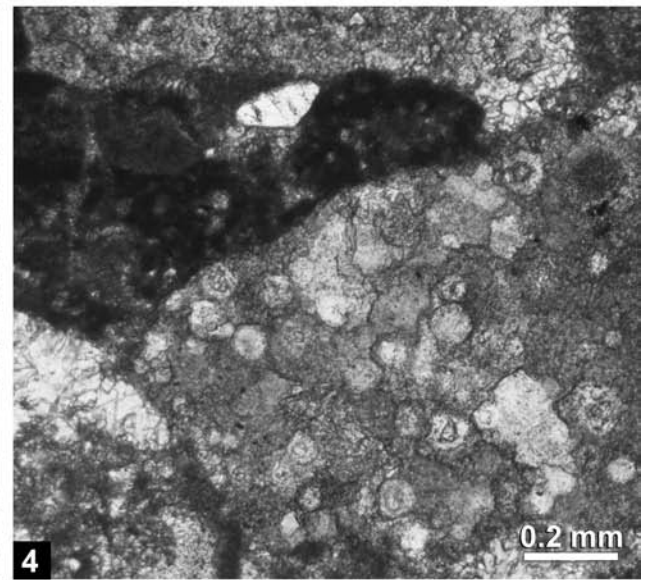
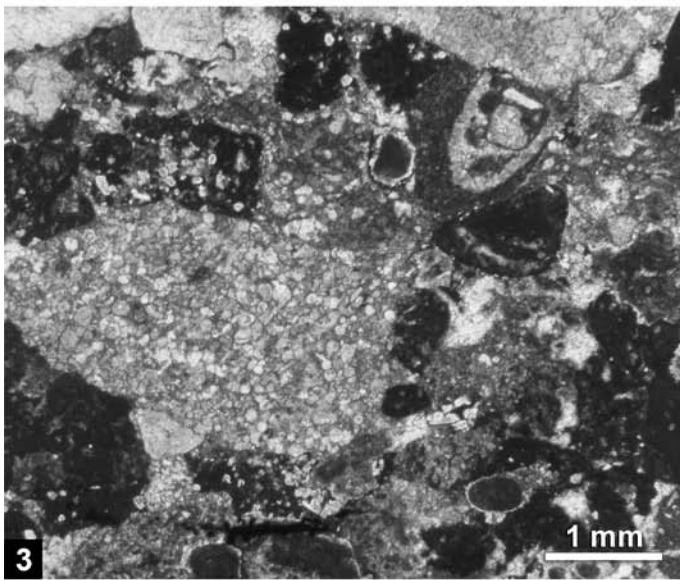
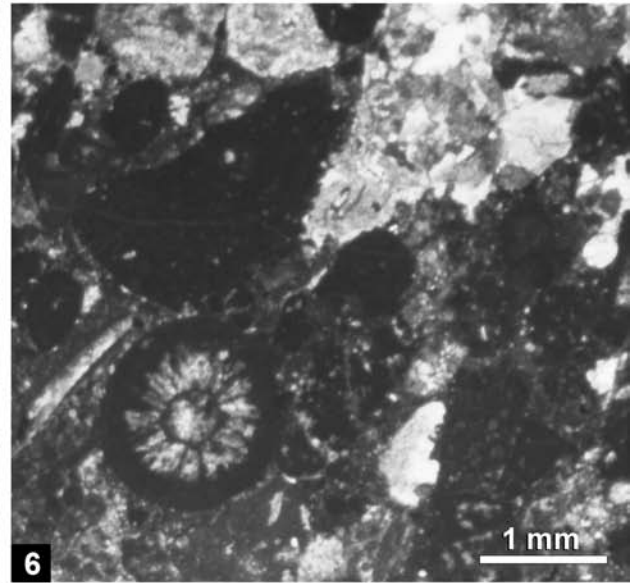
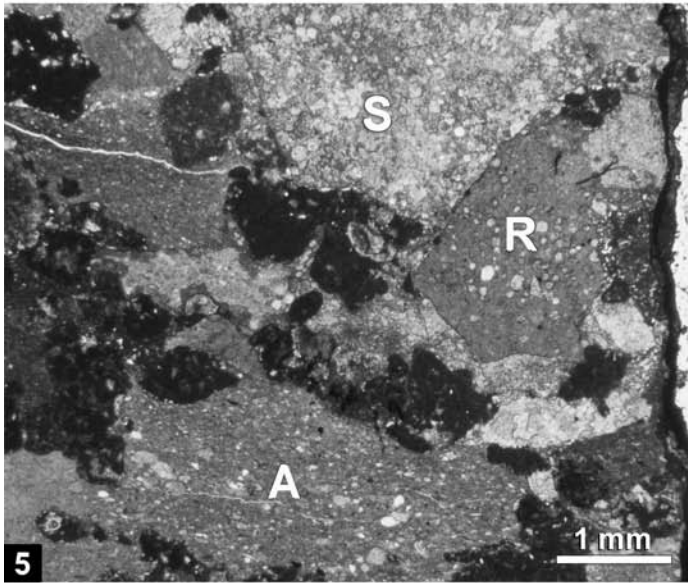


PLATE 3

Figs. 1–4. **Unit D, graded bed.**

- 1–2. *Clypeina jurassica* and radiolaritic grains, thin sections MS 2057, MS 2053.
3. Grain of the Upper Triassic limestones with foraminifer aff. *Galeanella*; thin sections MS 2058.
4. Calcarenite with sponge spicules, uppermost part of the graded bed, thin section RR 5155.

Figs. 5–6. **Unit E.**

5. Argillite with spicules accumulated in parallel laminae; thin section MS 2060.
6. Spongolite, thin section RR 5156.

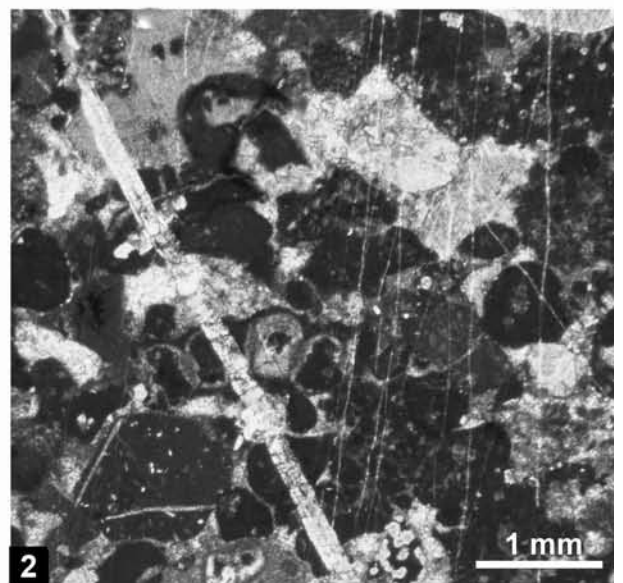
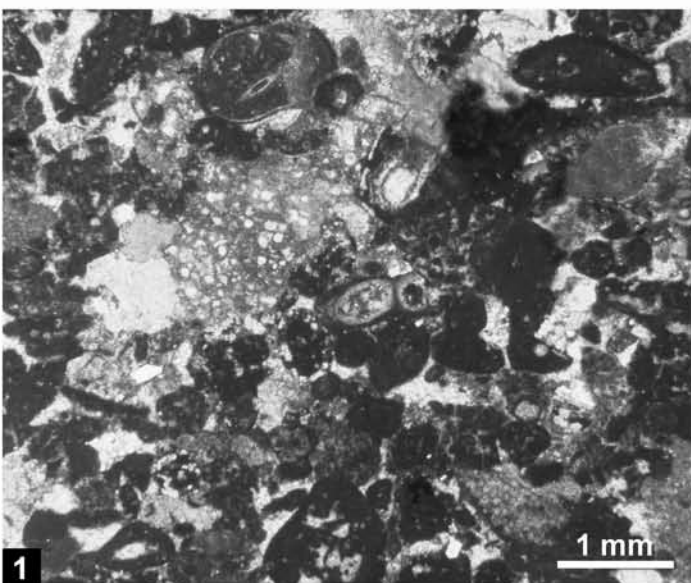
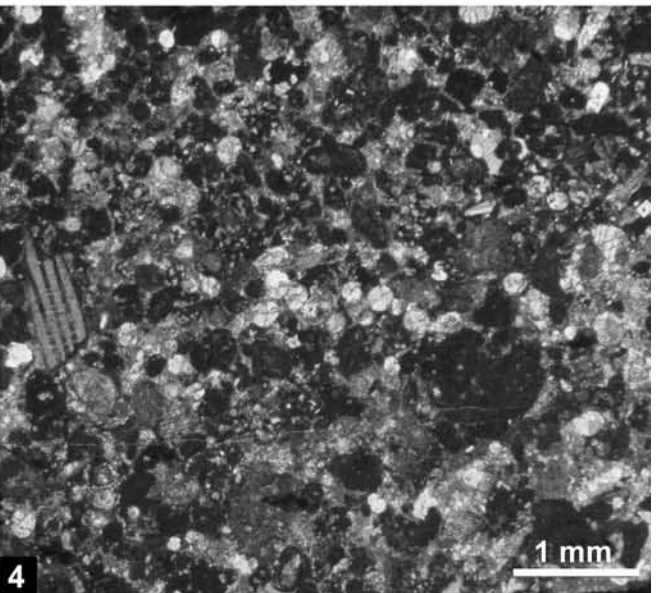
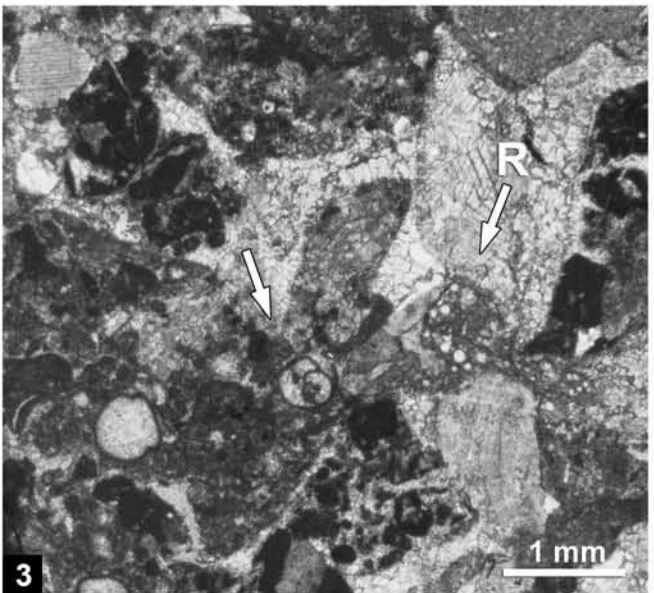
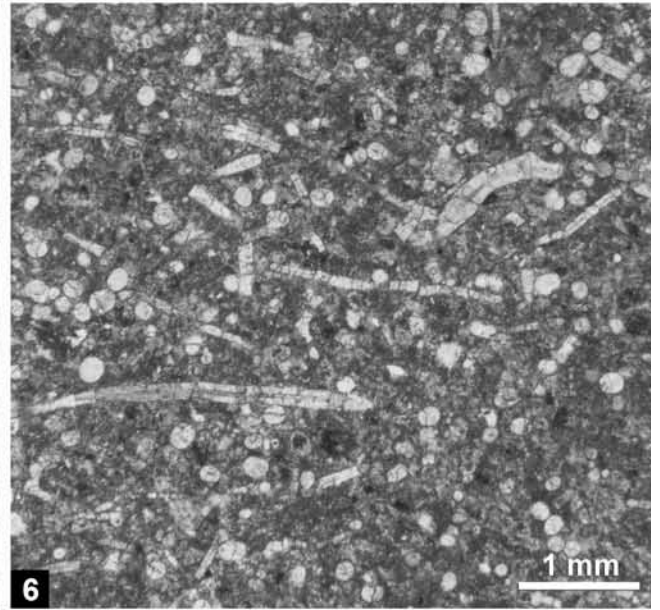
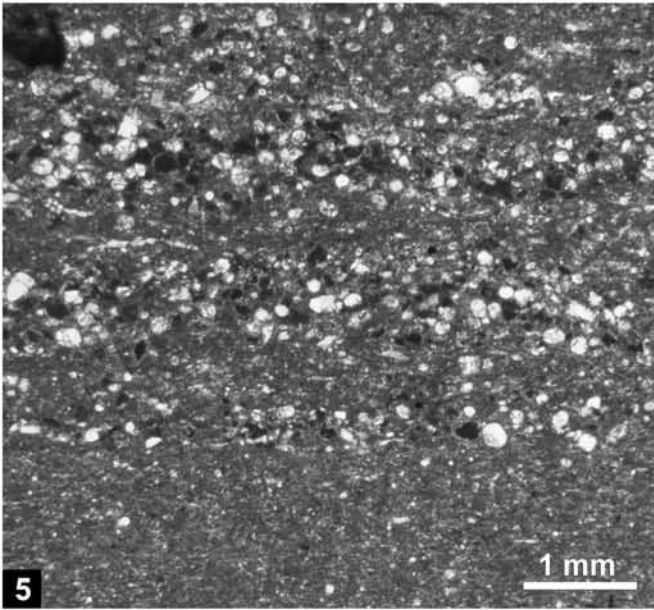


PLATE 4

Figs. 1–6. **Unit E.**

- 1–2. Siliceous argillites with abundant radiolarians, thin sections MS 2062 and MS 2063.
- 3–6. Different components in the ferruginous matrix of mass flow layer.
 - 3–4. Grains of unconsolidated dissolved radiolarite with partly washed radiolarians (in Fig. 3, some radiolarians are deformed), thin sections MS 2065, MS 2067.
 5. Grains of reddish limestones with radiolarians, thin section MS 2067.
 6. Grains of calcareous sandstone; thin section MS 2067.

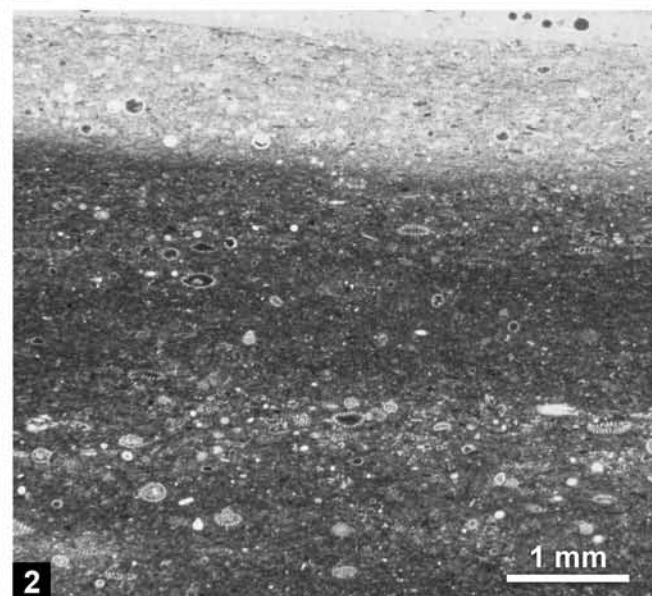
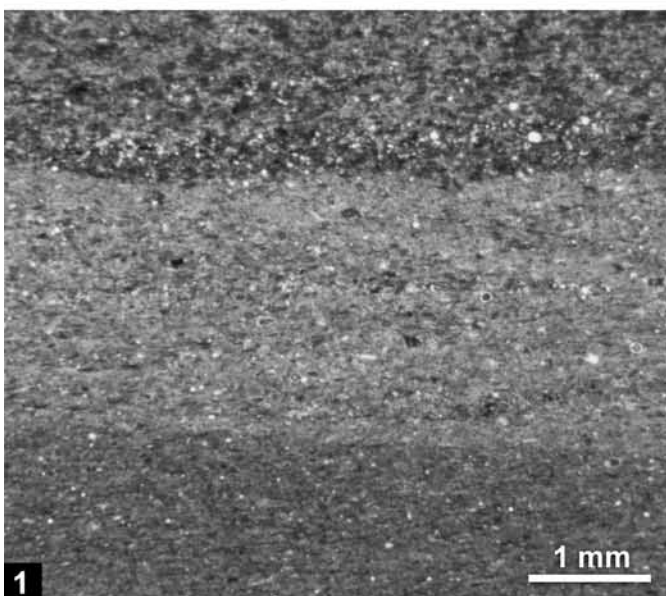
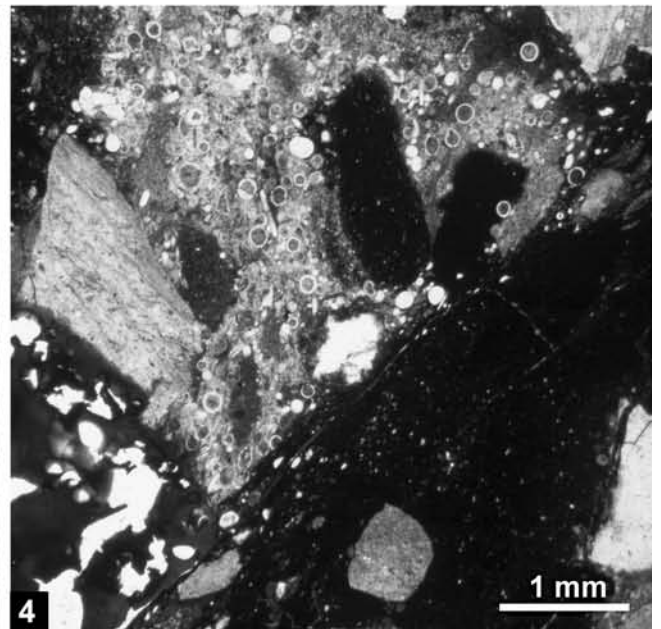
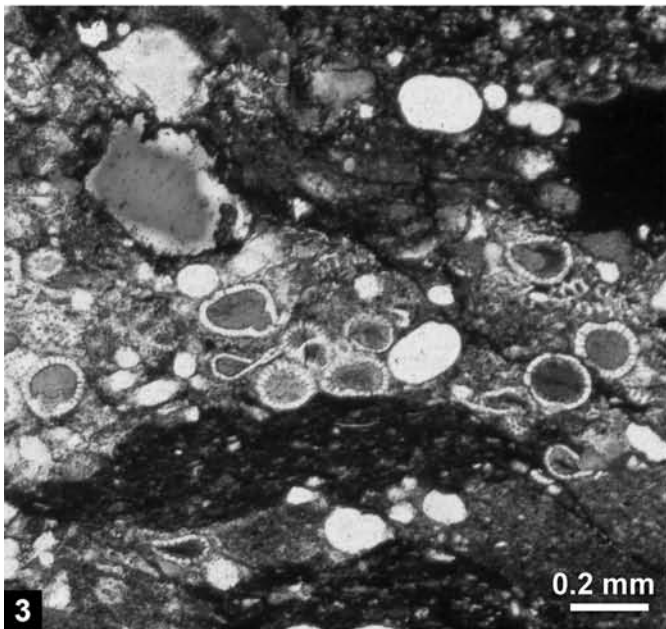
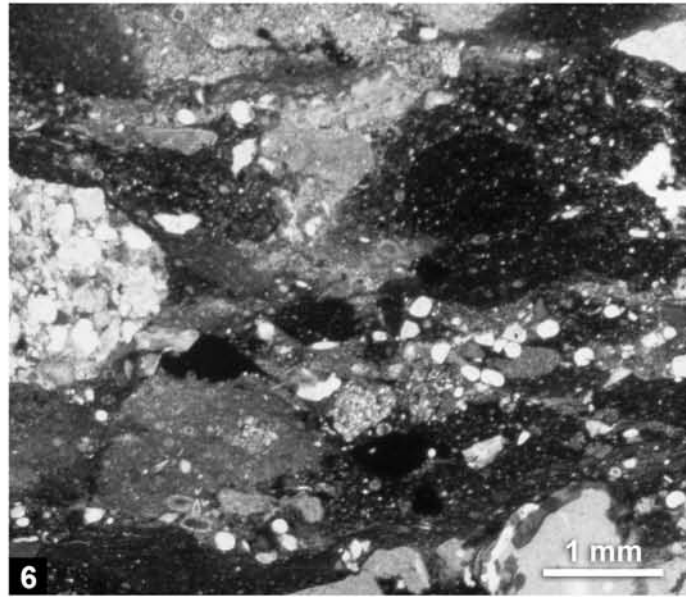
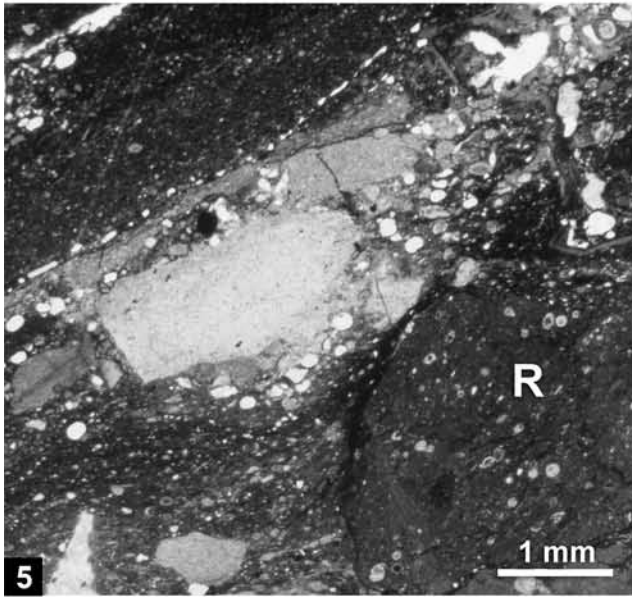


PLATE 5

Figs. 1–6. **Unit E.**

- 1–3. Different components in ferruginous matrix of mass flow layer.
 1. Detailed view of Fig. 2 showing dissolved unconsolidated radiolarite with washed and partly washed radiolarians dispersed in the ferruginous matrix, thin section MS 2066.
 3. Radiolarite with siliceous clasts, thin section MS 2069.
4. Chert, thin section MS 2070.
- 5–6. The mixing of different grains under semi-consolidated condition.
 5. Argillite with minute radiolarians (filled with chlorite), thin section MS 2071.
 6. Grain of radiolarite, thin section MS 2072.

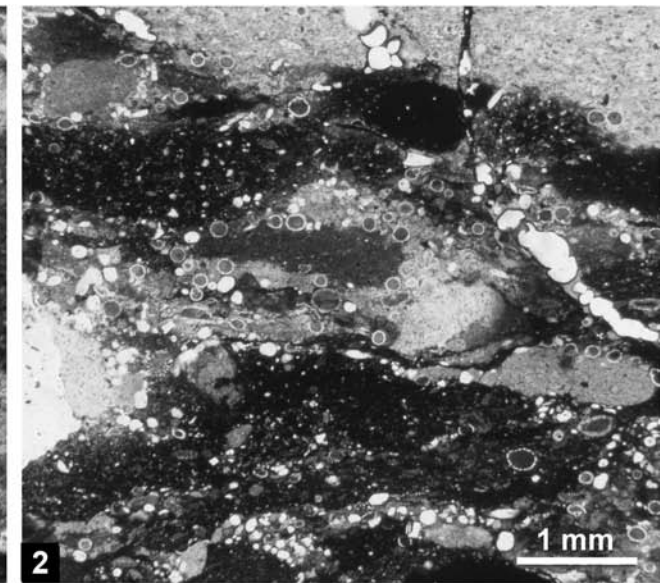
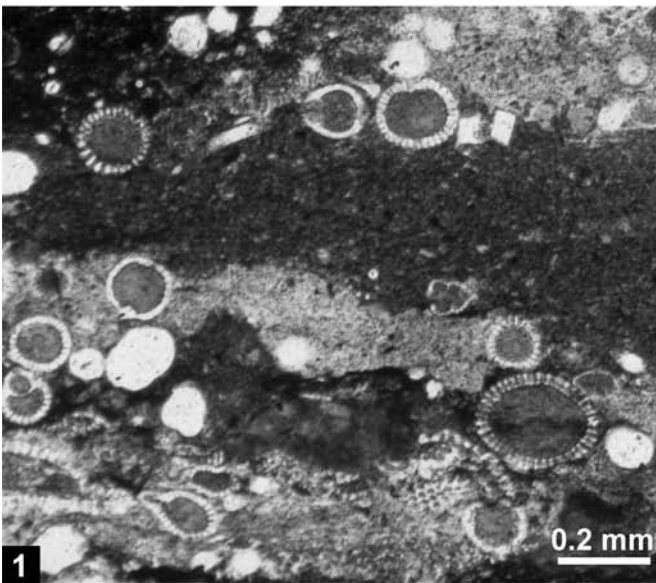
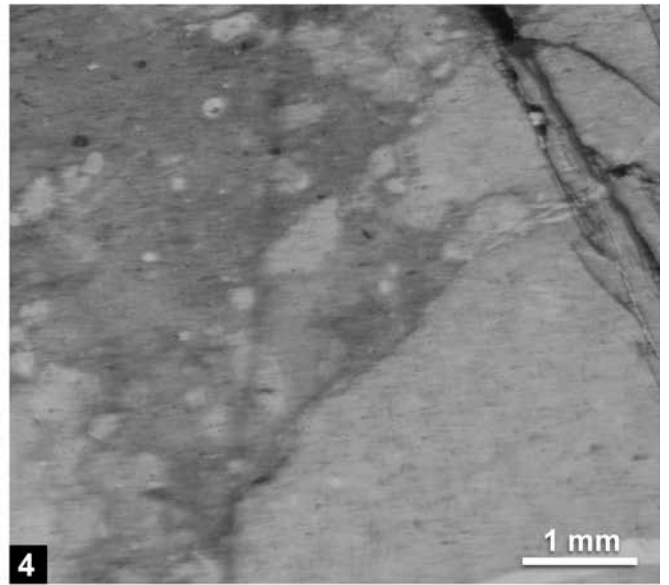
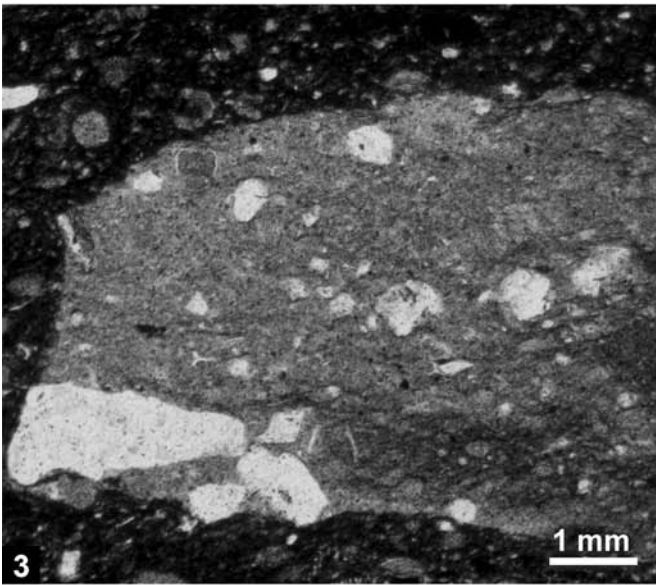
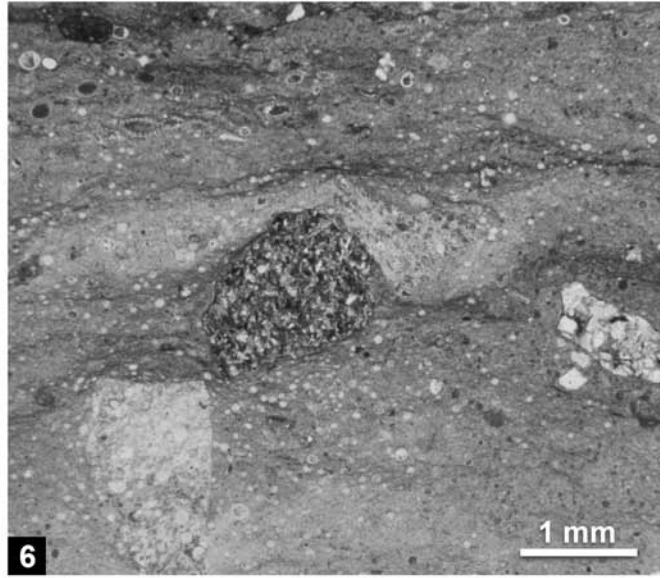
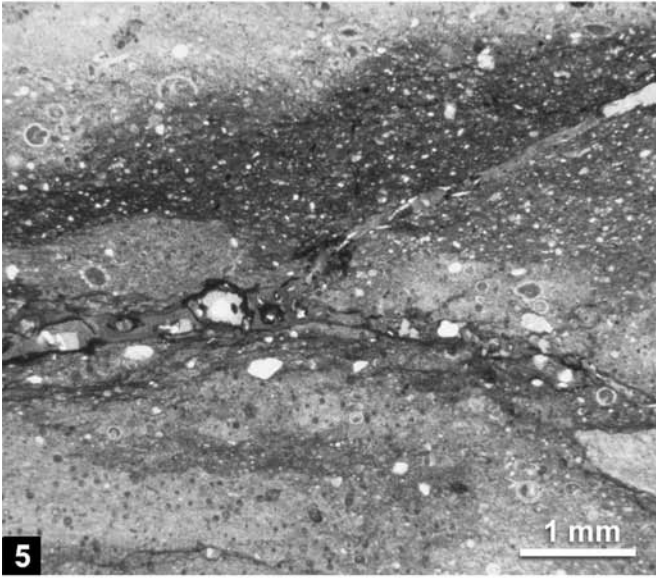


PLATE 6

Figs. 1–10. **Algae and foraminifera from the graded bed.**

1. Dasycladalean fragment, thin section RR 5151/3.
2. *Radiomura cautica* SENOWBARY-DARYAN & SCHAEFER, thin section MS 2054.
3. *Clypeina jurassica* FAVRE, fragment (authigenous quartz in the laterals), thin section RR 5151/3.
4. *Salpingoporella* sp., thin section RR 5151/1.
- 5–6. *Protopenneroplis striata* WEYNSCHENK, thin sections MS 2058, MS 2053.
7. *Labyrinthina mirabilis* WEYNSCHENK, thin section RR 5151/2.
- 8–9. *Parurgonina caelinensis* CUVILLIER, FOURY & PIGNATTI-MORAANO, thin sections RR 5154, RR 5151/3;
10. Foraminifer of a Triassic age aff. *Galeanella*, thin section MS 2058.

Figs. 11–12. **Unit A.** different sections of the brachiopod *Koninckella* sp. (determination by V. RADULOVIĆ), thin section RR 5146.

