

## The Lower Cretaceous Paraflysch of the Vardar Zone: composition and fabric

†MARA N. DIMITRIJEVIĆ & †MILORAD D. DIMITRIJEVIĆ<sup>1</sup>

**Abstract.** The Lower Cretaceous paraflysch forms an outstanding, 250 km-long belt in the Vardar Zone. It is composed of a basal unit, uncomformable over Jurassic limestones and older rocks, and of two megasequences with the a clastic lower and clastic-carbonate upper member. In this study, We analyzed the orientation of the sedimentary bedding, cleavage and schistosity, fold hinges and axial surfaces and cleavage – bedding intersection lineation, were analysed. The area experienced two phases of folding, first with fold hinges oriented NNW and the second with hinges oriented WSW. The regularities of these structures and their relationships are, as shown by these investigations, only statistically to be used in practical study of fabric.

**Key words:** Vardar Zone, paraflysch, Lower Cretaceous, sedimentology, fabric.

**Апстракт.** Доњокредни парафлиш гради у Вардарској зони веома изразит појас дуг 250 km. Састоји се од базалне јединице дискордантне преко горњојурских кречњака и меланжа, као и две мегасеквенце са доњим кластичним и горњим кластично-карбонатним чланом. Статистички су анализирани падови свих слојева, преврнутих слојева, кливажа и шкриљавости, оса набора, аксијалних површи набора и пресеци кливажа и слојева. Правилности ових структура и њихових односа су, како је показало ово истраживање, само статистички употребљиве при практичним испитивањима склопа.

**Кључне речи:** Вардарска зона, парафлиш, доња креда, седиментологија, склоп.

### Introduction

The Vardar Zone, a very important and highly controversial member of the Balkan Peninsula geology, was investigated and described by numerous researchers, who gave it different importance, different affinities, different subdivisions and different geotectonics. According to DIMITRIJEVIĆ M.D. (1979, 2001), the Vardar Zone is herein defined as an oceanic zone between the Dinarides and Hellenides to the west and the Serbian-Macedonian Massif to the east.

The idea of the Vardar Zone as the "Internal Dinarides" was, fortunately, abandoned a long time ago in the circle of researchers, which opened the way for earnest investigation of its importance and history (*e.g.*, DIMITRIJEVIĆ M.D. 1997, 2001; KARAMATA, 2006).

For the Vardar Zone, especially for its central parts from Belgrade to Kumanovo, a thick Lower Cretaceous

succession that shows some flysch characteristics, being thus described as a paraflysch (DIMITRIJEVIĆ M.N. & DIMITRIJEVIĆ M.D. 1976, 1987; DIMITRIJEVIĆ M.N. *et al.* 1996, 1997), is very characteristic.

These strata form at present a narrow belt, only exceptionally wider than 14 km, but probably some 250 km long. The northern part of the belt (Avala and Kosmaj Mts.) is open for discussion concerning its affinity to this or to the adjacent sub-zone, and will not be further discussed in this paper. The belt with the paraflysch is from both the East and West bounded by mafic and ultramafic rocks with some Upper Jurassic limestones, and the deposits in the adjacent belts are completely different. The southern part of the paraflysch is eroded, with only the Kriva Reka (SW of Novo Brdo) as remnants.

The depositional base of the paraflysch appears only at the southwest and in the extreme south, in the Novo

<sup>1</sup> Unfortunately, M.D. DIMITRIJEVIĆ, because of bad health, was not in position to correct all the remarks made by the reviewers. Some remarks, especially those which did not need a lot of correction, were dealt with by MILAN SUDAR. The Editorial board, even though not all requests of the reviewers were accepted or included, decided to print the paper in its present form.

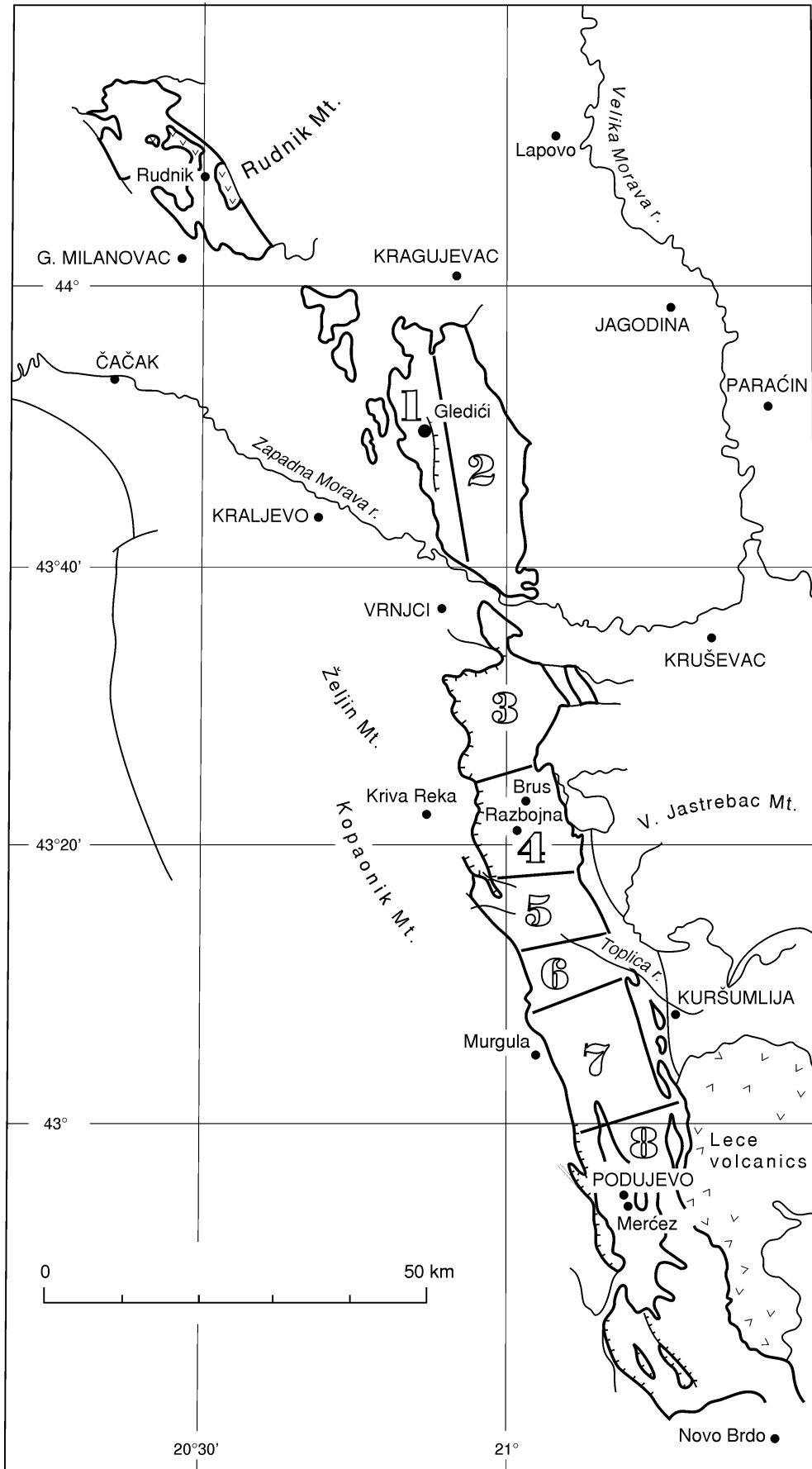


Fig. 1. Sketch of the basin of the Lower Cretaceous Paraflysch of the Vardar Zone with the separate blocks.

Brdo area as shown by the Kriva Reka domain. This domain, the southernmost outcropping part of the paraflysch, is composed of marginal units, the original relations with main part of the basin being not clear.

## Paraflysch

Over the basal unit, the paraflysch forms two mega sequences, each with a clastic lower and a carbonate-clastic upper part. The stratigraphic relations between these units were not possible to assure in every locality, and local lateral transitions are also possible. Field mapping was performed by teams lead by M. RAKIĆ, B. MARKOVIĆ, M. VUKANOVIĆ, M. MALEŠEVIĆ and others. The composition of these units was investigated by MARA DIMITRIJEVIĆ, B. RADOŠEVIĆ, RUŽICA MARKOVIĆ, LJUBICA RUDOLF, RAJNA GABRE, LJUBINKA MASLAREVIĆ and M.D. DIMITRIJEVIĆ. The meagre biostratigraphic documentation was studied by OLIVERA MARKOVIĆ, RAJKA RADOIČIĆ, ALEKSANDRA DANILOVA and SULTANA OBRADOVIĆ. The sedimentological field data are by MARA N. and MILORAD D. DIMITRIJEVIĆ.

The data of the field mapping, and the sedimentological and biostratigraphic investigations were presented by DOLIĆ *et al.* (1981), FILIPOVIĆ *et al.* (1978), FILIPOVIĆ & RODIN (1980), MALEŠEVIĆ *et al.* (1980), MARKOVIĆ *et al.* (1968, 1985), PAVIĆ *et al.* (1983), PAVLOVIĆ (1980), UROŠEVIĆ *et al.* (1973a, 1973b), and VUKANOVIĆ *et al.* (1982).

Based on all the available sedimentological and biostratigraphic data, the paraflysch was divided over the basal unit into six units. These are from the base to the top.

- A. A microconglomeratic-arenitic unit (probably Lower Valanginian),
- B. A silty-calcareous unit (Valanginian–Hauterivian),
- C. An arenitic-silty unit (Barremian–Aptian),
- D. A calcareous-arenitic unit (Albian–Cenomanian) and
- E. Marginal units (E1 and E2; regarded as lateral equivalents of the top units).

## Basal unit

Not everywhere exposed and for the large part tectonized, the basal unit shows nevertheless its clear unconformable character. It crops out along the Podujevo–Lebane road at Prepolac, over an ophiolitic mélange and schists ascribed to the Palaeozoic (pers. comm. M. VESELINOVIĆ).

The unit is mostly composed of coarse-grained rocks, with blocks over 80 m in diameter. Basal rudites mostly consist of rocks from the mélange, schists and Berriasian limestones. At Prepolovac, these are composed almost entirely of Berriasian limestones, being regarded by M. VESELINOVIĆ as the Mesozoic base of the pa-

raflysch (unpublished data from 1956 in DIMITRIJEVIĆ M.N. & DIMITRIJEVIĆ M.D. 1976). At Razbojna, Senonian rudites with globotruncanid limestones have also been ascribed to this unit.

These deposits are characteristically disorganized, very poorly sorted, frequently monomictic to oligomictic in composition, with angular blocks, pointing to a very short and catastrophic sinking and deposition, without progressive abrasion typical for a transgression.

Very interesting is the position and types of limestones found in the basal unit. From various localities two types of limestones have been described: shallow marine, frequently reefal, and basinal with Aptychi. It seems, nevertheless, that the opening of the trough began at the end of the Upper Jurassic, in a shallow sea with reefs which was attached to a large shallow open sea.

### A. Microconglomeratic – arenitic unit

This unit, some 80 to 100 m thick, crops out along the south-eastern border of the basin and in the cores of anticlines. It is composed of conglomerates, disorganized pebbly sandstones (coarse-grained feldspathic subgreywackes to greywackes), massive sandstones, slump facies, normal turbidites, siltstones and subordinate other facies. Rudites bear fragments of Tithonian–Berriasian limestones, schists and other rocks. Olistostromes, fluxoturbidites and thin conglomerate layers are frequent. The volume content of CaCO<sub>3</sub> is low. Garnet is outstanding among the heavy minerals (over 50 %), followed by some tourmaline, rutile, zircon and others.

Turbidites are subordinate. They are proximal, mostly showing intervals of graded bedding and the lower interval of horizontal lamination. The interval *c* bears large convolutions, while other intervals are mostly absent. Sole markings are sparse – flute casts and tool marks. Sparse organic markings show only the simplest forms. Sparse observations indicate a longitudinal palaeotransport towards the south-southeast.

Very rare fauna (*Calpionellopsis oblonga*, *Spirillina* sp., *Trocholina* ex gr. *waldensis*, sponge spicules) probably of Lower Valanginian age were found (DIMITRIJEVIĆ M.N. & DIMITRIJEVIĆ M.D. 1976).

### B. Silty – calcareous unit

It probably occurs in the Avala–Kosmaj domain over the ophiolitic mélange, being 100–200 m thick. It consists there of siltstones and marly limestones, with some calcarenites and micrites.

The unit is best developed in the Brus-Podujevo area where it overlies unit A, with a thickness of 90 to 150 m. It consists of siltstone laminites, fine grained greywackes, shales and platy pelagic micrite, distal turbidites,

some slump deposits and rare normal turbidites. The deposits are mostly dark, thin bedded, composed of fine-grained rocks corresponding to the outer fan and the basin, probably also the active part of the outer fan with a sufficiently steep slope (slumps). The unit mainly consists of silty-pelitic rocks with ample slump phenomena. Graded bedding is sparse and various types of current lamination prevail. Organic markings are ample and specific. Ilmenite and magnetite prevail in the heavy fraction, with infrequent garnet. Microfauna is infrequent and poorly preserved (tiny globotruncanids, radiolarians, bryozoans, fragment of miliolids; *Lenticulina muensteri*, *Lenticulina* sp., *Ammobaculites* cf. *gramatus*, *Am. gratus*) indication to Valanginian–Hauterivian age (DIMITRIJEVIĆ M.N. & DIMITRIJEVIĆ M.D. 1976).

### C. Arenitic – silty unit

This is the thickest unit (over 600 m in the Gledići Mts.), cropping out over the largest area. Its basal part is of finer grain, while the upper part is coarser.

The lower part of the unit bears very infrequent and thin fluxoturbidites and olistostromes, except for the western portion of the Rudnik Mt. domain. The turbidites consist of a thin interval of graded bedding, interval *b*, interval *c* with very characteristic tiny cross and wavy lamination, in places also convolution. The sequences are mostly base cut-up and truncated, and turbidites are frequently subordinate. Very frequent and characteristic are non-turbiditic laminites, deposited grain-by-grain, with current lamination and small-scale ripple marks pointing to a lower flow regime with a low energy environment.

Submarine slumping is frequent in this part of the unit. Sole markings are sparse (brush and prod casta, scattered tiny groove marks). Infrequent data measured in the Gledići domain show a palaeotransport towards the southwest, less frequently east, and in the Brus–Podujevo domain towards the south-southwest, south and south-southeast.

Deposits of this part of unit C correspond to the outer fan, partly also mid-fan with depositional lobes. They mostly consist of distal turbidites, turbidites, lesser to organized pebbly sandstones, massive sandstones, thin beds of fine-grained sandstones and very infrequent slumped masses. The volume content of CaCO<sub>3</sub> is conspicuously low. The rocks are mostly fine-grained micaceous greywackes and siltstones. This part of unit C is 80 m thick in the eastern part of the Rudnik domain and about 200 m in its western portion. In the Gledići Mts., its thickness is about 300 m (according to some estimates even over 600 m), varying in the Brus–Podujevo area between 150 and 500 m.

The upper part of the unit is conspicuously coarser, consisting of thick-bedded arenites and microconglomerates of the mid-fan depositional lobes, in places also with channel associations. Characteristics are organized

pebbly sandstones, massive sandstones and normal turbidites, with some distal turbidites, organized conglomerates, disorganized pebbly sandstones and slump masses and olistostromes. The palaeotransport in the northern part of the trough is towards the south-southwest, and in the Gledići Mts towards the south-east. The thickness is 350 m in the western portion of the Rudnik domain (it is missing in the eastern portion), decreasing to ca. 100 m in the Gledići Mts., and increasing a new to ca. 300 m in the Brus–Podujevo domain.

The fauna found at the Rudnik Mt. is very sparse, largely transported from shallow marine regions (fragment of pelecypods, echinoderms, bryozoans, alternating orbitolinids, lagenids; part of algae (*Corallinaceae*); they also contain belemnites and inoceramid prisms. Unit C also yielded a microflora, *Pinus haploxyton*, *Ligodium* sp., *Ginkgo* sp., conifers and dominating gymnosperms of the genus *Benettites* of Barremian–Aptian age (DIMITRIJEVIĆ M.N. & DIMITRIJEVIĆ M.D. 1976).

### D. Calcareous – arenitic unit

This unit, mostly 100 to 150 m thick, is characterized by a high CaCO<sub>3</sub> content of most of the rocks and a relative abundance of arenites. It corresponds to the outer fan with some influences of the basin and the active part of the outer fan. Unit D is generally composed of distal turbidites and thin-bedded fine-grained sandstones, with some typical turbidites, slumps, pelagic and hemipelagic deposits, and some massive sandstones. The turbidites are mostly without an interval of graded bedding, with other intervals well developed. In places, senile turbidites occur, but ortholaminites prevail. The most important are siltstones, subgreywackes and calcareous greywackes, together with marls, marly micrites and graded sandy intrasparites. In the lower part of the unit, laminated marls prevail, and in the upper part characteristic are calcareous laminites and intrasparites in well separated beds. Epidote is dominant in the heavy fraction, with some tourmaline and ilmenite-magnetite.

Sole markings are exceptionally rare, represented mostly by tool marks. The palaeotransport is towards the south-southwest to south-southeast.

In the micrites and biomicrites here are tiny pelagic globigerinids (*Hedbergella*, *Ticinella*) together with rare allothigene coralinaceans and other transported forms. *Agardhiellopsis cretacea*, *Archaeolithothamnium amphiroeformis*, *Pseudolithothamnium album* were determined, which indicate Albian–Cenomanian age (DIMITRIJEVIĆ M.N. & DIMITRIJEVIĆ M.D. 1976).

### E. Marginal units

The southern end of the paraflisch area is characterized by a prominent change of facies.

The trough deposits form here a belt several kilometres wide, where two units can be distinguished: the olistostrome (E1) and the carbonate-clastic (E2) one. The structure of the area prevents the definite determination of relations between these two units, but the olistostrome unit is probably lower. Lateral relations of these with the units of the main trough are not visible, but they are regarded as equivalents of the higher units from the trough, with a possible extension into the Cenomanian.

The olistostrome unit consists chiefly of olistostromes, organized conglomerates, massive sandstones, and turbidites, both typical and distal. The olistostromes are even over 10 m thick. They consist of a silty groundmass with clasts and bed fragments of arenites from the unit itself, with also some fragments of the adjacent Veleš Series. The arenites form thick layers with ample traces of slumping. Conglomerates are less profuse, with pebbles mostly of quartz and ludite, together with rocks of the unit itself in slump structures.

The unit shows a distinct proximal character, being deposited on an unstable slope.

The carbonate-clastic unit, estimated to be about 150 m thick, is mostly coarse grained. It is composed of thick layers of calcirudite with microconglomerates, coarse-grained arenites and laminated marly siltstones. Turbidites occur only exceptionally. The limestone horizons are several metres thick, showing very often a characteristic sequence: the ruditic basal part, with limestone fragments up to 10 cm in diameter grading into clastics with pebbles 2–3 cm in size, topped with roughly laminated sandy calcarenites, and ending with flaggy micrites. Some similar sequences, with the same organization, are even decametres thick.

No fossils were found in these units.

### Depositional history of the basin

Reconstruction of the motions of the basin was greatly impeded by numerous factors. The basin deposits are, first of all, greatly tectonized, the original width of the depositional area being largely reduced by folding and tectonic dismembering and separation of lateral parts. This also rendered obscure the thicknesses and stratigraphic relations of units. Interpretation of the depositional environments is in places uncertain for some units, because observations and statements required for reaching conclusions were incomplete. The observations were made at different times, by different observers and based on different tenets. The depositional ages of the units were determined too broadly, first of all due to the presence of only a sparse and poorly preserved fauna, and for the obvious mixing of fauna of different origin (from pebbles and fragments from other coeval environments; re-deposited from older strata). Data on palaeotransport were not systematically collected. They show a wide scatter, for which the reason is not known (dispersal of palaeotransport, too small samples). This made the re-

construction of the basin geometry practically impossible. Finally, the interpretations were unavoidably burdened by the conceptions of the researchers wherever reliable material argumentation was missing, which greatly hampered generalization. Only preliminary speculations are thus possible, based on the existing data.

The very sparse measurements of palaeotransport show the predominance of the longitudinal south-south-east direction, besides highly scattered lateral directions which show the very important fact that the basin was fed both from the eastern and western border. This makes untenable the idea of the depositional area as a marginal apron, and defines it as a trough flanked on both sides by the source areas. This is also demonstrated by the occurrence of shallow marine deposits of the uppermost Jurassic along both sides of the paraflysch zone, which seems to rule out the hypothesis of oceanic deposition.

The clastic base appears only in the Avala–Kosmaj domain, as a thin blanket below unit B, and along the eastern border of the Brus–Podujevo domain, where it forms the thick floor of unit A. This permits the idea of a basin superposed over the ophiolitic *mélange* in a horizontally diversified area, where the foundering began in the southeast, with a catastrophic sinking and very rapid denudation. A fan system originated there, with mid-fan deposits occurring only in the eastern part of the Brus–Podujevo domain (unit A), with a possible partial extension up to the western border. Outer fan deposits follow (unit B), visible along the whole eastern border. Taking into consideration the absence of unit B in one part of western border (Vrnjci), a supposition is possible that the sequence indicates an eastern onlap.

The lower part of unit C (C1), progressing towards the west, might mark a progradational phase, representing a deposition in the mid-fan to the outer fan with depositional lobes.

Unit C2 is missing north of the Gledići Mts. It was deposited in the channelled mid-fan. The appearance of this unit only in the Gledići Mts. and the Brus–Podujevo domain might indicate a further progradation with the building of a narrower fan in the south-eastern portion of the area. This is also corroborated by a palaeotransport towards the west-southwest and south-southwest, reported in this unit from the Kraljevo area (MARKOVIĆ *et al.* 1968).

### Internal kinematics of the basin

The internal structure of the basin is characterised by complex folding with frequent transposition of the bedding surfaces and broad zones which interrupt the continuity of the units. The degree of deformations is completely varied – there are parts of the column where strata are not deformed, together with decametric to hectometric domains where they are highly deformed and disrupted along the cleavage or schistosity. The principal

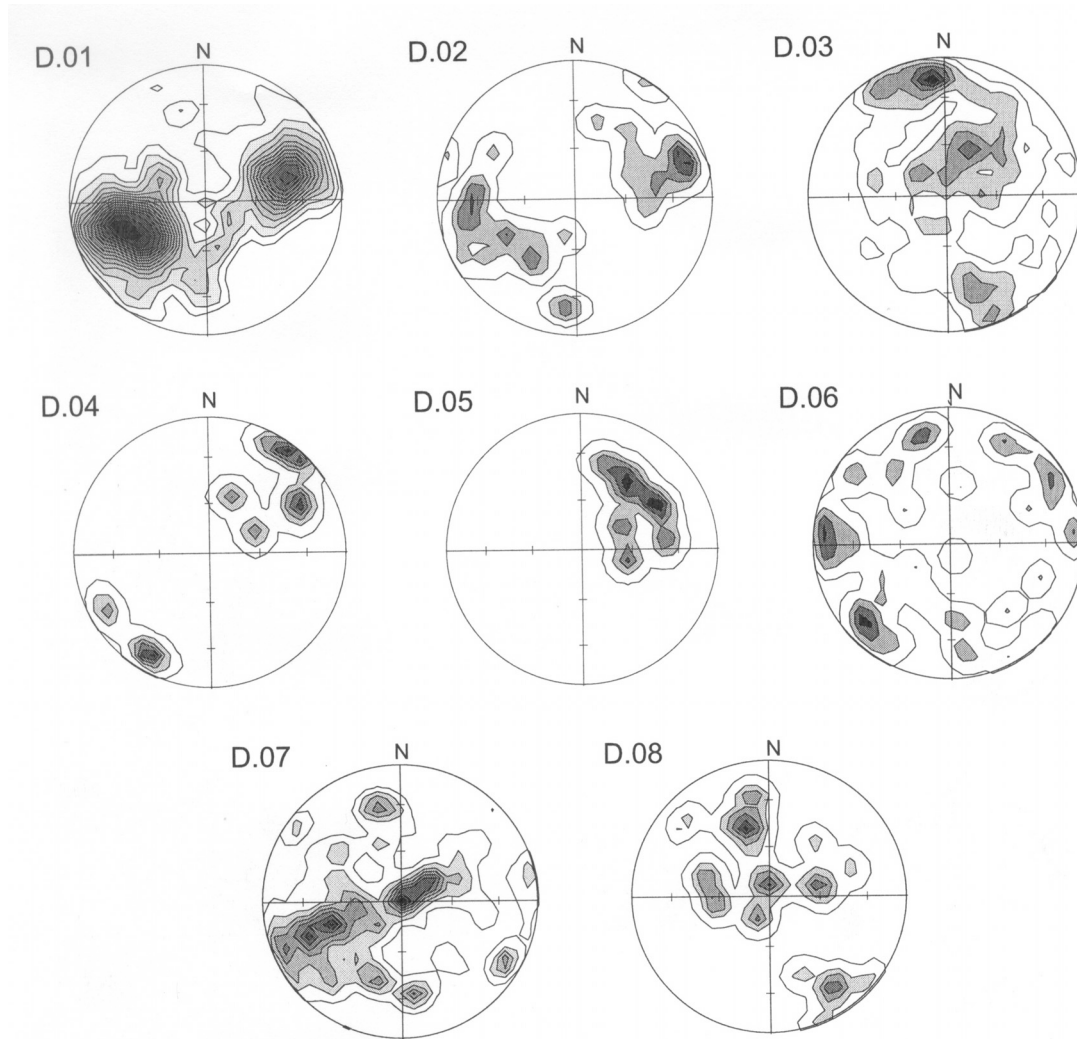


Fig. 2. Structural diagrams. D.01 All bedding surfaces. D.02 Overturned beds. D.03 Fold hinges. D.04 Bedding Domain Merčez-Kuršumlija. D.05 Bedding Murgula. D.06 Axial surfaces. D.07 Cleavage. D.08 cleavage – bedding intersection lineation.

planar fabric is dominantly represented by the cleavage, which deforms the bedding up to full transposition.

Analyses of the folding have been performed on various levels, from the most regional to detailed. The structural diagrams show the orientation of bedding planes for the whole basin (1363 data; D.01, Fig. 2), and in each of the 8 blocks, the basin was subdivided into (D1 to D8, Fig. 3).

### All bedding surfaces

Poles to bedding are loosely assembled around the main maximum corresponding to the 75/47 and the submaximum 251/46. Statistical fold axis is plunging 163/3 and the statistical axial plane is roughly vertical striking 163–343. These data are conformable with the strike of the paraflysch trough (163–343). The pole diagram (Fig. 2, D.01) shows a high scatter of data. The fabric is roughly monoclinic, corresponding to an asymmetric fold with a better developed north-eastern and

a less developed south-western limb, with a roughly horizontal axis and a vertical axial plane.

### Overturned beds

In the diagram D.02 (Fig. 2) of 30 overturned beds, two maxima appear, corresponding to the dips 89/66 and 249/74, with overturned beds almost equally distributed in both maxima. This shows that the folds in the area have no uniform vergence, but form a kind of fan with vergences both towards west-southwest and east-northeast.

### Fold axes

The hinges were measured for cm-m folds (Fig. 2, D.03, 104 measurements). The poles form only a not very expressed maximum corresponding to 356/18, with a faint suggestion of a disconnected girdle. A good

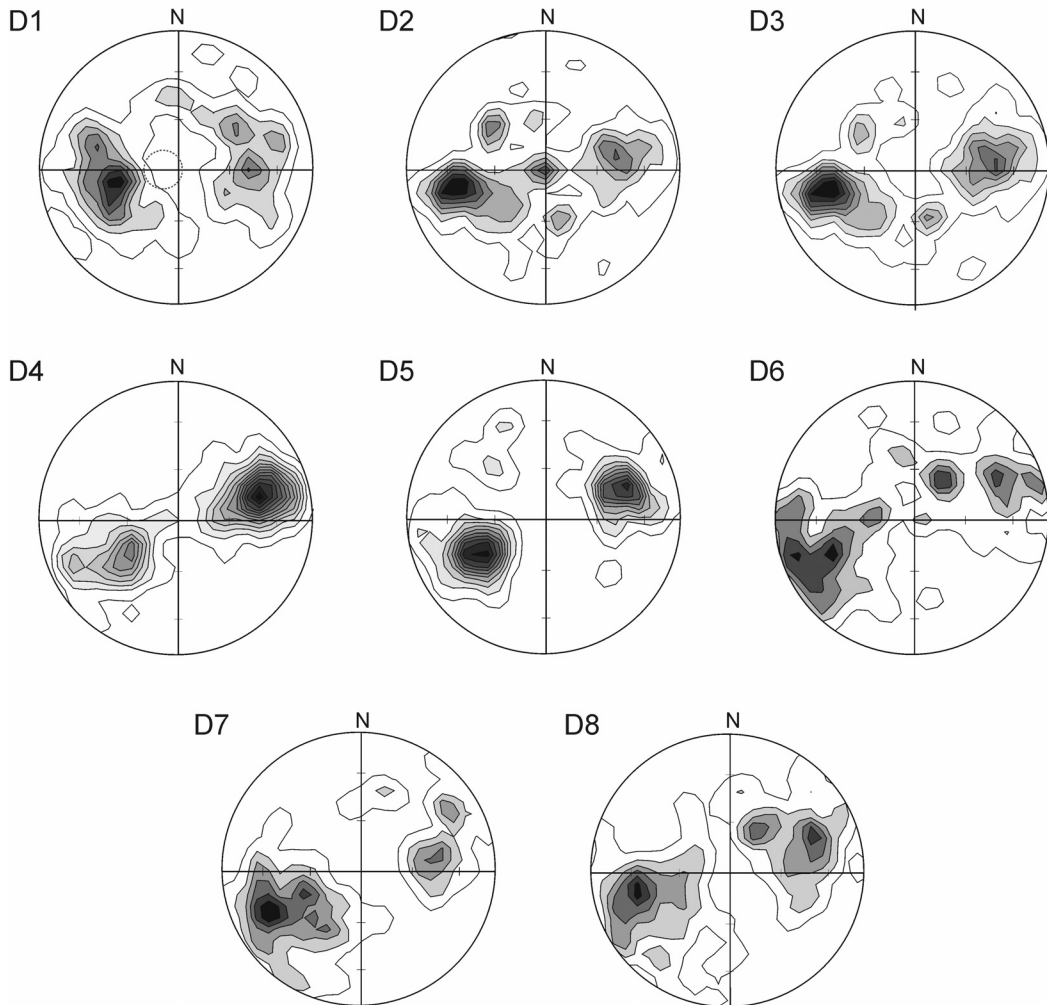


Fig. 3. Fabric diagrams of the bedding for the structural domains 1–8 blocks (see Fig 1 for locations).

example of a hinge orientation is shown by the diagram D.04 (Fig. 2, Merčez–Kuršumlja domain) in which the data are disseminated along a great circle normal to the younger fold axis, and the diagram D.05 (Fig. 2, Murgula domain) where hinges show a maximum at 28/60.

### Axial surfaces

In the field, 44 axial surfaces of folds, most of the metric size (D.06, Fig. 2) were measured. The poles are disseminated with two maxima corresponding to 98/82 and 49/72. Although steep, these maxima do not fit the virtual axial plane of the bulk of the bedding surfaces, which is vertical – the observed metric folds in the field show a slight western and south-western vergence.

### Cleavage

Some of cleavage data correspond to the axial planar cleavage, but for the greater number of them, their

relation with the folds was not established. The diagram does not show well expressed maxima; several minor maxima are dispersed throughout the diagram (D.07, Fig. 2).

### Cleavage – bedding intersection lineation

In the case when cleavage is parallel to the axial plane and folding is regular with rhombic or monoclinic symmetry, statistically the intersection lines between the bedding and an axial cleavage should be parallel to the regional fold axis. Diagram D.08 shows 125 intersection lines constructed with all the available data (Fig. 2). The poles are widely disseminated in a broad girdle normal, with several maxima, the closest to the regional axis representing the plunge 148/20. This shows that the symmetry of fabric is rather close to triclinic.

To unravel regional structural trends, the area was divided into 8 structurally homogeneous domains (Fig. 1).

Table 1. Statistical orientation of the bedding in the structural domains.

Block	maximum	submaximum
1	78/38	267/42; 232/42
2	80/54	255/43
3	79/53	264/46
4	252/53	57/34
5	63/45	246/52
6	67/61	260/48
7	81/57	245/57
8	67/52	251/30

This Table shows that only block 4 has a distinct deviation in that the dips are mostly toward the north-east, whereas in the other blocks, the dips are mostly to the southwest.

## Discussion

The diagrams of the individual blocks and especially the details of the fold hinges (D.04 and D.05, Fig. 2) show that the area exerted a slight general rotation around an axis oriented WSW with appearance of younger folds corresponding to it. This younger act did not affect the fabric penetratively, and did not change the generalized picture of the domain fabric (see D.01, Fig. 2). Without detailed measurements of fold hinges, it would remain imperceptible.

This investigation also showed that the regularities known from the ellipsoid of deformations can be practically used only in a broad statistical manner, and that single measurements should be regarded with due suspicion.

## Acknowledgements

The Editorial board thank the reviewers, ANNA VOZAROVA (Geological Institute of Slovak Academy of Sciences, Bratislava) and DJORDJE GRUJIĆ (Dalhousie University Halifax) for their critical comments of the manuscript

## References

- DIMITRIJEVIĆ, M.D. 1997. *Geology of Yugoslavia*. Geological Institute Gemini, Special Publications, 187 pp., Barex, Belgrade.
- DIMITRIJEVIĆ, M.D. 2001. Dinarides and the Vardar Zone: a short review of the geology. *In: DOWNES, H. & VASELLI, O. (eds.), Tertiary magmatism in the Dinarides. Acta Vulcanologica*, 13(1–2), 1–8.
- DIMITRIJEVIĆ, M.D. 2000. The Dinarides and the Vardar Zone – the eternal conundrum. *In: KARAMATA, S. & JANKOVIĆ, S. (eds.), Proceedings Int. Symp. Geology and metallogeny of the Dinarides and the Vardar Zone*. Academy of Sciences and Arts of Republic Srpska, Coll. Monographs, vol. I, Department of Natural, Mathematical and Technical Sciences, vol. 1, 5–13.
- DIMITRIJEVIĆ, M.N. & DIMITRIJEVIĆ M.D. 1976. The Lower Cretaceous complex of the Central Vardar Subzone. 8. jugoslovenski geološki kongres, Ljubljana, 3, 59–72 (in Serbo–Croatian, English Abstract).
- DIMITRIJEVIĆ, M.N. & DIMITRIJEVIĆ, M.D. 1987. The Paraflysch of the Central Vardar Subzone. *In: DIMITRIJEVIĆ, M.N. & DIMITRIJEVIĆ, M.D. (eds.) The Turbiditic Basins of Serbia*, Serbian Academy of Sciences and Arts, Monographs, 176, Department of Natural-mathematical Sciences, No 61, 79–100.
- DIMITRIJEVIĆ, M.N., MASLAREVIĆ, LJ., ŽUMBERKOVIĆ, V. & DIMITRIJEVIĆ, M.D. 1996. Sandstones in turbidites of Terranes in Serbia: composition, heavy minerals and provenance. *In: KNEŽEVIĆ-DJORDJEVIĆ V. & KRSTIĆ B. (eds.) „Terranes of Serbia. The Formation of the Geologic Framework of Serbia and the Adjacent Regions*. Faculty of Mining and Geology, University of Belgrade, Committee of Geodynamics Serbian Academy of Science and Arts, 139–144.
- DIMITRIJEVIĆ, M.N., DIMITRIJEVIĆ, M.D. & SUDAR, M. 1997. A Section through the Vardar Zone from the Dinarides to the Serbian–Macedonian Massif. Guide for excursion, Faculty of Mining and Geology, Belgrade, 17 pp. (unpublished manuscript).
- DOLIĆ, D., KALENIĆ, M., MARKOVIĆ, B., DIMITRIJEVIĆ, M.N., RADOIČIĆ, R. & LONČAREVIĆ, Č. 1981. Geology of the Sheet Paraćin (K34–7), Explanatory notes to the BGM 1:100.000, Savezni geološki zavod, Beograd, 54 pp. (in Serbo–Croatian, English and Russian summaries).
- FILIPOVIĆ, I., MARKOVIĆ, B., PAVLOVIĆ, Z., RODIN, V. & MARKOVIĆ, O. 1978. Geology of the Sheet Gornji Milanovac (L34–137), Explanatory notes to the BGM 1:100.000, Savezni geološki zavod, Beograd, 71 pp. (in Serbo–Croatian, English and Russian summaries).
- FILIPOVIĆ, I. & RODIN, V. 1980. Geology of the Sheet Obrenovac (L34–125), Explanatory notes to the BGM 1:100.000, Savezni geološki zavod, Beograd, 64 pp. (in Serbo–Croatian, English and Russian summaries).
- 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.
- MALEŠEVIĆ, M., VUKANOVIĆ, M., OBRADINOVIĆ, Z., DIMITRIJEVIĆ, M.N., BRKOVIĆ, T., STEFANOVIĆ, M., STANISAVLJEVIĆ, R., JOVANOVIĆ, O., TRIFUNOVIĆ, S., KARAJIČIĆ, S., JOVANOVIĆ, M. & PAVLOVIĆ, Z. 1980. Geology of the Sheet Kuršumlija (K34–31), Explanatory notes to the BGM 1:100.000, Savezni geološki zavod, Beograd, 57 pp. (in Serbo–Croatian, English and Russian summaries).
- MARKOVIĆ, B., UROŠEVIĆ, M., PAVLOVIĆ, Z., TERZIN, V., JOVANOVIĆ, Ž., KAROVIĆ, J., VUJISIĆ, T., ANTONIJEVIĆ, R.,



- MALEŠEVIĆ, M. & RAKIĆ, M. 1968. Geology of the Krajevo Sheet (K34–6), Explanatory notes to the BGM 1:100.000, Savezni geološki zavod, Beograd, 57 pp. (in Serbo–Croatian, English and Russian summaries).
- MARKOVIĆ, B., VESELINOVIĆ, M., ANDJELKOVIĆ, J., STEVANOVIĆ, P., ROGLIĆ, Č. & OBRADINOVIĆ, Z. 1985. Geology of the Sheet Beograd (L34–113), Explanatory notes to the BGM 1:100.000, Savezni geološki zavod, Beograd, 52 pp. (in Serbo–Croatian, English and Russian summaries).
- PAVIĆ, A., MENKOVIĆ, LJ. & KOŠČAL, M. 1983. Geology of the Uroševac Sheet (K34–55), Explanatory notes to the BGM 1:100.000, Savezni geološki zavod, Beograd, 50 pp. (in Serbo–Croatian, English and Russian summaries).
- PAVLOVIĆ, Z. 1980. Geology of the Sheet Smederevo (L34–126), Explanatory notes to the BGM 1:100.000, Savezni geološki zavod, Beograd, 52 pp. (in Serbo–Croatian, English and Russian summaries).
- UROŠEVIĆ, M., PAVLOVIĆ, Z., KLISIĆ, M., KARAMATA, S., MALEŠEVIĆ, M., STEFANOVIĆ, M., MARKOVIĆ, O. & TRIFUNOVIĆ, S. 1973a. Geology of the Novi Pazar Sheet (K34–3), Explanatory notes to the BGM 1:100.000, Savezni geološki zavod, Beograd, 77 pp. (in Serbo–Croatian, English and Russian summaries).
- UROŠEVIĆ, M., PAVLOVIĆ, Z., KLISIĆ, M., MALEŠEVIĆ, M., STEFANOVIĆ, M., MARKOVIĆ, O. & TRIFUNOVIĆ, S. 1973b. Geology of the Vrnjci Sheet (K 34–18), Explanatory notes to the BGM 1:100.000, Savezni geološki zavod, Beograd, 69 pp. (in Serbo–Croatian, English and Russian summaries).
- VUKANOVIĆ, M., DIMITRIJEVIĆ, M.N., DIMITRIJEVIĆ, M.D., KARALIĆIĆ, LJ., RAJČEVIĆ, D. & PEJČIĆ, M. 1982. Geology of the Sheet Podujevo (K 34–43), Explanatory notes to the BGM 1:100.000, Savezni geološki zavod, Beograd, 54 pp. (in Serbo–Croatian, English and Russian summaries).

## Резиме

### Доњокредни парафлиш Вардарске зоне: састав и склоп

Вардарску зону, веома важан и веома контроверзан члан геологије Балканског полуострва испитивали су и описивали бројни истраживачи, дајући јој различит значај, различиту припадност, различите поделе и различиту геотектонску важност. Идеја о Вардарској зони као “унутрашњим Динаридима” напуштена је, срећом, већ дуго времена у кругу озбиљних истраживача, што је отворило могућности за озбиљно испитивање њеног значаја и историје.

Један веома упадљив појас у њој карактерише дебела доњокредна сукцесија која показује само извесне флишне карактеристике па су је МАРА Н. ДИМИТРИЈЕВИЋ и МИЛОРАД Д. ДИМИТРИЈЕВИЋ описали као парафлиш (1974 и други радови).

Ови слојеви сада граде узан појас пружања ССЗ–ЈИИ, само изузетно шири од 14 km, али дуг вероватно својих 250 km. О његовом северном делу

(Авала и Космај) још увек се дискутује у погледу припадности овој или суседној области, па он овде није детаљније разматран. Парафлиш је са обе стране затворен узаним појасима базита и ултрамафита са нешто горњојурских кречњака, а кредне творевине суседних региона су потпуно различите. Јужни део парафлиша је еродован, са подручјем Криве Реке (ЈЗ од Новог Брда) као јединим заостатком.

Оригинална подина басена откривена је само на крајњем југу, у области Новог Брда, као што показује подручје Криве реке. Ово подручје је грађено од пренабраних, јако тектонизованих и разломљених слојева који не показују карактеристике маргиналних јединица. Положај му није јасан и вероватно је последица сложених тектонских процеса.

## Парафлиш

Изнад базалне јединице парафлиш граде две мегасеквенце, од којих свака има кластични доњи и карбонатно-кластични горњи део. Вертикални односи ових јединица нису били видљиви на бројним локалитетима, тако да су и делимични бочни прелази такође могући. На бази свих расположивих седиментолошких и биостратиграфских података, парафлиш је изнад базалне јединице издељен на шест јединица. То су: (А) микроконгломератско-аренитска јединица (без биостратиграфских података о старости), (В) алевролитско-кречњачка јединица (валендин–отрив), (С) аренитско-алевролитска јединица (барем–апт), (Д) кречњачко-аренитска јединица (алб–ценоман) и (Е) маргиналне јединице (Е1 и Е2; вероватно латерални еквиваленти највиших јединица).

## Базална јединица

Ова јединица, која није свугде добро откривена и у великом делу је тектонизована, ипак показује јасан дискордантан карактер. Она се посебно јасно може пратити дуж пута Подужево–Лебане на Преполцу, изнад офиолитског меланжа и кристаластих шкриљаца. Јединица је углавном састављена од грубозрних стена, са блоковима чак и до 80 m у пречнику. Рудити се састоје највећим делом од стена из меланжа, кристаластих шкриљаца и беријаских кречњака. На Преполцу се они састоје скоро у потпуности од беријаских кречњака, тако су сматрани мезозојском подином парафлиша. На Разбојни су, опет, сенонски кречњаци са глоботрункама били приписивани парафлишу. Све ове творевине су карактеристично неорганизоване, врло слабо сортиране, често мономиктног или олигомиктног састава, са угластим блоковима, што све указује на врло брзо и катастрофично тоњење и депозицију, без прогресивне абразије типичне за трансгресију.

Веома су занимљиви положај и типови кречњака који су нађени у базалној јединици. Из разних локалитета су описана два типа кречњака – плиткоморски, добрим делом спрудни, и басенски са аптихусима. Односи ових типова нису описани у тумачима ОГК СФРЈ (1:100.000), делом због врло сложене састава области, а делом због концепцијских разлика међу ауторима. Ипак изгледа да је отварање трога започето у најгорњој жури у плитком мору са спрудовма које је било везано са широким отвореним и плитким басеном.

### Микроконгломератско-аренитска јединица

Ова јединица, дебела 80 до 100 m, издањује дуж југоисточног обода басена и у језгрима антиклинала. Састоји се од конгломерата, неорганизованих шљунковитих пешчара (грубозрних фелдспатских субграувака и граувака), масивних пешчара, фација клизишта, нормалних турбидита, алевролита и подређених других фација. Рудити носе фрагменте титон-беријаских кречњака, кристаластих шкриљца и других стена. Чести су олистостроми, флуко-турбидити и танки слојеви конгломерата. Процент  $\text{CaCO}_3$  је низак. Међу тешким минералима истиче се гранат (преко 50%), праћен турмалином, рутилом, цирконом и другима. Турбидити су подређени. Они су проксимални, показујући интервал градијације и доњи интервал хоризонталне ламинације. Интервал *c* носи крупну конволуцију, а други интервали су већином одсутни. Трагови на доњим површима слојева су ретки – отисци трагова течења и отисци трагова предмета. Ретки органски трагови показују само најједноставније облике. Оскудна осматрања указују на лонгитудинални палеотранспорт према југ-југоистоку.

### Алевролитско-кречњачка јединица

Ова јединица се вероватно јавља у подручју Авала–Космај преко меланжа, са дебљином од 100–200 m. Она се ту састоји од алевролита и лаповитих кречњака, са нешто калкаренима и микрита. Јединица је најбоље развијена у подручју Брус–Подујево где лежи преко јединице А, са дебљином од 90 до 150 m. Састоји се од алевролитских ламинита, ситнозрних граувака, глинача и плочастих пелашких микрита, дисталних турбидита, нешто депоната клизишта и ретких нормалних турбидита. Слојеви су већином тамни, танки, а састоје се од ситнозрних стена које одговарају спољњој лепези и басену, можда и активном делу спољње лепезе са довољно стрмим падинама (клизишта). Највећи део јединице граде алевролитско-пелитске стене са много феномена клижења. Градациона слојевитост је ретка, и преовађују различити типови ламинације

је течења. Органске структуре су бројне и специфичне. У тешкој фракцији преовлађују илменит и магнетит, са ретким гранатом. Микрофауна је оскудна и лоше очувана (ситне глоботрункане, радиоларије, бриозои, фрагменти милиолида) указујући на валендин-отривску старост.

### Аренитско-алевролитска јединица

То је најдебља јединица (преко 600 m у Гледићким планинама), која издањује на највећем простору. Њен доњи део је ситнозрнији, док је горњи крупнозрнији. Доњи део јединице носи ретке и танке флуко-турбидите и олистостроми, осим у западном делу подручја Рудника. Турбидити се састоје од танког интервала градијације, интервала *b*, интервала *c* са врло карактеристичном ситном косом и таласастом ламинацијом, местимице и конволуцијом. Секвенце су већином подсечене и одсечене, а турбидити су често подређени. Врло чести и карактеристични су нетурбидитски ламинити, депоновани зрно-по-зрно, са ламинацијом течења и ситним траговима таласа који указују на доњи режим тока са ниском енергијом средине. Подморска клизишта су честа у овом делу јединице. Трагови на доњим површима слојева су ретки (отисци трагова отирања и задирања, ретки ситни трагови вучења). Ретки подаци мерени у подручју Гледића показују палеотранспорт према југозападу, ређе истоку, а у подручју Брус–Подујево према југ-југозападу, југу и југ-југоистоку. Депонати овог дела јединице одговарају спољњој лепези, делом и средњој лепези са депозиционим лобовима. Они се већином састоје од дисталних турбидита, турбидита, ређе од организованих шљунковитих пешчара, масивних пешчара, танких слојева ситнозрних пешчара и врло ретких депоната клизишта. Процент  $\text{CaCO}_3$  је упадљиво низак. Стене су претежно ситнозрне лискуновите грауваке и алевролити. Овај део јединице дебео је око 80 m у подручју Рудника, а око 200 m у његовом западном делу. У Гледићима дебљина му је око 300 m (према неким проценама чак и преко 600 m), док у подручју Брус–Подујево варира између 150 и 500 m. Фауна је врло оскудна (Рудник), у великом делу транспортована из плићих маринских региона и показала је барем-аптску старост. Горњи део јединице је упадљиво крупнозрнији, састојећи се од дебелослојевитих аренита и микроконгломерата депозиционих лобова средње лепезе, местимице и са каналским асоцијацијама. Карактеристични су организовани шљунковити пешчари, масивни пешчари и нормални турбидити, са нешто дисталних турбидита, организованих конгломерата, неорганизованих шљунковитих пешчара, творевина клизишта и олистострома. Палеотранспорт је у северном делу трога према југ-југозападу, а у Гледићима према југоистоку. Дебљина износи 350 m у запад-

ном делу подручја Рудника; у источном делу овог дела јединице нема, а у Гледићима дебелина расте на неких 100 m. Према подручју Брус–Подујево дебелина овог дела јединице поново расте на 300 m.

### Кречњачко-аренитска јединица

Ова јединица, већином дебела 100 до 150 m, карактерише се високом садржајем  $\text{CaCO}_3$  у већини стена, и релативним богатством аренита. Она одговара спољној лепези са извесним утицајима басена и активног дела спољне лепезе. Састоји се највећим делом од дисталних турбидита и танкослојевитих ситнозрних пешчара, са нешто типских турбидита, депоната клизишта и пелашких до хемипелашких творевина, уз мало масивних пешчара. Турбидити су већином без интервала градације, са осталим добро развијеним интервалима. Местимично се запајају и сенилни турбидити, али ортоламинити преовлађују. Најважнији су алевролити, субграуваке и вапновите грауваке, заједно са лапорцима, лапоровитим микритима и градираним песковитим интраспаритима. У доњем делу јединице преовлађују ламинирани лапорци, а за горњи део јединице карактеристични су кречњачки ламинити и интраспарити у добро одвојеним слојевима. У тешкој фракцији доминира епидот, са нешто турмалина и илменит-магнетита. Трагови на доњим површима су изванредно ретки, а представљени су углавном отисци трагова предмета. Палеотранспорт је према југ-југозападу до југ-југоистоку. У биомкритима су нађене ситне пелашке глобигерине заједно са транспортованим формама, што све указује на алб-ценоман.

### Маргиналне јединице

Јужни завршетак парафлишне области карактерише изразита промена фауна, тако да се јединице из главнине трога више не могу разазнати. Депонати трога граде овде појас широк неколико километара, са две јединице које се међусобно разликују: олистостромском (E1) и карбонатно-кластичном (E2). Структура подручја не дозвољава сигурну одредбу односа ових јединица, али је олистостромска вероватно нижа. Бочни односи ових јединица са главнином трога нису видљиви, али се оне сматрају еквивалентима виших јединица трога, са могућим прелазом у ценоман. Јединица показује јасан проксимални карактер, депонована на нестабилној падини. Олистостромска јединица се састоји углавном од олистострома, организованих конгломерата, масивних пешчара и турбидита, нормалних и дисталних. Олистостроми су дебели и преко 10 m. Они се састоје од алевритске основне масе са кластима и деловима слојева аренита из саме јединице, са нешто фрагмената кристаластих шкриљаца из суседне Велешке

серије. Аренити граде дебеле слојеве са бројним депонатима клизишта. Конгломерати су ређи, са валуцима већином од кварца и лидита, заједно са стенама из саме јединице у депонатима клизишта. Карбонатно-кластична јединица, дебела вероватно око 150 m, углавном је грубозрна. Она се састоји од дебелих слојева калцирудита са микроконгломератима, грубозрним аренитима и ламинираним лапоровитим алевролитима. Турбидити се јављају само изузетно. Хоризонти кречњака су дебели по неколико метара, показујући врло често карактеристичну секвенцу: рудитски базални део, са фрагментима кречњака до 10 cm у пречнику; они се градирају у кластите од валутака пречника 2–3 cm; секвенце се завршавају грубо ламинираним песковитим калкаренитима и најзад листастим микритима. Неке сличне секвенце, са истом организацијом дебеле су и више декаметара. У овим јединицама нису нађени фосили.

### Депозициона историја басена

Реконструкција кретања у басену била је увелико отежана бројним факторима. Депонати басена су, пре свега јако тектонизовани, тако да је оригинална ширина басена увелико редукована набирањем и тектонским раскидањем и раздвајањем делова. То је утицало и на нејасност дебелина и односа јединица. Интерпретација депозиционих средина је на неким местима несигурна за поједине јединице, пошто су осматрања потребна за добијање закључака била недовољна. Осматрања су вршена у разна времена, од стране разних истраживача и на бази различитих схватања. Временске координате јединица одређене су врло нашироко и на бази оскудне документације, пре свега због ретке и слабо очуване фауне, као и због јасног мешања фауне различитог порекла у изворима података (из валутака и фрагманата из истодобних творевина; редепоноване из старијих слојева) што је отежавало искоришћавање и интерпретацију података. Подаци о палеотранспорту нису систематски прикупљани током картирања тако да оно мало њих потиче из изолованих итинерера седиментолога. Ови подаци показују широко расипање, за које разлог није јасан (расипање палеотранспорта, превише мали узорак). То је учинило практично немогућим реконструкцију геометрије басена. Најзад, интерпретације су биле неопходно оптерећене концепцијама истраживача гдегод је недостајала одговарајућа материјална аргументација. Због тога су могућа само прелиминарна разматрања, базирана на постојећим подацима. Врло оскудна осматрања палеотранспорта показују преовлађивање лонгитудиналног југ-југоисточног смера, уз широко разасуте бочне правце који показују да је басен био храњен и са западног и са источног обода. То искључује идеју о депозиционом басену као маргин-

алном застору, и дефинише га као трог који је са обе стране имао изворишна подручја материјала. На то такође указује и присуство плиткоморских творевина најгорње јуре дуж делова оба обода парафлишног басена, што искључује океанску хипотезу депозиције. Кластична база се јавља само у подручју Авала–Космај као танак застор испод јединице В, и дуж источног обода подручја Брус–Подујево, где гради дебелу подину јединице А. То упућује на идеју да је басен суперпонован преко офиолитског меланжа у хоризонтално разуђеном простору, где је тоњење почело на југоистоку, са катастрофичним потањањем и веома брзом денудацијом. Створен је систем са депонатима средње лепезе само у источном делу подручја Брус–Подујево (јединица А), са могућим делимичним простирањем све до западног обода. Депонати спољње лепезе следе (јединица В) што се запажа практично дуж целог источног обода. Ако се узме у обзир одсутност јединице В у једном делу западног обода (Врњци) може се претпоставити да секвенца указује на миграцију басена према истоку. Доњи део јединице С (С1), који напредује према западу, вероватно означава једну проградациону фазу представљајући депозицију у средњој до спољњој лепези са депозиционим лобовима. Јединице С2 нема северно од Гледића. Она је депонована у средњој лепези са каналима. Појављивање ове јединице само у Гледићима и у подручју Брус–Подујево могло би указивати на даљу проградацију са изградњом једне уже лепезе на југоисточном делу области. То потврђује и палеотранспорт према југозападу и југ-југозападу осматран на листу Краљево у овој јединици.

### Склоп басена

Реконструкција интерне структуре басена била је увелико отежана бројним факторима. Набирање је веома сложено, са честом транспозицијом ss-површи и широким тектонским зонама које прекидају континуитет јединица. Степен деформисаности је крајње неуједначен – постоје делови стуба где су слојеви мирни и униформни, једва деформисани, заједно са декаметарским до хектометарским подручјима која су крајње деформисана и разломљена дуж кливажа или шкриљавости. Главне s-површи у великом делу стуба представља кливаж, који деформише слојевитост и до потпуне транспозиције. Анализа слојевитости урађена је на различитим нивоима, од најрегионалнијег до детаљних. Дијаграми склопа показују оријентацију слојних површи за цео басен како је забележена на штампаним картама и мерена на терену (укупно 1383 пола; D-01), у сваком од 8 блокова на које је басен био подељен (D1 до D8) и на теренским осматрањима. Сви дијаграми су рађени рачунарским програмом Сферистат, те се донекле разликују од оних који се раде ручно.

### Све ss површи (D.01)

Полови слојевитости су широко расути око главног максимума који одговара паду 75/47, са суб-максимумом 251/46. Статистичка б-оса тоне 163/3, а статистичка аксијална равна је грубо вертикална 163–343. Ови подаци се поклапају са пружањем парафлишног трога (163–343). На дијаграму полова D.01 види се да су подаци јако расути и да је склоп слабо уређен. Склоп је грубо моноклиничан, одговарајући виртуалном асиметричном набору са боље развијеним северозападним и слабије развијеним југозападним крилом, са субхоризонталном осом и вертикалном аксијалном равни.

### Преврнути слојеви (D.02)

У дијаграму D.02 са 30 полова преврнутих слојева појављују се два максимума који одговарају падовима 89/66 и 249/74, а праћени су субмаксимумима 63/65, 7/78 и 1/54 са преврнутим слојевима скоро подједнако распоређеним у оба максимума. То показује да набори у области немају униформну вергенцу, него граде неку врсту лепезе са вергенцама и према запад-југозападу и према исток-североистоку.

### Осе набора (D.03)

Осе b биле су мерене на свим *sp-m* наборима где је то било могуће (укупно 111 мерења). Полови граде максимум који одговара тоњењу од 356/18, са широким и дисконтинуираним појасом управном на осу *a*. Дobar пример оријентације *b* оса показује дијаграм D.04 (домен Мерћез–Куршумлија) где су полови расејани дуж круга управног на нову *b* осу и дијаграм D.05 (Мургула), где осе граде максимум на 28/60.

### Аксијалне површи (D.05)

На терену су мерене 44 аксијалне површи набора, већином метарских величина. Број мерења је доста мали, пошто су на терену такви набори осматрани само изузетно. Полови су расути, са два максимума који одговарају падовима 98/82 и 49/72. Иако су стрми, ови максимуми се не поклапају са виртуелном аксијалном равни свих познатих *ss* површи – осматрани метарски набори показују западну и југозападну вергенцу.

### Кливаж (D.06)

Механичке *s* површи које не представљају слојне површи означаване су као кливаж. Измерено је 166 равни у целој области парафлиша. Дијаграм по-

казује максимуме 70/44 и 0/0, што би одговарало наборима главне фазе.

### **Пресек кливажа и слојева (D.07)**

Кад је кливаж паралелан са аксијалним површи-ма а набирање је регуларно са ромбичном или моноклиничном симетријом, пресечне праве слојева и аксијалног кливажа треба да буду паралелне са регионалном осом набора. Дијаграм D.08 приказује 125 пресека конструисаних на свим осматраним наборима. Полови су расути у расплинутом појасу нормалном на осу  $a$ , са неколико максимума од којих је регионалној оси  $b$  најближи онај са тоњењем 148/20. Ово показује да је симетрија склопа блиска триклиничној симетрији.

### **Набирање – ближе испитивање**

Да би се избегло “пеглање” својстава наборног склопа сувишном генерализацијом област је поде-

љена на 8 блокова (D1–D8). Најмањи је блок 1 (северозападни обод) који једини садржи базу, док су остали блокови мање-више подједнаке величине. Табела 1. показује да само блок 4 изразито одступа јер су у њему већином падови ка југозападу, док у осталим блоковима претежу падови ка југоистоку.

### **Дискусија**

Дијаграми појединачних блокова показују да је део области претрпео благу ротацију око осе  $a$ , која није била праћена пенетративном деформацијом стена (D8). Блок 4 показује ротацију око осе  $a$ , тако да је вероватно представљао осу регионалне ротације. Ово испитивање показује такође да се правилности познате из модела елипсоида деформација могу практично користити само у широком статистичком смислу, и да појединачна мерења треба посматрати са одговарајућом сумњом.