

The geological significance of Majstorska Cesta – a historical road on Velebit Mt. with a special review of Jurassic carbonate rocks

Rudarsko-geološko-naftni zbornik
(The Mining-Geology-Petroleum Engineering Bulletin)
UDC: 551.7:551.8
DOI: 10.17794/rgn.2020.3.5

Review scientific paper



Ivo Velić^{1,3}; Josipa Velić^{2,3}

¹ Croatian Geological Survey, Sachsova 2, 10000 Zagreb, Croatia

² Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, University of Zagreb, Pierottijeva 6, 10000 Zagreb, Croatia;

³ Croatian Geological Summer School, Pančićeva 5, 10000 Zagreb, Croatia

Abstract

Majstorska Cesta is a historical road along Velebit Mt., NW of Sveti Rok, preserved in its original state since opening in 1832 and therefore added to the cultural heritage list of the Republic of Croatia in 2007. The road passes through sedimentary rocks ranging in age from Upper Carboniferous to Upper Paleogene, i.e. from 315 Ma until approx. 25 Ma old rocks (a time span of 290 Ma). These are mostly well exposed limestones and dolomites, sporadically clastics. Such rocks build up not only Velebit Mt., but also the entire Karst Dinarides. As such, they represent a unique natural museum important not only for the Croatian landscape, but also for all countries with shallow marine carbonates in the Mediterranean Region and wider, i.e. areas of Mexico, the Caribbean, along mountains like the Atlas, the Pyreneans, the Alps, the Carpathians, the Dinarides, the Helenides, the Pontides, the Taurides, the Iranides and the Himalayas. The most important geological feature is a section from Mali Alan Saddle to Tulove Grede Ridge. It is a continuous section along the Jurassic carbonates, typical for the Karst Dinarides, of stratigraphic period from Hettangian to Middle Tithonian (201.3-148 Ma), comprising the typical (index) fossils and complete geological rock sections, including contact between Jurassic and Triassic rocks. The authors have researched Velebit Mt. since 1962 until recent times, and thus recognize the necessity to preserve the described Jurassic rock outcrops. They describe the geology of Majstorska Cesta from Sv. Rok to Obrovac.

Key words:

stratigraphy, carbonates, Jurassic, Majstorska Cesta, Velebit Mt, Karst Dinarides, Croatia

1. Introduction

Majstorska Cesta on Velebit Mt., connects Sv. Rok and Obrovac. It is protected as a natural monument, according to Croatian legislature. The road has been built over Upper Carboniferous, Middle and Upper Permian, Triassic, Jurassic, Cretaceous, Palaeogene and Quaternary rocks. The outcrops of Jurassic carbonates between Mali Alan Saddle and Tulove Grede Ridge are especially important, because they are of unique and scientifically important value in Croatia as well as worldwide.

The road transversely crosses almost a completely Jurassic sequence (201.3-148 Ma). It offers an exceptional view into the geological history of the Karst Dinarides, particularly the fossiliferous Jurassic rocks, comprising index fossils for a complete stratigraphic span, including contact with Triassic as well as Cretaceous and Palaeogene rocks. The Velebit Mt. Jurassic rocks were deposited on the Adriatic Carbonate Platform (AdCP; **Vlahović et al., 2005**), which existed during the Meso-

zoic Era over the area of the present-day Karst Dinarides. It comprises carbonate sequences of total thickness between 6 and 12 km. The size and age of the AdCP define it as a remarkable geological phenomenon in the world, which is continuously scientifically researched. Therefore, it is very important to preserve such localities and outcrops, keeping the evidence of the AdCP evolution intact.

With respect to the fact that Majstorska Cesta is already protected as tangible cultural heritage (under the category of protected cultural property), the exposed geological heritage can represent additional value for visitors. Such heritage must be described, explained and presented to the public in handbooks, informative pamphlets and signs.

The announcement of the renewal of this locality impelled us to prepare this review. This paper recommends that the representative and exceptional geological outcrops, from the Upper Palaeozoic to Mesozoic and Cenozoic, should be evaluated and considered as a part of national geological heritage. In that case, they would be preserved during the road reconstruction and presented to visitors on informative signs along the road. In this

way, visitors could also use this road as an educational trail. Visitors of the Nature Park would be able to appreciate interesting and informative descriptions of the particular sites and sections, beautiful viewpoints and geological history of Velebit Mt. and the Croatian karst.

2. History

Majstorska Cesta had been planned with the purpose to shorten the voyage from Vienna, as a capital and land-



Figure 1: A geographic sketch map of the Majstorska Cesta location (after Cernički & Forenbaher, 2016; legend: 1 = Dalmatina Road, 3 = Obrovac roundabout and road toward Jesenice, 9 = Majstorska Cesta)

locked part of the Austro-Hungary monarchy, to Dalmatia and its administrative centre Zadar. The construction of that trans-Velebit road started in 1825, from Obrovac to Tulove Grede, crossing the Alan Depression, Mali Alan Saddle towards Sveti Rok. Frontier officer Josip Kajetan Knežić, the famous builder of mountain roads, prepared the first independent project and construction works.

The road is 41 km long. It was completed in 1832 and named Majstorska Cesta (= Craftsman Road). The name reflects the way in which Knežić built the road across the steep Velebit Mt. slopes, with numerous serpentines, among canyons and gulches, which represented great progress in road construction for that time. The maximal road dip was up to 5.5%, corresponding to current rules for road building (Cernički and Forenbaher, 2016). That new Velebit transversal had been used for trade and postal traffic between Vienna and Zadar, which lasted until the early 60's of the 20th century, i.e. until the opening of the Jadran Highway (Jadranska magistrala), and later the Lika Highway (Lička magistrala) connecting Gračac, Bruvno, Udbina and Plitvička jezera. Majstorska Cesta passes near the geomorphologically famous feature Tulove Grede Ridge, which is composed of vertical carbonate plates, beams and pillars as well as the attractive Alan Depression.

Majstorska cesta is a historical Velebit pathway (see Figure 1) and that is the reason it was included on the list of cultural heritage of the Republic of Croatia in 2007. Its main value is the fact that the road has been preserved since 1832 with its original route from the Paljenik locality (see Figure 2a, b) on the NW point of Sveti Rok to Obrovac (see Figure 3). Its cuttings and outcrops comprise the rocks of very wide stratigraphic range, from Upper Palaeozoic to Lower Cainozoic (i.e. Upper Carboniferous to Upper Palaeogene; 315 to 25 Ma, 290 Ma in total). Thus, the deposits along the road



(a)



(b)

Figure 2: The start of Majstorska Cesta in Sv. Rok, on the crossroad with Dalmatina Road (a) and the original milestone from the 30's in the 19th century (b)

represent a natural geological museum of carbonates of the Dinaric Karst. The road was built from Obrovac to Sveti Rok, but the geological review in this paper runs in the opposite direction, thus respecting the rule that the oldest rocks are the first to be described. **Figures 4 and 5** present the parts of the Basic Geological Maps of SFRY (1:100000), Obrovac (**Ivanović et al., 1973**) and Udbina (**Šušnjar et al., 1973**) sheets, with selected parts of the geological maps of Lika and Velebit where the road was constructed.



Figure 3: Toward the geological point near Majstorska Cesta in Obrovac, along the bridge on the E (right) bank of the Zrmanja River

The first important geological research on Majstorska Cesta and the surrounding area took place in the 1st decade of the 20th century, with data presented on geological map sheets Medak – Sv. Rok (**Koch, 1909a; Schubert, 1909a, 1909b**) and their explanatory books (**Koch, 1909b, Schubert, 1910**). Since that time, until the research for the Basic Geological Map of SFRY 1:100000, i.e. for seven decades, no significant explorations had been recorded.

Nikler and Sokač (1968) published the biostratigraphical data from Velebit Mt. and **Jelaska and Velić (1971)** described the lithostratigraphy of the Lower Jurassic deposits exposed along the road. During the explorations for the Basic Geological Map, the sheets Udbina (**Šušnjar et al., 1973**) and Obrovac (**Ivanović et al., 1973**), as well as their explanatory books (**Sokač et al., 1976** for Udbina; **Ivanović et al., 1976** for Obrovac) were published.

Some valuable data was published in the guidebook of the 9th *International symposium on fossil algae* (**Grgasović & Vlahović, eds., 2007**) on Majstorska Cesta, where in the introduction **Velić (2007a)** described geological characteristics of Velebit Mt. **Grgasović and Sokač (2007)** presented Permian Mizzia Dolomites (Micijski dolomiti) in Sv. Rok, **Grgasović (2007)** Ladinian Diplopورا Limestones, **Sokač (2007a)** Lower Jurassic with algae *Palaeodysycladus*, **Velić (2007a, b, c)** Lower Jurassic Orbitopsella Limestones, Lithiotis Lime-

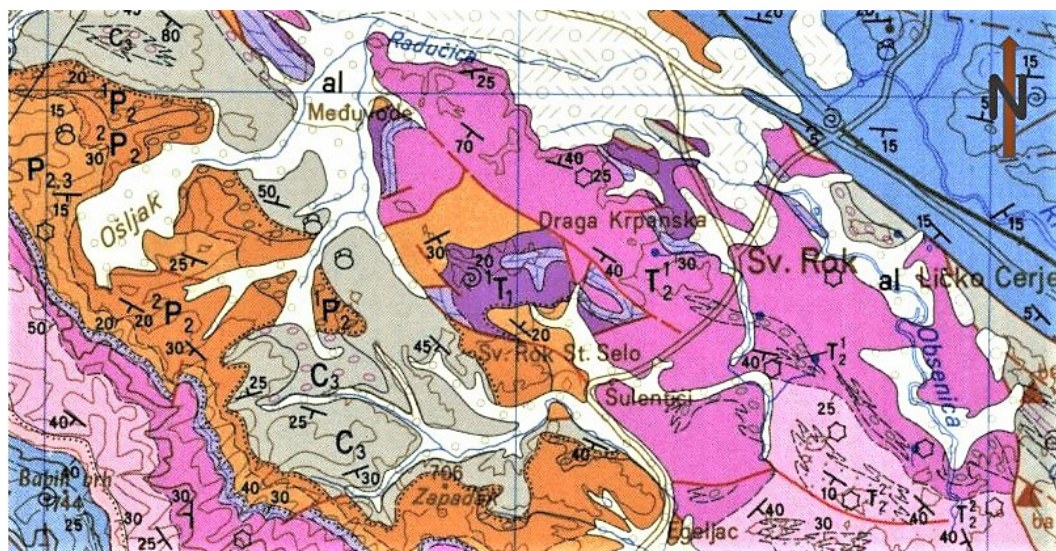


Figure 4: A part of the Basic Geological Map of SFRY 1:100000, Udbina sheet (**Šušnjar i dr., 1973**) with a section of Majstorska Cesta in Sv. Rok; legend (for **Fig. 4** and **Fig. 5**): C₃ = shales, sandstones, conglomerates and limestones, Upper Carboniferous; ¹P₂ = conglomerates, Middle Permian; ²P₂ = Brušane sandstones, Middle Permian; P_{2,3} = Mizzia dolomites, Middle and Upper Permian; ¹T₁ = sandy dolomites and micaceous sandstones, Lower Triassic; ¹T₂ = Diplopورا limestones, Middle Triassic, Anisian; ²T₂ = Diplopورا limestones with lenses of tuffitic siltites, Middle Triassic, Ladinian; T_{3^{1,2}} = Raibl siltstones, sandstones and conglomerates, Upper Triassic, Carnian and Norian; T_{3^{2,3}} = Main dolomite (Hauptdolomit), Upper Triassic, Norian and Rhaetian; J₁ = Mali Alan, Lithiotid and Spotted limestones with dolomite intercalations, Lower Jurassic; J₂ = Alan limestones with dolomite intercalations, Middle Jurassic; J_{3^{1,2}} = Alanac limestones and dolomites, Upper Jurassic, Oxfordian and Kimmeridgian; J_{3^{2,3}} = Clypeina limestones with dolomite intercalations, Upper Jurassic, Kimmeridgian and Tithonian; K_{1,2} = Limestones, dolomites and dolomite breccias, Lower and Upper Cretaceous; K_{2^{1,2}} = Rudist limestones and dolomites, Upper Cretaceous, Cenomanian and Turonian; Pg, Ng = Velebit breccia and Promina conglomerates, Palaeogene and Neogene; pr = proluvial gravels and sands; al = alluvial deposits; b = pond deposits

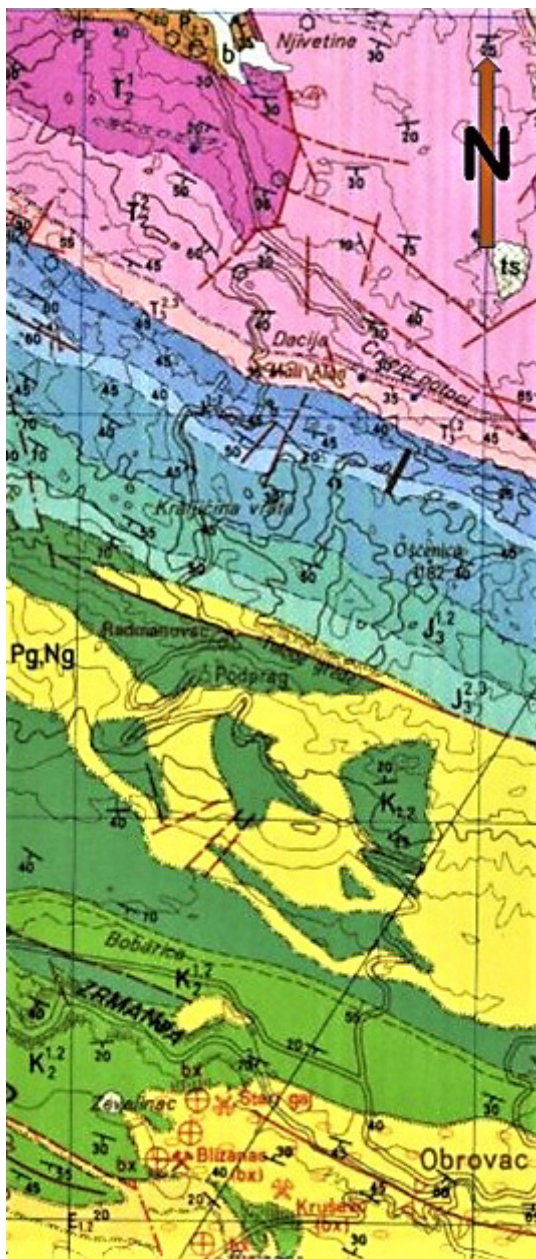


Figure 5: Geology of the larger part of Majstorska Cesta, from Egeljac in Sv. Rok, crossing the Velebit Mt., toward Obrovac; shown on the Basic Geological Map of SFRY 1:100000, sheet Obrovac (Ivanović et al., 1973)

stones and Spotted Limestones, Sokač (2007b) Upper Jurassic Limestones, and Velić et al. (2007) Oligocene – Miocene Jelar Breccia (i.e. Velebit Breccia). One of the more recent papers (Velić, 2010) presents a short description of Velebit Mt. geology. This paper describes the entire road section, with an emphasis on geological showpieces.

3. Results

Majstorska Cesta is described from the older toward the younger stratigraphic units, starting with the Sv. Rok locality, across Velebit Mt., towards Obrovac. At the

start, from Paljenik to the centre of Sv. Rok, the road was first laid on the proluvial Quaternary deposits, and sporadically on the Carboniferous shales and sandstones and on the Lower Triassic micaceous sandstones.

In the majority of Sv. Rok, the road was built over the Middle Triassic Diplopora Limestones, and, near Šulentić, on the Permian Mizzia Dolomites (see Figure 6). Further, up until Egeljac, it is positioned on the alluvial deposits between the Diplopora Limestones and the Mizzia Dolomites.



Figure 6: Upper Permian Mizzia Dolomite on the peak above road bend from Šulentić to Egeljac (scale – geological hammer is 31 cm long); very rich in microfossils – calcareous algae, the most important is famous species *Mizzia velebitana* (described in the Permian of the Velika Paklenica) and fusulinid foraminifera

On the northern slope of Velebit Mt., from Egeljac to Dacija, the road lies over the Middle Triassic, grey, marble-like, massive and karstified Anisian Diplopora Limestones, until halfway towards Crveni potoci (see Figure 5). Near the hill 852 and at the sharp bend, on the NE side of Šiljci Ridge, is a branch of the forest path into the geologically remarkable location Crveni potoci, about 600 m away. There is an open erosional contact between the Middle and Upper Triassic deposits, about 2 km long. Karstified grey Diplopora Limestones of Ladinian age have been deposited in subtidal zone and overlain by brownish Raibl Clastics, dominantly siltites with sandstone and scarce conglomerate intercalations. These are terrestrial sediments, painting the nearby Crveni potoci (=Red Creeks) into a brownish-red colour (see Figures 7 and 8). Overlying, Upper Triassic, grey and brown Main dolomites, were deposited at the wide-spread tidal flat plains of the Tethys Ocean. Majstorska Cesta is, from the extension towards Crveni potoci and further into Dacija over a span of 3 km, still built over the Diplopora Limestones on the N slope of Šiljci Ridge (see Figure 9), all over the next eastern extension in the forest. From that crossroad to Mali Alan Pass, the road is located on the Upper Triassic Main Dolomite (see Figure 10), reaching the boundary between the Triassic and Jurassic deposits (see Figure 11).



Figure 7: The boundary between the Middle and Upper Triassic deposits on the W part of Crveni potoci: Middle Triassic Diplopora Limestones (upper part), continental red Raibl siltstones and sandstones with lenses of conglomerates (middle part) and Upper Triassic Main Dolomite (lower part)



Figure 10: The Main Dolomite strata with a thickness of 30 – 110 cm in the cutting of Majstorska Cesta, on the N slope of the Mali Alan Pass (scale – geological hammer is 31 cm long)

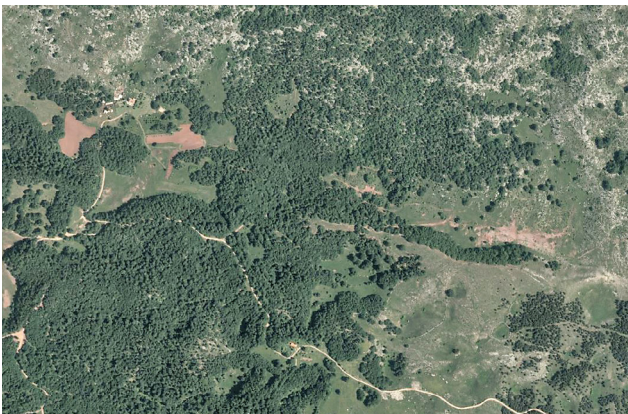


Figure 8: Satellite image (Arkod) of the Crveni Potoci (=Red Creeks) and Badek areas. Red soil produced by the weathering of the reddish Raibl siltites and sandstones is visible in the centre of the right part of the photo



Figure 11: The Triassic – Jurassic boundary: the Triassic gray-brownish Main Dolomite is overlain by the bright layer of the Lower Jurassic limestone of the Mali Alan Unit (scale – geological hammer is 31 cm long)



Figure 9: Middle Triassic, Ladinian Diplopora Limestones at the section of Majstorska Cesta on Velebit Mt. (N slopes, at Šiljci Ridge)

The road now reaches the *locus typicus* of the Lower Jurassic deposits – the Mali Alan Limestones and Dolomites (see **Figure 12**), which extend towards the shep-

herds' settlements. The road then continues through the Lithiotis limestones, and bends towards the W, where there is a viewpoint over the Alan Depression. Here, the road is almost parallel with the strike of the Lower Jurassic limestones, with sedimentological textures visible on upper surfaces, like ripple marks (see **Figure 13**) and desiccation cracks (see **Figure 14**), along with the Lithiotid coquinas (see **Figure 15**).

At the hill 105 and the abandoned quarry of the Lithiotis Limestones (see **Figure 20**) a boundary between the Lithiotis and Spotted Limestones and Dolomites (see **Figure 16**) is visible. The road continues towards the S for about 2 km.

After 150 m, on the Spotted Limestone (see **Figure 17**) the road reached the Middle Jurassic Alan limestones (see **Figures 18 and 19**), with rare intercalations of brownish dolomites (see **Figure 20**). The limestones are mostly thick-bedded and highly karstified (see **Figure 21**), grey mudstones. At Kraljičina Vrata (= Queen's Doors) point, in the road notch, a recumbent anticline



Figure 12: *Locus typicus* of the lithostratigraphic unit *Mali Alan Limestones and Dolomites* on Mali Alan Pass: an alteration of greyish limestones and brownish, late diagenetic dolomites; limestones are rich in remains of the fossil calcareous algae, mostly of the genus *Palaeodasycladus*; strata thicknesses vary from 30 to 60 cm



Figure 13: Wave ripples – *ripple marks* on the Lower Jurassic strata of the Mali Alan Limestone at the Majstorska Cesta towards the abandoned quarry (scale – geological hammer is 31 cm long)



Figure 14: Desiccation cracks on the bedding surface of the Mali Alan Limestone unit along Majstorska Cesta near the abandoned quarry (scale – geological hammer is 31 cm long)

occurs (see **Figure 22**), probably representing a syn-sedimentary sliding structure – slump.



Figure 15: Lithiotid coquina – a bed built up of Lithiotid shells (similar to the contemporary fan mussel *Pinna nobilis*), broken by the sea currents or storm waves from their living spaces and transported into the protected, calm environment; the photo was taken from the entrance of the abandoned quarry in Lithiotid Limestones; beds without shells contain numerous remains of the Lower Jurassic foraminiferal genera *Orbitopsella* and *Lituosepta*



Figure 16: Geological boundary within the Lower Jurassic carbonates between Lithiotid Limestone and Spotted Limestone and a complex texture of the bed of a Lithiotid Limestone bed (with a geological hammer, 33 cm long):
the lower part – transported Lithiotid shells,
the middle part – Lithiotid shells in living positions – very rare findings;
the upper part – again relocated Lithiotid shells

Majstorska Cesta has been cut into by the Alan limestones up to a point 200 m S from Kraljičina vrata, where the boundary of the Middle and Upper Jurassic is exposed (see **Figure 23**), i.e. between the Middle Jurassic Alan Limestones and the Upper Jurassic Alanac Limestones and Dolomites. Alanac Limestones are very fossiliferous, comprising the abundant foraminiferal tests of genera *Andersenolina* and *Chablaisia*, located at hair-pin-bends and all over the SI slope of the Kuće Marunića Ridge. There is contact with younger, Upper Jurassic, Clypeina Limestones, which spread toward Tulove Grede locality. On their N slope, there is a large sink-hole, created by the destruction of the subsurface cave roof. From the top, the valley Jurkovića Vrti is composed



Figure 17: Toarcian Spotted Limestone with a well visible thin bedded pattern of the deeper sea environments; location about 50 m S from the abandoned quarry and elevation point of 1005 m (scale – geological hammer is 33 cm long)



Figure 20: Alteration of greyish limestones and brownish dolomites, lithostratigraphic unit the Lower Alan Limestones and Dolomites



Figure 18: The boundary between the Lower and Middle Jurassic carbonates (marked by a geological hammer): the topmost part of the Lower Jurassic deposits is composed of thin-bedded brownish dolomite of the Spotted Limestone Unit. The base of the Middle Jurassic deposits is represented with dark-greyish, thick bedded limestones of the lithostratigraphic unit Lower Alan Limestones and Dolomites



Figure 21: Weathered massive Upper Alan Limestones

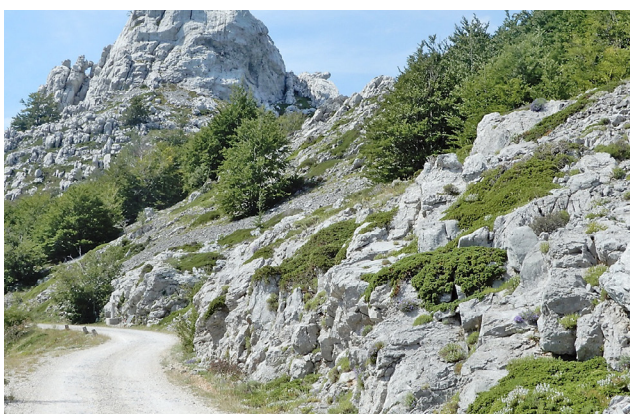


Figure 19: Karstified and fissured dark-greyish and greyish, thick-bedded Middle Jurassic carbonates of the lithostratigraphic unit Lower Alan Limestones and Dolomites



Figure 22: Recumbent fold in the Middle Jurassic Upper Alan Limestones as a result of slumping (not tectonics) during the deposition on a subtidal slope, where calcareous detritus was deposited and reached the critical weight for the gravitational transport and folding of strata

of Upper Jurassic Alanac and Clypeina limestones (see **Figure 24**).

The Tulove Grede complex represents a remarkable geomorphological landscape of Velebit Mt. They are built of the Velebit Breccia arranged in several rows of



Figure 23: The boundary Middle – Upper Jurassic between the Middle Jurassic Upper Alan Limestones (karst relief on the right part) with the Upper Jurassic Alanac Limestones (flattened slope with grass on the left)



Figure 26: Lower Cretaceous limestones outcropped by Majstorska Cesta, in the base of the Velebit Breccia in the Meki Doci locality (scale – geological hammer is 31 cm long)



Figure 24: Majstorska Cesta from Nekić to Tulove Grede is built over the Upper Jurassic Clypeina Limestones with intercalations of brownish late diagenetic dolomites



Figure 27: Majstorska Cesta in the Zrmanja River Canyon near Obrovac, cut in by the thick conglomerate strata of the Palaeogene Promina deposits

carbonate panels and columns. Majstorska Cesta is cut into the breccia on the W side of Tulove Grede Ridge.

Majstorska Cesta, from Tulove Grede to Zaton Plain, passes mostly through Velebit Breccia (see **Figure 25**), occasionally through the Lower Cretaceous limestones (see **Figure 26**). Before the crossing with the Obrovac



Figure 25: Majstorska Cesta W and SW of Tulove Grede was built up on the Velebit Breccia

roundabout, the road leaves the breccia and runs through the Lower Cretaceous limestones. The roundabout gives the best view of Tulove Grede and the S slope of Velebit Mt. where the road passes. At the very end, the road reaches the former alumina factory, where it passes over the Vrakon dolomites and dolomitic breccia and the Upper Cretaceous rudist limestones. The road ends at the bridge over Zrmanja River in Obrovac, in Promina conglomerates and sandstones (see **Figure 27**) with intercalations of marlstones.

5. Conclusion

The main geological values of Majstorska Cesta are:

- it is cut through the Younger Palaeozoic, Mesozoic and Cainozoic rocks, typical for the whole Karst Dinarides;
- Palaeozoic Carboniferous rocks in Sv. Rok and the surrounding areas, represent the basement of carbonate succession of the Karst Dinarides with a thickness of 5000-12000 m; only in the Lika foot-

hills of Velebit Mt. they are found in continuity with the younger rocks;

- Most of the rock types present along the road are rich in fossil content;
- part of the road, through the Alan Depression, from Mali Alan Pass to Tulove Grede Ridge, is the *locus typicus* of Jurassic shallow marine carbonate deposits for the entire Karst Dinarides;
- rocks along the road were presented on many geological excursions, from student's fieldtrips to large domestic and international geological meetings;
- the road has been studied in numerous scientific papers, reports, projects, graduate, master and doctoral thesis;
- detailed geoscientists' research along the road made the construction of the Sv. Rok Tunnel possible, on the A1 Highway (with a margin error of strata positions of less than 1 m).
- the road was, and always will be an attractive location for scholar, student and scientific fieldtrips, as well as for guided sightseeing tours.

Acknowledgments

The authors are grateful to Tomislav Malvić, full professor (University of Zagreb-Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering support: "Mathematical Research in Geology IV."), for professional support. Our thanks goes to anonymous reviewers as well, for their suggestions in both versions of the manuscript. They inspired us to present the obtained data in a more appropriate form and greatly improved the manuscript.

6. References

- Cernički, L & Forenbaher, S. (2016): Starim cestama preko Velebita. Libricon d.o.o., Zagreb, 227 p.
- Grgasović, T. (2007): The Sv. Rok–Mali Alan Road – Ladinian limestones with *Diplopora annulata/Kantia dolomitica*. – In: Grgasović, T. & Vlahović, I. (Eds.): 9th International Symposium on Fossil Algae - Croatia 2007, Field Trip Guidebook and Abstracts, Hrvatski geološki institut (Croatian Geological Survey), Zagreb, 29-31.
- Grgasović, T. & Sokač, B. (2007): Sv. Rok – Permian *Mizzia-dolomite*. – In: Grgasović, T. & Vlahović, I. (Eds.): 9th International Symposium on Fossil Algae, Croatia 2007, Field Trip Guidebook and Abstracts, Hrv. geol. institut (Croatian Geological Survey), Zagreb, 7-11.
- Grgasović, T. & Vlahović, I. (2007 eds.): 9th International symposium on fossil algae, Croatia 2007., Field trip and abstracts. Hrvatski geološki institut – Croatian geological survey, I-V+1-261, Zagreb.
- Ivanović, A., Sakač, K., Marković, S., Sokač, B., Šušnjar, M., Nikler, L. & Šušnjara, A. (1973): Osnovna geološka karta SFRJ, list Obrovac 1:100 000, L 33-140. Institut za geološka istraživanja Zagreb, Savezni. Geološki zavod Beograd.
- Ivanović, A., Sakač, K., Sokač, B., Vrsalović-Carević, I. & Zupanić, J. (1976): Osnovna geološka karta SFRJ, Tumač za list Obrovac 1:100 000, L 33-140. Inst. geol. istr. Zagreb, Sav. geol. zavod, 1-61, Beograd.
- Jelaska, V. & Velić, I. (1971): Stratigrafija jure južnog Velebita. (General stratigraphic review of Jurassic of the southern Velebit). Nafta, 22, 4-5, 485-495, Zagreb
- Koch, F. (1909a): Geologijaska prijedlogna karta Kraljevine Hrvatske i Slavonije .Medak i Sv. Rok, 1:75 000. Izdanje Kr. hrv. slavons.dalm. zemalj. vlade Odjela za unutarnje poslove, Zagreb.
- Koch, F. (1909b): Geologijaska prijedlogna karta Kraljevine Hrvatske i Slavonije. Tumač geologijaska karte Medak – Sv. Rok, 1:75 000.– Nakl. Kralj. zemalj. vlade, Odjela za unurnarje poslove, Izdanje Geol. povj.7, 1-31, 5 profila, Zagreb.
- Nikler, L. & Sokač, B. (1968): Biostratigraphy of the Jurassic of Velebit (Croatia)(Biostratigrafija jure Velebita). Geološki vjesnik, 21, Zagreb.
- Schubert, R. I. (1909a): Geologija Dalmacije (preveo F. Koch).– Matica dalmatinska, 18 str., Zadar.
- Schubert, R. I. (1909b): Geologische Spezialkarte der im Reichsrate vertretenen Königreiche und Länder der Österr.-Ungar. Monarchie neu aufgenommen und herausgegeben durch die k. k. Geologische Reichsanstalt. Medak und Sv. Rok 1:75.000.– Geol. Reichsanst. Wien.
- Schubert, R. I. (1910): Erläuterungen zur Geologischen Karte der im Reichsrate vertretenen Königreiche und Länder der Österr.-Ungar. Monarchie SW-Gruppe Nr. 116, Medak–Sv. Rok.– Geol. Reichsanst. Wien, 1–32.
- Sokač, B., Šušnjar, M., Bukovac, J. & Bahun, S. (1976): Osnovna geološka karta SFRJ, Tumač za list Udbina 1:100 000, L 33-128. Institut za geološka istraživanja Zagreb, Savezni. Geološki zavod Beograd, 1-62.
- Sokač, B. (2007a): Mali Alan Pass – Lower Jurassic with *Palaeodasycladus*. – In:Grgasović, T. & Vlahović, I. (Eds.): 9th International Symposium on Fossil Algae - Croatia 2007, Field Trip Guidebook and Abstracts, Hrvatski geološki institut (Croatian Geological Survey), Zagreb, 33-45.
- Sokač, B. (2007b): Limestones of the lower part of the Upper Jurassic with *Salpingoporella sellii*. 9th International Symposium on Fossil Algae - Croatia 2007, Field Trip Guidebook and Abstracts, Hrvatski geološki institut (Croatian Geological Survey), Zagreb, p 53.
- Šušnjar, M., Sokač, B., Bahun,S., Bukovac, J., Nikler, L. & Ivanović, A. (1973): Osnovna geološka karta SFRJ, list Udbina 1:100 000, L 33-128. Institut za geološka istraživanja Zagreb, Savezni. Geološki zavod Beograd.
- Velić, I.(2007a): Velebit Mt. – In: Grgasović, T. & Vlahović, I. (Eds.): 9th International Symposium on Fossil Algae - Croatia 2007, Field Trip Guidebook and Abstracts, Hrvatski geološki institut (Croatian Geological Survey), Zagreb, 7-11.
- Velić, I.(2007b): Lower Jurassic *Orbitopsella* limestone. –In: Grgasović, T. & Vlahović, I. (Eds.): 9th International Symposium on Fossil Algae - Croatia 2007, Field Trip Guide-

- book and Abstracts, Hrvatski geološki institut (Croatian Geological Survey), Zagreb, 47-49.
- Velić, I. (2007c): Lower Jurassic: Domerian ‘Lithiotis limestones’ and Toarcian ‘Spotty limestones’. –In: Grgasović, T. & Vlahović, I. (Eds.): 9th International Symposium on Fossil Algae - Croatia 2007, Field Trip Guidebook and Abstracts, Hrvatski geološki institut (Croatian Geological Survey), Zagreb, 51-52.
- Velić, I., Vlahović, I., Tišljarić, J. & Matičec, D. (2007): Oligocene-Miocene Jelar breccia. – In: Grgasović, T. & Vlahović, I. (Eds.): 9th International Symposium on Fossil Algae - Croatia 2007, Field Trip Guidebook and Abstracts, Hrvatski geološki institut (Croatian Geological Survey), Zagreb, 57-58
- Velić, I. (2010): Velebit – cesta Sv. Rok – Mali Alan – Tulove grede: evolucija karbonatne platforme i stratigrafija (perm, trijas, jura i “Jelar-naslage”), Kratki prikaz geologije Velebita. U: Horvat, M. (ur.): Vodič ekurzija, 4. Hrvatski geološki kongres Šibenik, 14-15.10.2010., Hrvatski geološki institut Zagreb, 102-106.
- Vlahović, I., Tišljarić, J., Velić, I. & Matičec, D. (2005): Evolution of the Adriatic Carbonate Platform: Palaeogeography, main events and depositional dynamics. *Palaeogeography, palaeoclimatology, palaeoecology*, 220 (3-4), 333-360.

Author Contributions

Ivo Velić: conceptualization, investigation, led the research and selected the fields for analyses, prepared the regional geology presentation and connected them with regional geology, writing—original draft. Josipa Velić: visualization, collected field data, writing - review & editing.

Funding

This research (analyses) was supported with the project “Mathematical methods in geology IV” (led by T. Malvić). Funds were given from the University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, for the 2019 year.

Conflicts of Interest

The authors declare no conflict of interest.

Geološka važnost Majstorske ceste na Velebitu s osobitim osvrtom na jurske naslage

Rudarsko-geološko-naftni zbornik
(The Mining-Geology-Petroleum Engineering Bulletin)
UDK: 551.7:551.8
DOI: 10.17794/rgn.2020.3.5

Pregledni znanstveni rad



Ivo VELIĆ^{1,3}; Josipa VELIĆ^{2,3}

¹ Croatian Geological Survey, Sachsova 2, 10000 Zagreb, Croatia

² Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, University of Zagreb, Pierottijeva 6, 10000 Zagreb, Croatia;

³ Croatian Geological Summer School, Pančićeva 5, 10000 Zagreb, Croatia

Sažetak

Kao povijesna velebitska prometnica Majstorska cesta uvrštena je na popis kulturnih dobara Republike Hrvatske 2007. godine, ponajprije stoga što je od izgradnje i puštanja u promet 1832. godine do danas očuvana u izvornoj trasi od Obrovca do lokaliteta Paljenik na sjeverozapadnome kraju mjesta Sveti Rok. Cesta leži na sedimentnim stijenama stratigrafsko-ga raspona od gornjega karbona do gornjega paleogena ili od 315 milijuna godina do oko 25 milijuna godina prije današnjice. To je raspon od 290 milijuna godina. Uglavnom su to izvrsno otkriveni vapnenci i dolomiti, a dijelom i klastične naslage. Spomenuti izdanci čine jedinstvenu reprezentativnu i znanstveno važnu prirodnu vrijednost u Hrvatskoj i na svjetskoj razini. Izgrađuju ne samo Velebit nego i sve karbonatne stijene krških Dinarida i kao takve jedinstven su prirodni geološki muzej važan kako za hrvatsko ozemlje, tako i za područja izgrađena od plitkomorskih karbonatnih stijena Sredozemlja u širem geološkom smislu, tj. od Meksika i Kariba preko gorskih lanaca Atlasa, Pireneja, Alpa, Karpata, Dinarida, Helenida, Pontida, Taurida, Iranida do Himalaja. Najvažnija geološka znamenitost jest profil od prijevoja Mali Alan do Tulovih greda. Radi se o kontinuiranome profilu kroz jurske karbonatne stijene, tipskome za čitave krške Dinaride, u stratigrafskome rasponu od hetangija do sredine titona (raspon geološke starosti od 201,3 do oko 148 milijuna godina prije sadašnjosti), uključujući provodne fosile i kompletan stratigrafski slijed naslaga (stijena) te uvid u dodir jurskih sa starijim, trijaskim naslagama. Kao višedesetljetni istraživači Velebita (od 1962. godine do danas) željeli bismo upozoriti na potrebu zaštite spomenutih izdanaka stijena i jurske starosti. Geologija Majstorske ceste opisana je smjerom od Svetoga Roka prema Obrovcu.

Ključne riječi:

stratigrafija, karbonatne stijene, jura, Majstorska cesta, Velebit, krški Dinaridi, Hrvatska

1. Uvod

Majstorska cesta na Velebitu, izgrađena preko Južnoga Velebita između Svetoga Roka i Obrovca, zaštićena je u kategoriji spomenika prirode sukladno Zakonu o zaštiti prirode. Na toj trasi ona je izgrađena na stijenama starosnoga raspona od gornjega karbona, srednjega i gornjega perma preko trijasa, jure i krede do paleogena i kvartara. Posebnu pozornost treba obratiti na izdanke jurskih karbonatnih stijena između prijevoja Mali Alan i Tulovih greda jer čine jedinstvenu reprezentativnu i znanstveno važnu prirodnu vrijednost ne samo u Hrvatskoj već i na svjetskoj razini.

Trasa Majstorske ceste poprečno presijeca kompletan slijed naslaga jure (201,3 – 148 milijuna godina prije sadašnjosti). Na njezinim usjecima i padinama moguć je jedinstven uvid u geološku povijest krških Dinarida, osobito tijekom jurske epohe uključujući provodne fosile i kompletan stratigrafski slijed naslaga (stijena) kao i

uvid u dodire i odnose jurskih sa starijim, trijaskim i mlađim krednim i paleogenskim naslagama.

Velebitske jurske naslage taložene su na Jadranskoj karbonatnoj platformi koja je postojala tijekom mezozoika na prostoru današnjih krških Dinarida i uvjetovala razvoj ukupnoga slijeda karbonatnih naslaga debljine od 6 do 12 km. Svojom veličinom i duljinom trajanja Jadranska karbonatna platforma čini jedinstven geološki fenomen i na globalnoj razini. Stoga je predmet kontinuiranoga znanstvenog interesa. Sukladno tome iznimno je važno očuvati i zaštititi ovakve izdanke koji daju uvid u njezin geološki razvoj.

S obzirom na to da je Majstorska cesta već zaštićena kao nacionalna graditeljska baština u kategoriji Zaštićeno kulturno dobro, na njoj izložena geološka baština činila bi dodatnu atrakciju za posjetitelje. Tu baštinu potrebno je opisati, sažeto objasniti i približiti javnosti odgovarajućim sadržajima u pisanoj dokumentaciji i u informativnome obliku na obavijesnim pločama uzduž ceste.

Najave da se priprema obnova Majstorske ceste potaknula je pisanje ovoga članka s preporukom da se

reprezentativni i jedinstveni geološki izdanci stijena, od gornjopaleozojske preko mezozojske do kenozojske starosti, što prije valoriziraju i počnu cijeniti kao dio nacionalne geološke baštine kako bi se izbjeglo njihovo eventualno oštećenje tijekom radova. Ako bi se, primjerice, uključilo i postavljanje poučnih ploča, ova obnova posjetiteljima bi omogućila da Majstorska cesta zaživi i kao atraktivna poučna staza. S opisom pojedinih točaka i dionica posjetitelji Parka prirode Velebit, uz uživanje u prekrasnim vidicima, moći će se na zanimljiv način upoznati s geološkom poviješću Velebita i krškoga dijela Hrvatske.

2. Povijest

Kako bi se skratio put od Beča, glavnoga grada, i općenito kontinentalnoga dijela Austro-Ugarske Monarhije do Dalmacije i njezina tadašnjega administrativnog središta Zadra, 1825. godine počela je izgradnja transvelebitske prometnice na trasi od Obrovca pokraj Tulovih greda, kroz Alansku uvalu i preko prijevoja Mali Alan do Svetoga Roka. Na toj cesti počeo je samostalno projektiranje i izgradnju poznati hrvatski graditelj planinskih cesta, graničarski časnik Josip Kajetan Knežić.

Gradnja ove 41 km duge prometnice potpuno je završena 1832. godine, kada je svečano puštena u promet pod nazivom Majstorska cesta. Naime, način na koji je Knežić proveo trasu po strmim velebitskim padinama s brojnim serpentinama između klisura i kukova, u to je vrijeme predstavljao veliki napredak u cestogradnji. Maksimalni nagib ceste iznosio je do 5,5 %, što je u skladu i s današnjim propisima za gradnju prometnica (Cernički i Forenbaher, 2016). Po toj novoj velebitskoj transverzali, osim trgovačkoga, od početka se odvijao i poštanski promet između Beča i Zadra. To je trajalo sve do ranih šezdesetih godina 20. stoljeća, kada su puštene u promet Jadranska magistrala, a nešto kasnije i tzv. Lička magistrala Gračac – Bruvno – Udbina – Plitvička jezera. Majstorska cesta prolazi pokraj geomorfološki važnoga smjesta Tulove grede – istaknute skupine okomitih vapnenačkih greda, kukova i tornjeva te kroz atraktivnu planinsku Alansku uvalu.

Kao povijesna velebitska prometnica Majstorska cesta (slika 1) uvrštena je na popis kulturnih dobara Republike Hrvatske 2007. godine. Ponajprije stoga što je njezina temeljna vrijednost u činjenici da je od puštanja u promet do danas očuvana u izvornoj trasi od lokaliteta Paljenik (slika 2a,b) na sjeverozapadnome kraju mjesta Sveti Rok do Obrovca (slika 3). U usjecima trase ceste i na izdancima uz cestu nalaze se stijene širokoga starosnog raspona od mlađega paleozoika do starijega kenozoika, tj. od gornjega karbona do gornjega paleogena ili od 315 milijuna godina do oko 25 milijuna godina prije današnjice, što odgovara geološkomu vremenu od 290 milijuna godina, ne uzimajući u obzir omanje pojave kvartarnih tvorevina. Drugim riječima, stijene uz Majstorsku cestu predstavljaju prirodni geološki muzej

karbonatnih stijena dinarskoga krša. Cesta je građena od Obrovca prema Svetomu Roku, a prikaz geoloških pojava i stijena u ovome uratku slijedit će obrnutim smjerom poštujući geološki standard opisivanja od starijih prema mlađim geološkim jedinicama. Na slikama 4 i 5 vide se dijelovi Osnovne geološke karte SFRJ 1 : 100 000 listova Obrovac (Ivanović i dr., 1973) i Udbina (Šušnjar i dr., 1973) s prikazima geološke podloge dijela Like i Velebita na kojoj je cesta građena.

Prva važnija geološka istraživanja na Majstorskoj cesti i okolnim terenima objavljena su u prvome desetljeću 20. stoljeća na geološkim kartama lista Medak – Sveti Rok (Koch, 1909a; Schubert, 1909a, 1909b) i tumačima toga lista (Koch, 1909b; Schubert, 1910). Od toga vremena do početaka radova za Osnovnu geološku kartu SFRJ (OGK) mjerila 1 : 100 000 tijekom sedmoga desetljeća prošloga stoljeća nije bilo važnijih istraživanja.

Nikler i Sokač (1968) objavljuju rad o biostratigrafiji jure Velebita, a Jelaska i Velić (1971) o litostratigrafiji donje jure na Majstorskoj cesti. U istraživanjima za OGK objavljeni su listovi Udbina (Šušnjar i dr., 1973) i Obrovac (Ivanović i dr., 1973) te tumači tih listova (Sokač i dr., 1976 za Udbinu; Ivanović i dr., 1976 za Obrovac).

Od radova razmjerno novijega datuma vrijedno je spomenuti pojedine članke iz Vodiča ekskurzije 9. međunarodnoga simpozija o fosilnim algama (Grgasović & Vlahović, eds., 2007) na Majstorskoj cesti, u kojemu uvodno Velić (2007a) opisuje temeljne geološke značajke Velebita, Grgasović i Sokač (2007) permske micijiske dolomite u Svetome Roku, Grgasović (2007) ladinčke diploporne vapnence, Sokač (2007a) donju juru s algama roda *Palaeodasycladus*, Velić (2007a,b,c) donjojurske vapnence s orbitopselama, litotidne vapnence i mrljaste vapnence, Sokač (2007b) gornjojurske vapnence sa salpingoporelama, Velić i dr. (2007) oligocensko-miocenske jelarske breče (= velebitske breče). Jedan od razmjerno novijih radova odnosi se na kratki geološki prikaz Velebita (Velić, 2010). U nastavku opisom će biti pregledno obuhvaćena cjelovita trasa Majstorske ceste, a geološke znamenitosti opširnije.

Slika 1: Geografska skica položaja Majstorske ceste (iz Cernički & Forenbaher, 2016; tumač: 1 = Dalmatina, 3 = Obrovačka zaobilaznica i cesta prema Jesenicama, 9 = Majstorska cesta)

Slika 2: Početak Majstorske ceste u Svetome Roku na križanju s Dalmatinom (a) i originalni putokazni stup iz tridesetih godina 19. stoljeća (b)

Slika 3: Prema geološkome opisu kraj Majstorske ceste u Obrovcu kod mosta na istočnoj, desnoj obali Zrmanje

Slika 4: Dio lista Osnovne geološke karte SFRJ 1 : 100 000 lista Udbina (Šušnjar i dr., 1973) s trasom Majstorske ceste u Svetome Roku, tumač oznaka (za slike 4 i 5): C₃ = šejlovi, pješćenjaci, konglomerati i vapnenci, gornji karbon; ¹P₂ = konglomerati, srednji perm; ²P₂ = brušanski pješćenjak, srednji perm; P_{2,3} = micijiski dolomiti, srednji i gornji perm; ¹T₁ = pje-

skoviti dolomiti i tinjčasti pješčenjaci, donji trijas; T_2^1 = diploporni vapnenci, srednji trijas, anizik; T_2^2 = diploporni vapnenci s lećama tuftičnih silita, srednji trijas, ladinik; $T_3^{1,2}$ = rabeljski siliti, pješčenjaci i konglomerati, gornji trijas, karnik i norik; $T_3^{2,3}$ = glavni dolomit, gornji trijas, norik i ret; J_1 = maloalanski, litiotidni i mrljasti vapnenci s proslojcima dolomita, donja jura; J_2 = alanski vapnenci s proslojcima dolomita, srednja jura; $J_3^{1,2}$ = alanački vapnenci i dolomiti, gornja jura, oksford i kimeridž; $J_3^{2,3}$ = klapeinski vapnenci s proslojcima dolomita, gornja jura, kimeridž i titon; $K_{1,2}$ = vapnenci i vapnenačke breče, donja i gornja kreda; $K_{2,3}$ = rudistni vapnenci i dolomiti, gornja kreda, cenoman i turon; **Pg, Ng** = velebitske breče i prominski konglomerati, paleogen i neogen; **pr** = proluvijalni šljunci i pijesci; **al** = aluvijalni nanos; **b** = bara

Slika 5: Geologija većega dijela trase Majstorske ceste od Egeljca u Svetome Roku preko Velebita do Obrovca nalazi se na Osnovnoj geološkoj karti SFRJ 1 : 100 000 lista Obrovac (Ivanović i dr., 1973)

3. Rezultati

Na početku od Paljenika do središta Svetoga Roka Majstorska cesta najprije je na proluvijalnim kvartarnim naslagama, neznatno na karbonskim klastitima i donjotrijaskim tinjčastim pješčenjacima.

Kroz veći dio naselja Sveti Rok na srednjotrijaskim je diplopornim vapnencima, a kod Šulentića i na permskim micijским dolomitima (slika 6). Do Egeljca je na aluvijalnemu nanosu i između diplopornih vapnenaca i micijških dolomita.

Slika 6: Gornjopermski micijški dolomit na glavici iznad zavoja Majstorske ceste od Šulentića prema Egeljcu (za mjerilo: čekić duljine 31 cm) izrazito je bogat mikrofosilima – vapnenačkim algama, od kojih je najvažnija svjetski poznata vrsta *Mizzia velebitana* (opisana iz perma Velike Paklenice) i foraminiferama iz skupine fuzulinida

Na ličkoj padini Velebita, od Egeljca do Dacije cesta je na srednjotrijaskim sivim, mramorastim masivnim i okršenim diplopornim vapnencima anizika, do oko pola puta prema Crvenim potocima (slika 5). Kod kote 852 i oštrog zavoja na sjeveroistočnoj strani grebena Šiljci nalazi se odvojak šumske ceste za Crvene potoke. Tom se cestom nakon oko 600 m hoda ili vožnje dolazi na Crvene potoke, geološki posebno važno mjesto. Tu je u duljini od oko 2 km otkrivena erozijska granica između naslaga srednjega i gornjega trijasa. Na okršenim sivim diplopornim vapnencima ladinika, taloženima u potplimnoj zoni, leže hrđasto crvenkasti rabeljski klastiti – pretežito siliti s proslojcima pješčenjaka, rijetko i konglomerata (slika 7). Taloženi su na tadašnjem kopnu. Trošenjem klastita sav je okoliš Crvenih potoka obojen crvenkasto (slika 7 i 8), pa odatle i ime potocima koji teku preko klastita. Na klastitima u kontinuitetu slijede gornjotrijaski sivi i smeđasti glavni dolomit taložen na prostranim plimnim ravnica oceana *Tethys*.

Majstorska je cesta od odvojka za Crvene potoke prema Daciji, u duljini oko 3 km, i dalje na diplopornim vapnencima na sjevernoj padini grebena Šiljci (slika 9),

do odvojka sljedeće šumske ceste prema istoku. Od toga križanja do pred prijevom Mali Alan Majstorska je cesta na gornjotrijaskome glavnom dolomitu (slika 10) do granice trijas – jura (slika 11).

Slika 7: Granica srednji – gornji trijas na zapadnome dijelu Crvenih potoka: srednjotrijaski diploporni vapnenci (gornji dio slike), kopneni crveni rabeljski siliti i pješčenjaci s lećama konglomerata (sredina slike), gornjotrijaski glavni dolomit (donji dio slike)

Slika 8: Satelitska (Arkod) slika područja Crvenih potoka i Bađeka: po sredini desnoga dijela slike zapaža se crvenkasto tlo koje potječe od trošenja crvenkastih rabeljskih klastita

Slika 9: Gromadasti, okršeni diploporni vapnenci srednjega trijasa u usjeku Majstorske ceste na sjevernoj padini grebena Šiljci

Slika 10: Slojevi glavnoga dolomita debeli od 30 do 110 cm u usjeku Majstorske ceste pred križanjem sa šumskom cestom na sjevernoj strani prijevoja Mali Alan (čekić 31 cm)

Slika 11: Granica trijas – jura: na sloju smeđastoga gornjotrijaskoga glavnog dolomita leži svijetli debeli sloj donjojurskoga maloalanskoga vapnenca (čekić 31 cm)

U nastavku je cesta usječena u stijene litostratografske donjojurske jedinice – maloalanske vapnence i dolomite, koji su ovdje i tipski lokalitet (slika 12), prolazi do nekadašnjih pastirskih kuća, a iza njih do litiotidnih vapnenaca. Tu smjerom skreće na zapad i otvara se panoramski pogled na alansku uvalu. Na ovoj dionici cesta je gotovo paralelna s pružanjem slojeva donjojurskih vapnenaca, tako da se na njihovim gornjim slojnim površinama zapažaju i zanimljive sedimentološke pojave – valne brazde (slika 13), pukotine isušivanja (slika 14) i litiotidne kokine (slika 15).

Kod kote 1005 n/m i napuštenoga kamenoloma granica je između litiotidnih vapnenaca i mrljastih vapnenaca (slika 16). Od te točke cesta se proteže ravno na jug sljedeća oko 2 km.

Slika 12: Tipski lokalitet litostratografske jedinice maloalanski vapnenci i dolomiti kod prijevoja Mali Alan: izmjena sivih vapnenaca sa smeđastim kristaliničnim kasnodijagenetskim dolomitima; u vapnencima su bogata nalazišta vapnenačkih alga, pretežito roda *Palaeodasycladus*; debljine slojeva od 30 do 60 cm

Slika 13: Valne brazde na sloju donjojurskoga maloalanskoga vapnenca na Majstorskoj cesti prema nekadašnjemu kamenolomu (čekić 31 cm)

Slika 14: Pukotine isušivanja na sloju maloalanskoga vapnenca na Majstorskoj cesti prema nekadašnjemu kamenolomu (čekić 31 cm)

Slika 15: Litiotidna kokina – sloj nastao od ljuštura litiotidnih školjkaša (sličnih današnjim periskama), otrgnutih morskim strujama ili olujnim valovima iz izvornih staništa i naplavljених u zaštićeniji, mirni okoliš; prilaz napuštenomu kamenolomu; u litiotidnim vapnencima nalaze se i slojevi bez ostataka tih školjkaša, ali s bogatim sadržajem foraminifera rodova *Orbitopsella* i *Lituosepta*, karakterističnima za donju juru

Slika 16: Sloj litiotidnoga vapnenca na kojemu je geološki čekić (33 cm): donji dio sloja – naplavljene ljuštore litiotidnih

školjkaša, *srednji dio sloja* – litiotidni školjkaši u izvornome životnom položaju – nalazišta školjkaša u životnome položaju vrlo su rijetka; *gornji dio sloja* – ponovo naplavljene ljuštore; na litiotidnome vapnencu nastavlja se tanko slojeviti mrljasti vapnenac donje jure

Nakon 150 m na mrljastome vapnencu (**slika 17**) cesta prelazi na srednjojurske alanske vapnence (**slike 18 i 19**) s rijetkim proslojcima smeđastih dolomita (**slika 20**). Vapnenci su pretežito debelo slojeviti i masivni (**slika 21**), jako okršeni sivi madstoni. Pred Kraljičinih vratima u usjeku ceste zapaža se jedna polegla antiklinala (**slika 22**), vjerojatno sinsedimentacijska klizna, *slamp* struktura.

Slika 17: Mrljasti vapnenac s dobro izraženim tankoslojevitim raslojavanjem (čekić 33 cm) oko 50 m južno od kote 1005

Slika 18: Granica donja – srednja jura (po sredini drške geološkoga čekića duljine 33 cm): donja jura završava sitnozrnatim tanje slojevitim smeđim dolomitom u krovini mrljastoga vapnenca, a srednja započinje tamnosivim debelo slojevitim vapnencem litostratigrafske jedinice donji alanski vapnenci i dolomiti

Slika 19: Okršeni i pukotinama razlomljeni tamnosivi i sivi debelo slojeviti vapnenci starijega dijela srednje jure, donji alanski vapnenci i dolomiti

Slika 20: Izmjena slojeva sivih donjih alanskih vapnenaca sa slojevima smeđih dolomita južno od granice s mrljastim vapnencima

Slika 21: Masivni i debelo slojeviti gornji alanski vapnenci

Slika 22: Polegla bora u srednjojurskim gornjim alanskim vapnencima najvjerojatnije nije posljedica tektonike, već tzv. *slamp* struktura koja nastaje za vrijeme taloženja na podmorskoj kosini na kojoj se skuplja vapnenački sediment i kad dosegne kritičnu težinu, gravitacijski skliziše po kosini pa se slojevi boraju

Slika 23: Granica srednja jura – gornja jura, tj. granica između srednjojurskih gornjih alanskih vapnenaca (okršeni reljef na desnoj strani slike) s gornjojurskim alanačkim vapnencima (zaravnjena padina obrasla travom) pred Kraljičinih vratima

U alanske vapnence Majstorska je cesta usječena do oko 200 metara južno od Kraljičinih vrata, gdje je granica srednje i gornje jure (**slika 22**), tj. između srednjojurskih alanskih vapnenaca i gornjojurskih alanačkih vapnenaca i dolomita. Vapnenci su izrazito fosiliferi, posebice s bogatim foraminiferskim zajednicama skupina troholina i šablezija na dijelu ceste sa serpentinama i do jugoistočne padine grebena Kuci Marunića. Tu je granica s mlađim gornjojurskim klipeinskim vapnencima koji se protežu do grebena Tulovih greda (**slika 23**). Na njihovoj sjevernoj padini ističe se povećana urušna ponikva, nastala urušavanjem svoda podzemne pećine. S vrha serpentima pruža se panoramski pogled na udolinu Jurkovića vrtli u gornjojurskim alanačkim i klipeinskim vapnencima (**slika 24**).

Slika 24: Majstorska cesta od Nekića do Tulovih greda nalazi se na gornjojurskim klipeinskim vapnencima s proslojcima smeđih kasnodijagenetskih dolomita

Tulove grede jedan su od najpoznatijih geomorfoloških oblika na Velebitu. To je sklop i do 200 m visokih kamenih ploča, greda i stupova izgrađenih od velebitskih breča. Majstorska cesta dodiruje Tulove grede na njihovim zapadnim padinama. Serpentinama se spušta padinom Velebita, prolazi tik iznad južnoga portala tunela Sveti Rok i nastavlja do Zatonске zaravni (**slika 25**). Prije zaravni s velebitskih breča prelazi na donjokredne vapnence (**slika 26**), vrakonske dolomite, dolomitne breče i gornjokredne rudistne vapnence. Na zaravni se križa s obrovačkom zaobilaznicom. Odatle, uz ogradu nekadašnje tvornice glinice, s rudistnih vapnenaca prelazi na paleogenske foraminiferske vapnence i prominente naslage – debelo slojevite konglomerate s proslojcima pješčenjaka, rijetko i lapora na sjevernoj padini kanjona Zrmanje (**slika 27**) i spušta se u Obrovac (**slika 3**).

Slika 25: Majstorska cesta usječena je u velebitske breče i na južnim padinama Velebita prema Zatonskoj zaravni s obnovljenim zaštitnim branicima u izvornoj izvedbi

Slika 26: Slojeviti donjokredni vapnenci otkriveni su ispod velebitskih breča na više mjesta kod Mekih dolaca (za mjerilo geološki čekić duljine 33 cm)

Slika 27: Majstorska cesta u kanjonu Zrmanje kod Obrovca usječena je u debelo slojevite konglomerate paleogenskih prominskih naslaga

5. Zaključci

Glavne geološke vrijednosti Majstorske ceste:

- Usječena je u mlađe paleozojske, mezozojske i kenozojske stijene od kojih su izgrađeni krški Dinaridi.
- Paleozojske karbonske stijene u Svetome Roku i okolici, na kojima je mjestimice i Majstorska cesta, podloga su karbonatnih stijena krških Dinarida debelih između 5 000 i 12 000 metara i jedino u ličkome podnožju Velebita otkrivene su u kontinuitetu s mlađim stijenama.
- U svim su tim stijenama bogata nalazišta fosila.
- Dio ceste kroz Alansku uvalu od Maloga Alana do Tulovih greda tipski je profil jurskih naslaga za čitave krške Dinaride.
- Do sada su na ovoj cesti održane mnogobrojne geološke ekskurzije od studentskih do najvećih domaćih i međunarodnih kongresa i simpozija.
- Obradena je u mnogim znanstvenim radovima, studijama, projektima, diplomskim i magistarskim radovima te doktoratima.
- Na temelju detaljnih istraživanja na ovoj cesti konstruiran je prognozni profil za tunel Sveti Rok autoceste A-1 (s točnošću položaja slojeva stijena u tunelu ispod jednoga metra).
- Cesta je bila, jest i bit će poligon za terenske vježbe studentima geologije i srodnih struka.