

## EOLIAN RELIEF OF SOUTHEAST BANATIAN

LJUBOMIR MENKOVIĆ<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> *Geographical Institute "Jovan Cvijić" of the Serbian Academy of Sciences and Arts,  
Djure Jakšića 9/3, Belgrade, Serbia*

**Abstract:** During the Quaternary, eolian processes had dominantly morphological importance in shaping of southeastern Banat. In morphology of this region, therefore, dominates loess plains, Zagajica ridge and Deliblato and Banatian dune field. About the genesis of loess plains, Zagajica ridge and Deliblato dune field are different, very often opposite opinions. Meanwhile, during the geomorphologic mapping of Vojvodina, at the end of nineties years of last century and at the beginning of 21<sup>st</sup> century, the author of this paper came to new conclusions, so he explains his opinion about relief of southeastern Banat. Special attention was paid on morphology and morphogenesis of Deliblato dunes field and Zagajica ridge.

**Key words:** Deliblato dunes field, Zagajica ridge, loess plain, eolian process, košava, eolian sand, sand dunes.

### Introduction

Deliblato or Banat dune field occupies southeastern part of Banat, from Danube on SE, to Padina and Samoš on the SW, on the length of about 60 km. Maximal wide of dune field is 12 - 15 km, and surface of about 600 km<sup>2</sup>.

In the recent past, 100 years ago, Deliblato dune field was active, with so called live sands" that moved (scatter by blowing) under strong impact of košava. However, after successfully implemented melioration, with planted forest vegetation, scattering by blowing of sands has largely stopped.

Sands of Deliblato dune field, whose thickness is estimated at 30 - 50 m, represents predominantly longitudinal - elongated dunes decameter, hectometer and kilometer in size. The whole area under sand cover, therefore, has a wavy configuration. The direction of the dunes is mostly SE - NW, consistent with the direction of the dominant wind - košava, or the general direction of Deliblato dune field.

On the northeast side, next to Deliblato dune field, and parallel to it, is slightly curved ridge - Zagajicas hill (250 m) with Dumača (235 m), which is compared to the sand dunes and loess plateau higher 10 - 50 m. Zagajas hill and Dumača represent a single ridge, which starts from the valley of the Karaš, where it steeply rise to elevation of 250 m. From 250 m it gradually descends towards the NW until Nikolinački vineyards, where the altitude lost in the South Banat loess plateau, altitude 100 - 140 m. Southbanatian loess plateau encircled on all sides except the south-east (the Danube), entire Deliblato dunes field and Zagajicas hill with Dumača.

---

\* E-mail: general@gi.sanu.ac.rs

## Methodology Of Research

Deliblato dunes field was studied during the accomplishing of the geomorphologic map of Vojvodina (M. Koščal et al., 2005). During the geomorphologic mapping was applied method of complex (qualitative and quantitative) geomorphologic analysis. Data on geomorphologic relations in Vojvodina, with special emphasis on Deliblato dunes field and its immediate surroundings were collected during cabinet and field research.

In the phase of cabinet work was done a review of previous geomorphologic and geological surveys, analysis of topographic base, geological maps and detailed stereoscopic analysis of aerial photographs. Based on the data collected in the first phase of the cabinet study, was formed a preliminary concept of geomorphology of Deliblato dune field.

In the phase of field work were conducted checks of the data obtained cabinet research and gathered new data by direct observation of the relief and eolian sediments.

Based on the data collected in the office and in the field was formed the final concept of geomorphologic relationships and was made geomorphologic map of Deliblato dune field (Fig. 1).

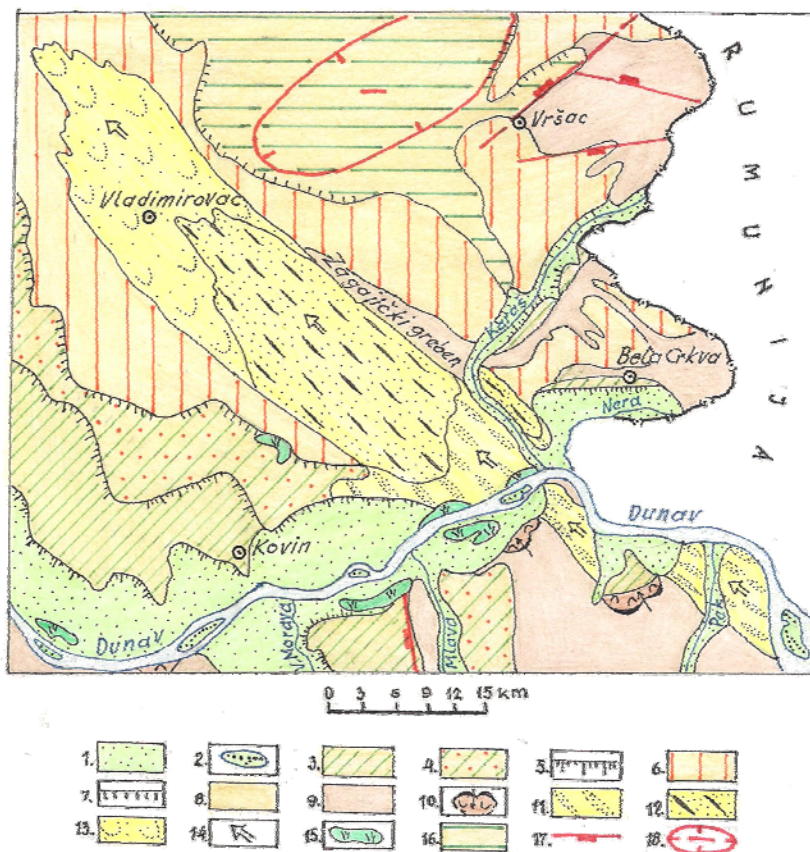


Figure 1. Geomorphologic map of Deliblato dunes field with surroundings

Legend: 1. Alluvial plain, 2. Sand bar-islands, 3. Lower river terrace, 4. Higher river terrace, 5. Terrace scarp, 6. Loess plateau, 7. Loess bluff, 8. Plateaus of prevailing eluvial process, 9. Areas of sheet and ril erosion, 10. Landslides, 11. Low dunes field, 12. High dunes field, 13. Sand sheet switch slightly developed dunes, 14. Direction of dominant wind strike, 15. Swamps and marshes, 16. Fluvial-swamp bottom of Pannonian basin, 17. Fault-downhorown block, 18. Neotectonic depression

### Previous Investigations

Deliblato dunes field is the largest sand sheet not only here but also in Europe, and it is quite understandable that the subject of interest of many researchers. Among the first was J. Wesseley (1873), that the formation of sand dunes associated with the wind, and then, in the same study, the effect of eastern winds.

Important data about Deliblato dunes field found in the works of Hungarian researchers. The formation of sand dunes, J. Halavats (1884) associated with the wind, and within Deliblato dunes field divides bound sand, which occupies a central position as well as the quicksand on the periphery of dune field. Bounded sands, according to him, are of "diluvia" age, and quick sand of "alluvial".

Cholnoky J. (1910) writes that Deliblato dunes field was formed on the former flood plain of stream Brzava (Tamiš), that in late Pliocene and during the Pleistocene lowering of the Pannonian plain down to the Danube. This author believes that the work of košava first formed dunes perpendicular to the wind direction, which were later transformed into barhane and finally, under the influence of wind, elongated in the direction SE - NW.

B. Bull (1938) is considered, as well as Cholnoky that basis of Deliblato dunes field makes Tamiš flooding plain, but on the surface of the flooding plain is Danube sand from the old Holocene. The Danube was, in fact, before entering the Iron Gate deposited sand in huge quantities, which is košava, later, at low water status, blow out and creating dune field.

Milojevic claims that sand dunes of Deliblato dunes field was created in glacial stages of the Pleistocene, when the northeast winds from flood material of Tamiš, Brzava, Moravica and Karaš blow out sand and deposited it in the area of today's Deliblato dunes field. His claim is based on the direction of the sand dunes, which, according to him, had to be perpendicular to the wind direction. This author is in sand dunes observed "blackish zone", and believes that there were interruption in fan of sand, similar to interruptions in loess deposits. Morphological effects of košava are connected only to the Holocene period.

Marković -Marjanović considers the sand of Deliblato dunes field was blown by košava during the Holocene. Here opinion is supported by fact that sand dunes in the continuity from the Danube in the SE to the Vladimirovac on the NW, covering "three morphological elements of the relief: alluvial plain, terraces and loess plateau". Therefore she concluded that the accumulation of eolian sands made only after the formation of fluvial relief, and after the formation of alluvial plains, river terraces and loess plateau.

Bukurov studied Deliblato dunes field repeatedly. The author, based on the position and shape of dune field (the direction of striking sand dunes, wind system and regime of the Danube) concluded "that the main geomorphologic agents were Danube and košava ", that worked intermittently since the Late Pleistocene (wirm) until today. In interglacial (warm and wet) periods of the Pleistocene, the Danube, at high water level in front of the Iron Gate, poured on alluvial plane deposited huge quantities of sand, which is košava in glacial (cold and dry) periods of the Pleistocene blow out and moved to the northwest, up to the Vladimirovac.

Based on the published studies of earlier researchers, it can be concluded that considering genesis of Deliblato dunes field there are different opinions. Most of them, its origin connect with the Danube sand and Košava. Opinions about the time of creation of Deliblato dune field were also split: some say it's created during the Pleistocene, the other at the end of the Pleistocene and early Holocene, a third in the Holocene. However, it should be noted that all authors based their opinions on the morphological characteristics of today's Deliblaodune field. The most logical explanation is, of course, that the Danube sand was fanned by the wind košava. This raises the question, when it began blowing of sand and creating of sand covers in the southeastern part of the Banat? It could happen then, when the

waters of the Pannonian Sea, and lakes eventually withdrew and when on the newly created land formed river flows that on alluvial plains occasionally dump the sand.

### **Overview of Geomorphological History of Panonian Basin**

To explain when at the territory of Vojvodina emerged land, when and how they were formed river flows; it gives short summary of the geomorphic history of the Pannonian basin. At the beginning of the Miocene, namely, by the influence of vertical tectonic movements between the Alps, the Carpathians and the Dinarides, was formed a large tectonic depressions where throughout the Neogene existed Pannonian Sea (lake), which in the form of the Gulf sank deep into the land and out of the Pannonian depression. During the Pliocene, however, under the influence of epirogenic movement Pannonian sea gradually withdrew to the central part of the basin, and today the Pannonian Plain. It is believed that it lasted throughout the Pliocene, even in the Pleistocene, "to the end of the Middle Pleistocene and to riss glaciation" (Laskarev, 1951). Then it from the Pannonian depression finally withdrew, leaving behind huge deposits of sediments, thick several hectometers or kilometers.

Neogene sediments, however, are found only in the peripheral parts of the basin, and near Fruška gora and Vrsac mountains, while in the Pannonian plain are covered with Quaternary sediments : fluvial- lacustrine, fluvial - marsh and eolian. Drilling was found that the thickness of the Quaternary sediments varies, ranges from a ten to over 100 m (N. Krstic, 1988), which indicates on relief, uneven bottom of prequaternary Pannonian Sea-lake.

Pannonian Sea drained the Danube through the Iron Gate, and is assumed to be retained longer in the southern part of the Banat, where it retreated slowly, with transitions from marine - lacustrine conditions in the fluvial-lacustrine and, finally, the marsh - swamp. Simultaneously with the withdrawal of the lake, or the sea, forming a river flows, which initially did not have a permanent (fixed) troughs, so they are often overflowed wider aerie flooded and with its sediment flattened bottom of the Pannonian basin. The greatest effect in this had the Danube, Sava, Tisa and Tamiš. At the bottom of Panonian basin, out of river flows, retained the shallow river lakes and numerous ponds and swamps.

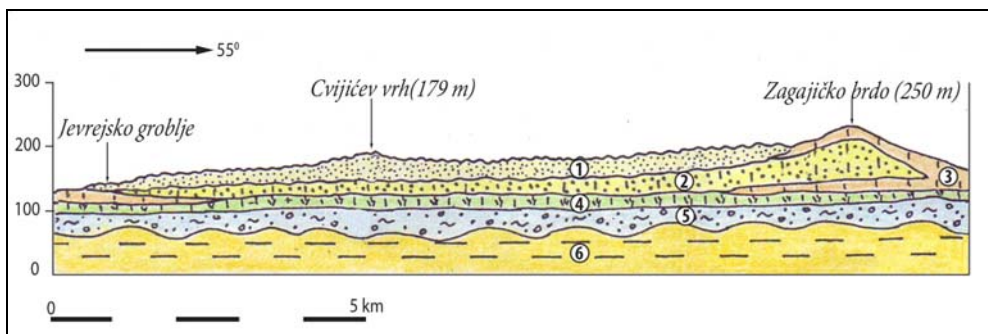
### **Loess Laiers**

During the pleistocene, in conditions of cold and dry climate, by the blow of eolian dust began creating of loess layers. It is assumed that eolian dust originated mainly from the north Europe, from periglacial aerie of regional continental glaciation.

Eolian dust was at the first phase fanned mainly on pond-swampy surfaces, where the so-called real swamp forest were formed, and later, when the ponds and marshes dried up, continued to create terrestrial loess. In the basement of terrestrial loess are, therefore, almost always is swamp loess (Fig. 2).

In territory of Vojvodina, terrestrial loess occurs mainly in the form of loess plateau, intersected with river flows in several small and large loess plateaus. Thickness of the loess plateau is different, ranges from meter to decameter dimensions.

All authors who have studied the loess on the territory of Vojvodina, noted that the loess deposits consist of several horizons of loess separated with brown zones or buried lands. The largest number of loess horizons (5-7) with brown zones (4-6), was observed in sections of Srem loess plateau and the Titel loess. Brown zone or buried lands in loess sediments indicate climatic changes during the Quaternary, especially in the Pleistocene, when the alternating turns cold and dry periods with warmer and weather.



**Figure 2. Geological cross section of Deliblato dunes field**

**Legend: 1. eolian sands of today's Deliblato dunes field, 2. older-alternated eolian sands, 3. terrestrial loess, 4. swamp loess, 5. fluvial-lacustrine sediments, 6. pliocene, marine-limnic sediments**

Based on the location of the gravel-sand sediments with *Corbiculae fluminalis*, loess concordance and brown zone, V. Laskarev (1938) argues that the creation of the Zemun loess began in early wurm. Three loess horizons associated with glacial phase wurm, and a brown zone associated with interglacial phase. Two final horizon of loess with brown zone, according to Laskarev belong to the Holocene.

Loess concordance and horizons with brown zones, however, are not in all loess deposits represented in equal numbers. On the loess escarpments of Bačka loess, were observed 2-3 loess horizon of 1-2 brown interbeds, in the south Banatian loess, M. Zeremski (1972) lists several sites with brown zones, thickness of 1 - 2 (Kovačica, Kačarevo, Bavanište, Alibunar et al.).

Differences in the number of loess concordance and brown zone (buried lands) are quite understandable, since the creation of loess did not begin simultaneously in all parts of Vojvodina. Bačka's loess covers the former inundation fan of the Danube, so the creation of loess in this area could not begin until the Danube is shifted to the west, and until he left inundation fan.

Creating a loess deposits in the southeastern part of the Banat, begun probably at the latest, because that entire Pannonian Basin was draining through the Iron Gate to southern Banat. If the opinion of Laskarev true, that the final two loess horizon with buried land is of Holocene age, then it can be considered that the deposits of loess in southern Banat region belongs to the Holocene. To the Holocene age of Southbanatian loess pointing us traces of the Vinča culture (Neolithic, 2800-2100 BC), covered by thick loess about 10 m, as well as "the remains of ashes and burnt - coal material" observed in the loess sediments near the Deliblato (Zeremski M., 1972).

Below southbanatian terrestrial loess thickness of 10 -15 m, regularly lying swamp loess (see Fig. 2) which indicates that after the withdrawal of the Pannonian Sea - lake, probably in late Pleistocene and early Holocene, southern Banat was under ponds and swamps.

### **Eolian Sands**

To the new land formed river flows that flooded out from time to time, deposited sand at the alluvial plains. Sand was under the influence of wind billowed away and transferred to the NW. In this way, was created a sand cover (dunes field) with all of the characteristic shapes of eolian relief.

However, it should be noted that the eolian forms (dunes, blow outs, etc.) expressed only in sand sheets, which are created under strong wind gusts, while in blowing on eolian

dust, and the formation of loess deposits, that is not the case. Blowing on, and that felling of aeolian dust, is possible only in the quiet time, or when atmospheric precipitation (rain or snow). Loess deposits, resulting blowing on eolian dust, therefore, cannot be considered eolian forms. Eolian is only a material, while the forms of the eolian dust conditioned with forms of preeolian relief. For example, blowing on eolian dust on the flat bottom of the Pannonian Basin, resulting loess plateau, on the river terraces, loess terrace, and on the slopes, loess slopes or slopes covered with loess.

Unlike the loess sediments, which in Vojvodina have a wide distribution, sand sheets (dunes field) occur in restricted areas, usually in the corridor of intense effects of wind, that crossing the sands, deposited in alluvial plains, blow out, transport and blow on the mainland. In occasions of increased effects of wind, sand deposited in alluvial plains, to be moved, had to be dry.

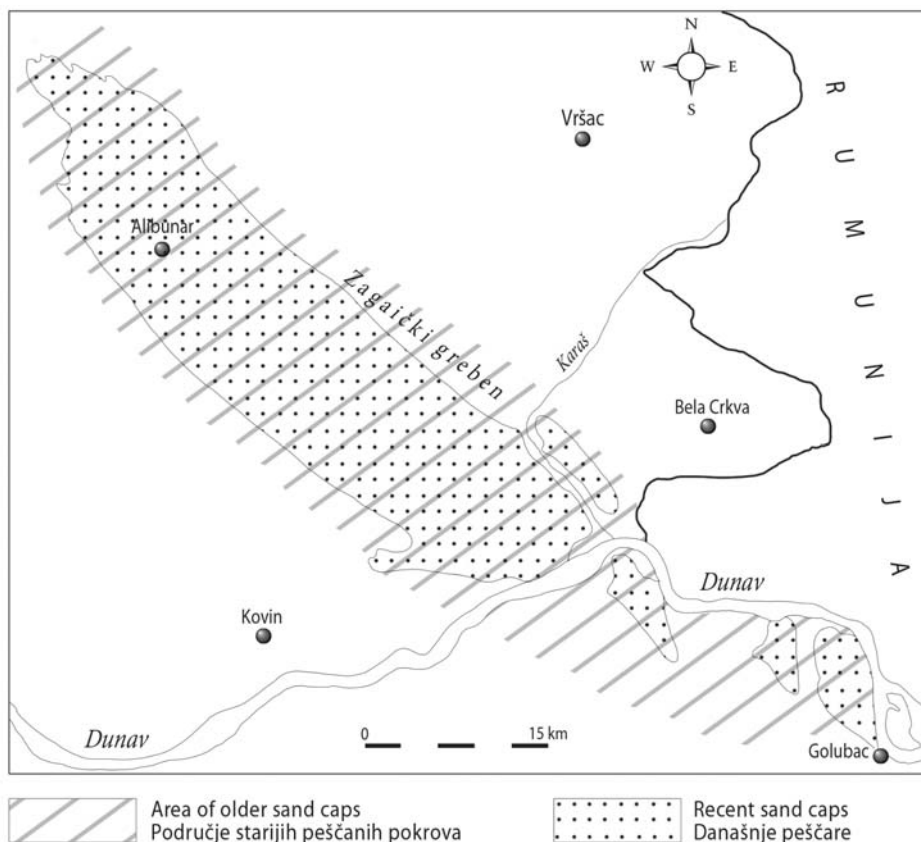
Blowing on sands, and the creation of sand sheets, started probably at beginning of the Holocene, when river flows are formed, which, flooding it, deponated the sand beyond their banks, the alluvial plains, where košava moved it to the NW.

During the Holocene there was a frequent climate changes that have significantly influenced the development of certain morphological processes, and, among other things, the development intensity of eolian processes. Rh. W. Fairbridge (1961), in the Holocene, which was started by him 13 000 BC, stands five climatic phase with special climatic characteristics. By Bukurov (1982) and Koščal (2005), which also distinguishes five phases of climate, the Holocene began 14 000 years BC therefore, if added 2000 AD, from the beginning of the Holocene until today there are about 16 000 years.

At the beginning of the Holocene, the climate preboreal phase, which lasted for about 7000 years, from 14 000 to 7 000 years BC, there has been global warming, but the mean annual air temperature was slightly lower than today.

Next, boreal climatic phase, lasted about 1 000 years, of 7 000 to 6000 years BC. At this climate stage, the air temperature was higher, but precipitation is significantly reduced.

In these climatic phases, preboreal and boreal, was created favorable climate for the development of eolian processes, and the formation of loess deposits and sand sheets (dunes field). Loess is created in the wider area of Vojvodina, and sand sheets only in restricted areas in the territory of today's Deliblato dunes field, from the Danube on the SE to Tamiš at the NW, as well as at the south of the Danube, in Pozarevac□s and Branicevo□s Danube region, downstream up to the Golubac (Fig. 3).



**Figure 3. Overview of the distribution of the eolian sand Sheets (dune fields) of south-eastern Banat and Podunavlje**

Aeolian forms and sands of preboreal and boreal climatic phases are greatly altered. The forms are destroyed or covered with younger Quaternary sediments, while the sands are during the time, to some extent, consolidated, and under rainfall, vegetation and decomposition of certain minerals, especially feldspar, are so changed, that their recognition is very difficult. Therefore, it is most frequently defined as sandy loess, loessoid sand or sandy-clayey siltstone. This is quite understandable if one bears in mind that its creation was over thousands of years ago, or about 8 000 years before the Atlantic climatic phase.

For preboreal and boreal climatic phase can be associated with the creation of Zagajica's ridge (Zagajica's hill with Dumača). The creation of the ridge, however, almost none of the previous research has dealt with, so the question is: how it is here, in the middle of the Banat plain, which rises from 10 to 50 m above the dunes field and loess plain.

About Zagajica's reef J. Marković -Marjanović (1950) says that it is "beam" composed of "typical terrestrial loess", sporadically sandy, in which are not noticeable brown zone, while according to the M.Zeremskom (1972), Zagajica's reef belongs to "Transition sandy-loess zone".

If we bear in mind that the eolian forms are created mainly by blowing on sands, not by blowing on eolian dust, then it is quite possible that in base of Zagajica's reef lie sand ridge of former (old) dunes field of preboreal and boreal climatic phase, when the eolian process was more expressed, or when it had dominant morphological role in shaping the relief. Zagajica's reef is therefore generated by accumulation of eolian sands and not of

sand dust, which now it covers in the form of loess layers. At this possibility point the direction of Zagajica's reef strike, which is consistent with the direction of Deliblato dunes field strike and kosava direction.

By M. Rakic (1979, 1980), Zagajica's reef build deluvial-proluvial sediments of Pleistocene age, consisting of lesoidal sandy-clayey siltstones and silty sand, gravel, sandy limestone, sandstone and tuff. At a basic geological map 1:100 000 (sheet Bela Crkva) were divided as the "kličevac's series", by the place Kličevac on the right side of the Danube, where from it continues to the south of the Danube. Sediments of so called "kličevac's series", continue from Zagajica's reef to SE of Dumača (at the left side of Karaš), until the Banat Palanka, where are mostly covered by eolian sands, their presence has been confirmed under the eolian sands of Deliblato dunes field too.

Genesis of kličevac's series, according to Rakic (1980) associated with increased epirogenesis, which is "caused intense uplift of the Carpathian mountains, and differentiation of leaching zones (in mountain area) and accumulation (in the foothills). This period is characterized by the genesis of pediment deposits proluvio – deluvial genesis". Deluvio - proluvial pediment deposits, as a rule, are formed at the bottom area of intense sheet and rill, and since Zagajica's reef is away from the present floor (foot of) and sheet and rill surface (20-30 km in air line to the foothill of the Carpathians), sediments kličevac's series cannot be genetically connected to deluvio - proluvial pediment deposits, how it claimed Rakic. Kličevac's series, however, considering that they accompanies today's sandstones (Deliblato and isolated sand sheets downstream of Ram, Fig. 3) probably represents the old eolian sands from preboreal and boreal climatic phases, which are in a period of thousands of years, changed and transformed into loessoidal sandy- clayey siltstone, silty sand and sands. Gravel, sandy limestone and calc tuff certainly are not eolian; however Rakic does not specify how deep they are. If they are in the basement of loessoidal sandy- clayey siltstones, then it is something else, probably a fluvo -lacustrine or fluvio-swampy sediments, which are located in the basement of lessoidal sediments (Fig. 2).

After boreal, was atlantic climatic phase, which lasted 3 000 - 3500 years, from 6, 000 to 2 500 years BC. It is believed that in the atlantic stage air was much warmer and wetter. The mean annual air temperature in Vojvodina was about 14 °C and precipitation three times larger than today, about 1 800 mm. Fluvial process, therefore, play a major role in shaping the morphology of Vojvodina, while eolian was minimized. This especially applies to blowing on eolian sands (creating of sand sheets- dunes field), which is due to the high water level of rivers and lush vegetation, completely stopped.

Eolian sands, deposited before the atlantic climatic phase, except that they are during the time changed, they are to some extent consolidated, compared to the unconsolidated sands of today Deliblato dunes field. Lithological composition of the substrate, in terms of the hot and humid climate, lead to the formation of river flows, which, in the area of former sand sheet (dunes field), held probably by the end of the atlantic climatic phase.

### **Deliblato Dunes Field**

Atlantic climatic phase replaces subboreal, which lasted about 1 700 years, of 2 500 to 800 BC. In subboreal climatic phase, the air temperature was lower and less precipitation. In some periods came to a significant cooling. Lower temperatures and less precipitation, largely have adversely affected to the regime of rivers and vegetation, which resulted in the redevelopment of eolian processes.

Blowing on of aeolian dust, form a loess sheet, and by strong wind sand sheets – dunes field. Creating today's Deliblato dunes field, therefore, began in subboreal climatic phase and continued on, with varying intensity, until today.

During periods of high water level, the Danube flooded out of its banks and deposited large quantities of alluvial material. In periods of drought, however, the Danube was pulling on and on the alluvial plains was leaving the sand. The largest amounts of sand are deposited in front of the Iron Gates, on the left bank of the Danube, from the Dubovac to the mouth of Nere. Thus prepared sands are by the deflationary work of *košava*, transferred from alluvial plains to the NW and deposited in the form of sand sheets of kilometer size. These processes had been performed for years, alternating rainy and dry periods, as is happening today, in the modern climate, not how it explains Bukurov B. (1954), by climate change from the beginning of wurm till today, or the replacement of hot and humid interglacial, with cold and dry glacial. If we know that the glacial and interglacial phases of wurm alone lasted 40000-50000 years, is it possible that so long lasted the accumulation of fluvial material in the interglacial period, i.e. deflationary work of *košava* and blowing on sand in glacial?

By Milanković's absolute chronology of the Quaternary, wurm glaciation began before 115 000 years ago, and ended up in the top wurm before 22 000 years (according to V. Laskarev, 1938). Assuming that the explanation of Bukurov is correct, the question is, how it is possible that eolian sand, deposited thousands of years ago (from the early wurm until today), did not suffer any changes. Aeolian forms and sands of Deliblato dunes field, however, are quite well preserved, and it can be considered that it is a relatively new creation, formed just after the Atlantic climatic phase, 2 500 years BC until today. A similar opinion about the time of onset of Deliblato dunes field also had J. Markovic - Marjanovic (1950). She noted that the sands of Deliblato dunes field cover alluvial plain of the Danube, terraces and loess plateau, and concludes; " ... they must first be all three morphological units and the eolian accumulation operated after the formation of fluvial relief ". Leading role in doing so, had the Danube and the occasional strong southeast wind - *košava*.

By the direct impact of *košava*, Danube sand is transferred from the alluvial plain to the NW, and covered forms of fluvial relief. Here, above all, means to the river valley formed during the Atlantic climatic phase, where the river flows runs from Zagajica's ridge to the SW. Short valley on the southwest slope of the Zagajica's ridge (reconstructed by eolian sands of Deliblato dunes field) and the valley between Mramork and Deliblato (Obzovik swamp Mramorak's and Deliblato's river), which runs from the border of dunes field, where the downstream, towards the SW deep to about 20 m, and upstream covered by eolian sands, indicate that at the present-day Deliblato dunes field before blowing on of eolian sand, there were normal - surface water flows .

As stated above, it is considered that the creation of Deliblato dunes field began after the atlantic climatic phase. Because the aeolian sands and forms within the dunes field, are relatively well preserved. By the direct impact of **košava**, sand is transported and blown on to the NW, from the Danube at the SE, to the Padine and Samoša at the NW.

Within Deliblato dunes field, B. Bukurov (1953) divides low and high dunes field that passes in front of the NW Vladimirovac .

Low dunes field is developed on the former alluvial plain of the Danube and Karaš. It stretches from the Danube to the NW, up to 110 m above sea level, and to the "line that connects Grebenac with Gaj" (Bukurov, 1953). Low sand dunes are predominantly longitudinal, elongated in SE-NW direction. Their length ranges from one hundred to several hundred meters. Their elevation is 75 - 110 m, relative altitude: 5 - 10 m, while the depth of the depression between dunes- blows up of 10 m. Bearing in mind that the low dunes field is located on the alluvial plain of the Danube, *košava* partly blow out the Danube sand, and partly transformed into dunes.

High dunes field starts from a low dunes field and continues to the NW, near to the Vladimirovac ..." over the sand ridge called Orlovat ", altitude 168 m (Marković -

Marjanović, 1950). Since the sands blown on the loess plateau, high dunes field has a slightly higher altitude (20-100 m) from altitude of low dunes field. It is the higher in its central part, between Deliblato and **Šušara**, where individual dunes rising up to 190 m.

The direction of the high sand dunes is the same as in the low, SE - NW. Their length ranges from 100 to over 1 000 m, the relative height of them is 20 - 30 m, depths of blow up are 10 - 30 m.

It should be noted that previous researchers (B.Ž. Milojević, J. Marković - Marjanović, B. Bukurov) Deliblato dunes field end in the area of Vladimirovac, with the northwestern border of the high dunes field. Northwest from the high dunes field, according to them, is loess plateau

In contrast to the aforementioned authors, loess plateau is by M. Zeremski (1972): "The transitional sandy-loess area with dunes", which extends to the NW almost to Tamiš, and was developed in narrow zone, and adjacent parts of high dunes field. Transition sandy-loess zone is, according to Zeremski, and Zagajica's hill with Dumača, and even space with sand dunes between Karaš and Banat Palanka, which J. Marković-Marjanović divides as the "Small sand".

During geomorphologic mapping of Vojvodina, however, north-west of the high dunes field also asserts map isolated sand sheet with morphologically poorly distinct dunes. This sheet is largely spatially overlapped with sandy-loess transitional zone of M. Zeremski. It starts from high dunes field, 150 m alt., and, descending gradually towards the SE, comes down to the contour line 120 m and 100 m, and the Padina and Samoš.

Generation of sand sheet with morphologically distinct low dunes, it is related to the high dunes field from which sand is blown out and resedimented in the area between Vladimirovac, Padina and Samoš. Increased blowing out of sand, was created when the high dunes field, because of the massive cutting and burning of forests, lost vegetative cover. It is considered that these processes occurred in historical times, from 15 to 19 century, when there was a significant cooling, or when appeared a little ice age. Sand sheet with poorly expressed sand dunes, therefore, is the youngest part of the Deliblato dunes field sands, which with the low and high dunes field represents a single set.

It is assumed that the sand sheet with the morphologically poorly expressed dunes (compared to low and high dunes field) of small thickness, because the sand deflated from high dunes field, practically dissipated over the loess plateau. This assumption is based on the low, morphologically poorly expressed dunes, especially in places where sand thinned by the wind. Low dunes insignificant in size, up to 2 m, indicating that this really is an eolian sands and periodic occurrence of sinkholes and valleys indicate that under the thin eolian sand lies loess, sandy loess, loessoidal sands or sandy- clayey siltstone.

## **Conclusion**

Eolian relief in Vojvodina, was formed after the withdrawal of the Pannonian Sea, which is according to the Laskarev (1951) ended in the Pleistocene, with riss glaciation. Since the entire Pannonian Sea receded towards the SE and drained the Danube through the Iron Gate, it is assumed to be retained the longer in the southern Banat, most likely to the Holocene.

Development of eolian processes took place at the new land, with stronger or weaker intensity, under the influence of climate change throughout the Holocene. In preboreal and boreal climatic phase existed favorable climate for the development of eolian process, especially in the boreal, when eolian process proceeded in conditions of the cold and dry winter, wet spring and hot and dry summers. Then on the marsh - wetlands real first generated swamp loess, and later, through marsh, terrestrial loess. When, on the new land formed river flows, which, flooded it, deposited the sand and out of their banks, began

creating and sand sheets (dunes field) , with all the characteristic features of eolian relief. Eolian sands and eolian relief forms of preboreal and boreal climatic phases, however, during the time, greatly altered, destroyed or covered by younger sediments, so their recognition in today's relief is very difficult.

For preboreal and boreal climatic phase is associated with the occurrence of Zagajica's ridge (Zagajica's hill and Dumača). It is assumed that the underlying of this reef is old (modified) eolian sand, now covered by loessoidal sediments. However, by M. Rakic (1980), Zagajica's reef is built of deluvio- proluvial sediments of Pleistocene age. On the geological map of Bela Crkva 1: 100 000, they were selected as the "kličevac's series ", which regularly companies today sands (Deliblato and less sand sheets downstream of Rama), indicating its Aeolian origin, i.e., that they are eolian sands of former sandstone, and not ... " slope pediment deposits of proluvo – deluvial genesis ", as claimed by Rakic .

In the Atlantic climatic phase, in terms of significantly warmer and wetter climate, fluvial process has taken a leading role in shaping the morphological relief of southern Banat, while eolian process is minimized. Because of the high water level of rivers and lush vegetation, creating of sand sheets (dunes field) is completely stopped.

In subboreal climate phase, which lasted about 1 700 years, from 2 500 to 800 BC, air temperatures, in compare to atlantic climatic phase, lower and precipitation is significantly reduced. Low temperatures and reduced precipitation, adversely reflected on the regime of rivers and vegetation cover, and eolian process is reactivated. By blowing on eolian dust, was created loess, and by blowing on sands, under the strong influence of wind, sand sheet sands. Creating Deliblato dunes field began probably just in subboreal climatic stage and continue on subatlantic, with varying intensity, until today.

As stated above, it can be concluded that Deliblato dunes field is relatively young eolian sandstone formations, formed just after the Atlantic climatic phase. Major role in its creation had wind, which occasionally by violent shocks blow out Danube sand and switch it to the NW until the Padina and Samoš. Eolian sand was deposited primarily in the area of high dunes field, and later, when the Danube moved to the right, to the south, and on the alluvial plane. Sand sheet with morphologically poorly expressed dunes, between Vladimirci, Padina and Samoš, is the youngest of the Deliblato dunes field. It is supposed to have originated in the period between 15 and 19 century, the sands are blown out from high dunes field.

## References

- Bukurov, B. (1953). Geomorfološki prikaz Vojvodine. Zbornik Matice srpske, serija prirodni nauka, knj. 4, str.100-133, Novi Sad.
- Bukurov, B. (1954). Geomorfološke prilike Banatskog Podunavlja. Zbornik radova Geografskog instituta SAN, str.55-87, Beograd.
- Bukurov, B. (1982). Sintetička razmatranja gemorfoloških problema na teritoriji Vojvodine. VANU (akademski beseda 5), str. 1-97, Novi Sad.
- Bulla, B. (1938): Der pleistocäne löss im Karpathenbecken, Budapest.
- Wessely, J. (1873). Der europäische flugsan und seine Kultur, Wien.
- Zeremski, M. (1972). Južnobanatska lesna zaravan. Zbornik Matice srpske za prirodne nauke, knj.43, str. 7-80, Novi Sad.
- Košćal, M., Menković, Lj. (1994). Prirodno stanje Deliblatske pešcare i mogućnost korišćenja izvorišta za vodosnabdevanje. Deliblatski pesak – Zbornik radova 6. str. 127-138, Pančevo.
- Košćal, M., Menković, Lj., Knežević, M., Mijatović, M. (2005). Tumač za geomorfološku kartu Vojvodine 1:200 000. Geozavod –Gemini i Pokrajinski sekretarijat za energetiku i mineralne sirovine Novi Sad, str.1-60, Beograd.
- Košćal M., Menković Lj., Knežević, M. (2008). Kako je Titelski breg iz Srema doplovio u Bačku. Časopis Zavoda za zaštite prirode Srbije, br.59/1-2, str. 5-17, Beograd.
- Krstić, N. (1988). O kvartaru Vojvodine. Radovi Geoinstituta, knj.22, str. 55-73, Beograd.
- Laskarev, V. (1938). Treće beleške o kvartarnim naslagama u okolini Beograda. Geol. Anali Balk. Poluostrva., knj. 15., str. 1-40, Beograd.

- Laskarev, V. (1951). O stratigrafiji kvartarnih naslaga Vojvodine. Geol. Anali Balk. Poluostrva, knj. 19., str. 1-18, Beograd.
- Marković-Marjanović, J. (1950). Prethodno saopštenje o Deliblatsoj peščari. Zbornik radova Geološkog instituta SAN, knj.1, str. 75-90, Beograd.
- Menković, Lj. Koščal, M. Mijatović, M. (2003). Geomorfološka karta Srbije 1 : 500 000. Geozavod - Gemini i Magic Map, Beograd.
- Mikinčić, V. (1932). Kenozojske tvorevine između Golupca, Vukovića i Velikog Gradišta. Vesnik geološkog instituta Kraljevine Jugoslavije, str. 89-104, Beograd.
- Milojević, Ž. B. (1949). Prilozi geografiji Banatske peščare. Posebna izdanja Geografskog instituta SAN, knj.1, str. 3-59. Beograd.
- Rakić, M. (1979). Osnovna geološka karta Bela Crkva 1 : 100 000. Savezni geološki zavod, Beograd.
- Rakić, M. (1980). Tumač za osnovnu geološku kartu lista Bela Crkva 1:100 000. Savezni geološki zavod, Beograd.
- Fairbridge, Rh. W. (1961). Convergence of evidence on climatic change on ice age. Ann. N.Y. Acad. Sci., 95, ar.1, New York.
- Halavats, J. (1884). Umgebungen von Fehértemplom und Kubin, Blat K-15, 1:144 000 Erläuterungen zu Geob. Special karte der Länder der ungar. Krone, Budapest.
- Cholnoky, J. (1910). Az Alföld felszine földrajzi közlemények 38, str. 413-437, Budapest.

## ЕОЛСКИ РЕЉЕФ ЈУГОИСТОЧНОГ БАНАТА

ЉУБОМИР МЕНКОВИЋ<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Географски институт "Јован Цвијић" САНУ, Буре Јакшића 9/3, Београд, Србија, у пензији*

**Сажетак:** Током квартара, еолски процес је имао доминантну морфолошку улогу у обликовању рељефа југоисточног Баната. У морфологији овог предела, стога, доминирају лесне заравни, Загајички гребен и Делиблатска или Банатска пешчара. О настанку лесних заравни, Загајичког гребена и Делиблатске пешчаре постоје различита, често опречна мишљења. Међутим, током геоморфолошког картирања Војводине, крајем деведесетих година прошлог века и почетком 21. века, аутор овог рада је дошао до нових сазнања, те о рељефу југоисточног Баната износи своје виђење. У раду је посебна пажња посвећена морфологији и морфогенези Делиблатске пешчаре и Загајичког гребена.

**Кључне речи:** Делиблатска пешчара, Загајички гребен, лесне заравни, еолски процес, кошава, еолски песак, пешчане дине.

### Увод

Делиблатска или Банатска пешчара заузима југоисточни део Баната, од Дунава на ЈИ, до Падине и Самоша на СЗ, на дужини од око 60 km. Максимална ширина Пешчаре је 12 - 15 km, а површина око 600 km<sup>2</sup>.

У недавној прошлости, пре 100 година, Делиблатска пешчара је била активна, са тзв "живим песковима" који су се кретали (раздували) под снажним ударима кошаве. Међутим, после успешно спроведене мелиорације, засадом шумске вегетације, раздување пескова је у великој мери заустављено.

Пескови Делиблатске пешчаре, чија се дебљина процењује на 30 - 50 m, представљени су претежно лонгитудиналним - издуженим динама, декаметарских, хектометарских и километарских димензија. Цео простор под пешчаним покровом, стога, има валовиту конфигурацију. Правац пружања дина је углавном ЈИ - СЗ, сагласан са правцем доминантног ветра - кошаве, односно са генералним правцем пружања Делиблатске пешчаре.

Са североисточне стране, непосредно поред Делиблатске пешчаре, и паралелно са њом, је благо заобљен гребен – Загајичко брдо (250 m) са Думачом (235 m), који је у односу на пешчане дине и лесне зарани виши 10 - 50 m. Загајичко брдо и Думача представљају јединствен гребен, који полази од долине Караша, одакле се стрмо издиже до коте од 250 m. Од 250 m се постепено спушта ка СЗ све до Николиначких винограда, где се висински утапа у јужнобанатску лесну зараван, надморске висине 100 - 140 m. Јужнобанатска лесна зараван опкољава са свих страна, осим са југоисточне (дунавске), целу Делиблатску пешчару и Загајичко брдо са Думачом.

### Методологија истраживања

Делиблатска пешчара је проучавана током израде геоморфолошке карте Војводине (М.Кошћал и др., 2005). Приликом геоморфолошког картирања примењен је метод комплексне (квалитативне и квантитативне) геоморфолошке анализе. Подаци о геоморфолошким односима Војводине, са посебним освртом на Делиблатску пешчару и њену непосредну околину, прикупљени су кабинетским и теренским истраживањима.

У фази кабинетских радова обављен је преглед ранијих геоморфолошких и геолошких истраживања, анализа топографских основа, геолошких карата и детаљна

стереоскопска анализа аероснимака. На основу података прикупљених у првој фази кабинетских проучавања, формирана је прелиминарна концепција о геоморфологији Делиблатске пешчаре.

У фази теренских радова обављене су провере података добијених кабинетским истраживањима и прокупљени нови подаци непосредним осматрањем рељефа и еолских седимената.

На основу података прикупљених у кабинету и на терену формирана је коначна концепција о геоморфолошким односима и урађена геоморфолошка карта Делиблатске пешчаре (Сл. 1).

#### Сл. 1. Геоморфолошка карта Делиблатске пешчаре са околином

1. Алувијална раван, 2. Речно острво – ада, 3. Нижа речна тераса, 4. Виша речна тераса покривена лесом, 5. Терасни одсек, 6. лесна зараван, 7. одсек лесне заравни, 8. Површине на којима преовлађује елувијални процес, 9. Површине спирања и јаружања, 10. Клизиште, 11. Ниска пешчара, 12. Висока пешчара, 13. Пешчани покров са слабо израженим динама, 14. Смер доминантног ветра, 15. Баре и мочваре, 16. Флувио-барско дно Панонског басена, 17. Расел- Релативно спуштен блок, 18. Неотектонска депресија

### Ранија истраживања

Делиблатска пешчара је највећи пешчани покров не само код нас него и у Европи, те је сасвим разумљиво што представља предмет интересовања многих истраживача. Међу првима је био J.Wesseley (1873), који настанак пешчаних дина везује за кошаву, а потом, у истом раду, за дејство источних ветрова.

Значајне податке о Делиблатској пешчари налазимо у радовима мађарских истраживача. Формирање пешчаних дина, J. Halavats (1884) везује за кошаву, а у оквиру Делиблатске пешчаре издваја везани песак, који заузима централни положај као и живи песак на периферији пешчаре. Везани песак је, по њему, "дилувијалне" старости, а живи, "алувијалне".

J. Cholnoky (1910) пише да је Делиблатска пешчара формирана на некадашњој плавини потока Брзаве (Тамиша), који се крајем плиоцена и током плеистоцена спуштао у Панонску низију све до Дунава. Овај аутор сматра да су радом кошаве најпре формиране дине управне на смер ветра, које су касније преобликоване у бархане и најзад, дејством кошаве, издужене у правцу ЈИ – СЗ.

В. Vulla (1938) сматра, као и Cholnoky, да основу Делиблатске пешчаре чини плавина Тамиша, али на површини плавине је дунавски песак из старог холоцена. Дунав је, наиме, пре уласка у Ђердапску клисуру депоновао песак у огромним количинама, који је кошава, касније, при ниском водостању, издувала и стварала пешчару.

Од наших истраживача већу пажњу Делиблатској пешчари посветили су Б. Ж. Милојевић (1949), Ј. Марковић-Марјановић (1950) и Б. Букуров (1953, 1954, 1982).

Милојевић тврди да су пешчане дине Делиблатске пешчаре створане у глацијалним стадијумима плеистоцена, када су североисточни ветрови из плавинског материјала Тамиша, Брзаве, Моравице и Караша издували песак и депоновали на простору данашње Делиблатске пешчаре. Његова тврдња се заснива на правац пружања пешчаних дина који би, по њему, морао бити управан на правац ветра. Овај аутор је у пешчаним динама запазио "црнкасте зоне", па сматра да је било прекида у навејавању песка, сличним прекидима у лесним наслагама. Морфолошко дејство кошаве везује тек за период холоцена.

Марковић-Марјановић сматра да је песак Делиблатске пешчаре навејаван кошавом и то током холоцена. Своје мишљење поткрепљује тиме што пешчане дине у

континуитету, од Дунава на ЈИ до Владимировца на СЗ, прекривају "три морфолошка елемента рељефа: алувијалну раван, терасе и лесни плато". Стога закључује да је еолска акумулација пескова обављена тек после формирања флувијалног рељефа, односно после формирања алувијалне равни, речне терасе и лесне заравни.

Букуров је Делиблатску пешчару проучавао у више наврата. Овај аутор је, на основу положаја и облика пешчаре (правца пружања пешчаних дина, система ветрова и режима Дунава) закључио "да су главни геоморфолошки агенси били Дунав и кошава", који су дејствовали наизменично, од горњег плеистоцена (Würm) до данас. У интергласијалним (топлим и влажним) периодима плеистоцена, Дунав се, при високом водостању испред Ђердапа, изливао и на аливијалној равни депоновало огромне количине песка, које је кошава у гласијалним (хладним и сушним) периодима плеистоцена издувала и пребацивала ка северозападу, све до Владимировца.

На основу публикованих радова ранијих истраживача, може се закључити да о генези Делиблатске пешчаре постоје различита мишљења. Већина међу њима, њено стварање везује за дунавски песак и кошаву. Мишљења о времену настанка Делиблатске пешчаре су, такође, подвојена: једни тврде да је створана током плеистоцена, други крајем плеистоцена и почетком холоцена, а трећи у холоцену. Међутим, треба истаћи да су сви аутори своја мишљења заснивали на основу морфолошких карактеристика данашње Делиблатске пешчаре. Најлогичнија објашњења су, свакако, да је дунавски песак на копно навејан кошавом. Стога се поставља питање, када је почело навејавање песка, односно стварање пешчаних покрива у југоисточном делу Баната? То је могло да се догоди тек онда, када су се воде Панонског мора, односно језера коначно повукле и када су на новонасталом копну формирано речни токови који су на алувијалним равнинама повремено одлагали песак.

### **Приказ геоморфолошке историје Панонског басена**

Да бисмо објаснили када је на простору данашње Војводине настало копно, када и како су формирано речни токови, дат је кратак приказ геоморфолошке историје Панонског басена. Почетком миоцена, наиме, дејством вертикалних тектонских покрета, између Алпа, Карпата и Динарида, формирана је велика тектонска потоплина у којој је током читавог неогена егзистовало Панонско море (језеро), које је у виду залива залазило дубоко у копно и ван панонске депресије. Током плиоцена, међутим, под утицајем епигених покрета, Панонско море се поступно повлачи ка централном делу басена, односно данашњој Панонској низији. Сматра се да је то трајало током читавог плиоцена, чак и у плеистоцену, "па до краја средњег плеистоцена, до ризике гласијације" (В. Ласкарев, 1951). Тада се оно из Панонске депресије коначно повлачи и за собом оставља огромне наслаге седимената, дебљине хектометарских и километарских димензија.

Неогени седименти су, међутим, откривени само у ободним деловима басена, и око Фрушке горе и Вршачких планина, док су у Панонској низији прекривени квартарним седиментима: речно-језерским, флувио-барским и еолским. Бушењем је утврђено да је дебљина квартарних седимената различита, креће се од десетак до преко 100 m (Н. Крстић, 1988), што указује на рељефно, неравно дно преквартарног Панонског мора - језера.

Панонско море је отицало Дунавом кроз Ђердапску клисуру, те се претпоставља да се најдуже задржало у јужном делу Баната, одакле се повлачило постепено, са прелазима из маринско-језерског стања у речно-језерско и, на крају, у барско-мочварно. Истовремено са повлачењем језера, односно мора, формирају се

речни токови, који у почетку нису имали стална (фиксна) корита, те су се често изливали и на ширем простору заплављивали и својим наносом заравњивали дно Панонског басена. Највећи учинак у томе су имали Дунав, Сава, Тиса и Тамиш. На дну Панонског басена, ван речних токова, задржала су се плитка речна језера и бројне баре и мочваре.

### Лесне наслаге

Током плеистоцена, у условима хладне и суве климе, навејавањем еолске прашице је започело стварање лесних наслага. Претпоставља се да је еолска прашина долазила претежно из северне Европе, са периглацијалних простора регионалне континенталне глацијације.

Еолска прашина је у првој фази навејавана махом на барско-мочварним површинама, где је стваран тзв барски лес, а касније, када су баре и мочваре пресушиле, настављено је стварање копненог леса. У подини копненог леса се, стога, готово редовно налази барски лес (сл.2).

#### Сл. 2. Геолошки профил Делиблатске пешчаре

Легенда: 1. Еолски пескови данашње Делиблатске пешчаре, 2. Еолски пескови старијих пешчаних покрива, 3. Копнени лес, 4. Барски лес, 5. Речно-језерски седименти, 6. Плиоцен, маринско-лимнички седименти.

На територији Војводине, копнени лес се јавља махом у облику лесних заравни, разбијених речним токовима у више мањих и већих лесних платоа. Дебљина лесних платоа је различита, креће се од метарских до декаметарских димензија.

Сви аутори који су проучавали лес на територији Војводине, запазили су да се лесне наслаге састоје из више хоризоната леса раздвојених смеђим зонама или погребеним земљама. Највећи број лесних хоризоната (5-7) са смеђим зонама (4-6), запажен је на одсецима лесних заравни сремског и тителског леса. Смеђе зоне или погребене земље, у лесним наслагама, указују на климатске промене током квартара, посебно у плеистоцену, када су се наизменично смењивали хладни и суви периоди са топлијим и влажнијим.

На основу положаја шљунковито-песковитих седимената са *Corbiculom fluminalis*, лесних складица и смеђих зона, В. Ласкарев (1938) сматра да је стварање земунског леса започело почетком вирма. Три лесна хоризонта везује за глацијалне стадијале вирма, а смеђе зоне за интерглацијалне стадијале. Два завршна хоризонта леса са смеђом зоном, по Ласкареву припадају холоцену,

Лесни складици, као и хоризонти са смеђим зонама, међутим, нису у свим лесним наслагама заступљени у подједнаком броју. На лесним одсецима бачког леса, констатована су 2 - 3 лесна хоризонта са 1 - 2 смеђа прослојка, а у јужнобанатском лесу, М. Зеремски (1972) наводи неколико локалитета са смеђим зонама, дебљине 1 - 2 m (Ковачица, Качарево, Баваниште, Алибунар и др.).

Разлике у броју лесних складица и смеђих зона (погребених земаља) су сасвим разумљиве, јер стварање леса није започело истовремено у свим деловима Војводине. Бачки лес прекрива некадашњу плавинску лезу Дунава, те стварање леса на овом простору није могло започети док се Дунав није померио ка западу, односно док није напустио плавинску лезу.

Стварање лесних наслага у југоисточном делу Баната, започело је вероватно најкасније, јер се цела Панонска потолина према Ђердапу одводњавала преко јужног Баната. Ако је мишљење Ласкарева тачно, да су два завршна лесна хоризонта са погребеном земљом холоценске старости, онда се може сматрати да наслаге леса у јужном Банату припадају холоцену. На холоценску старост јужнобанатског леса

упућују нас и трагови винчанске културе (неолит, 2800 - 2100 година пре нове ере) прекривени лесом дебљине око 10 m, као и "остаци пепела и сагорелог – угљоносног материјала", запажени у лесним седиментима недалеко од Делиблата (М. Зеремски, 1972).

Испод јужнобанатског копненог леса дебљине 10 -15 m, редовно лежи барски лес, (види Сл.2) што указује на то, да је после повлачења Панонског мора -језера, вероватно крајем плеистоцена и почетком холоцена, јужни Банат био под барама и мочварама.

### **Еолски пескови**

На новонасталом копну формиран су речни токови који су, изливајући се повремено, на алувијалним равнинама депоновали песак. Песак је дејством ветра раздуван и пребациван ка СЗ. На тај начин је започело стварање пешчаних покрова (пешчара) са свим карактеристичним облицима еолског рељефа.

Међутим, треба истаћи да су еолски облици (дине, издувине и др.) изражени само код пешчаних покрова, који се стварају под снажним ударима ветра, док код навејавања еолске прашине, односно формирања лесних наслага, то није случај. Навејавање, односно обарање еолске прашине, могуће је само при тихом – мирном времену, или приликом атмосферских падавина (кише или снега). Лесне насlage, настале навејавањем еолске прашине се, према томе, не могу сматрати еолским облицима. Еолски је само материјал, док су облици од еолске прашине условљени облицима прееолског рељефа. Тако на пример, навејавањем еолске прашине на заравњено дну Панонског басена, настају лесне заравни, на речним терасама, лесне терасе, а на падинама, лесне падине или падине покривене лесом.

За разлику од лесних седимената, који на територији Војводине имају широко распрострањење, пешчани покриви (пешчаре) се јављају на ограниченим просторима, најчешће на коридору појачаног дејства ветра, који прелазећи преко пескова, депонованих на алувијалним равнинама, издувава транспортује и навејава на копно. Приликом појачаног дејства ветра, песак одложен на алувијалним равнинама, да би се покренуо, морао је бити сув.

Навејавање пескова, односно стварање пешчаних покрова, започело је највероватније почетком холоцена, када су формирану речни токови, који су, изливајући се, одлагали пескове и ван својих корита, на алувијалним равнинама, одакле их је кошава пребацивала ка СЗ.

Током холоцена долазило је до честих климатских промена, које су се значајно одражавале на развој појединих морфолошких процеса, па, између осталог, и на интензитет развоја еолског процеса. Rh. W. Fairbridge (1961), у холоцену, који је по њему започео 13 000 п.н.е, издваја 5 климатских фаза са посебним климатским карактеристикама. По Букурову (1982) и Кошћалу (2005), који такође издвајају пет климатских фаза, холоцен је започео 14 000 година п.н.е. Према томе, ако се додају 2000 г.н.е., од почетка холоцена до данас има око 16 000 година.

Почетком холоцена, у пребореалној климатској фази, која је трајала око 7000 година, од 14 000 до 7 000 година п.н.е., дошло је до глобалног загревања, али средња годишња температура ваздуха је била нешто нижа од данашње.

Следећа, бореална климатска фаза, трајала је око 1 000 година, од 7 000 до 6000 година п.н.е. У овој климатској фази, температуре ваздуха су веће, али су падавине знатно умањене.

У поменутих климатским фазама, пребореалној и бореалној, створени су повољни климатски услови за развој еолског процеса, односно за формирање лесних наслага и пешчаних покрова (пешчара). Лес је стваран на ширем простору Војводине,

а пешчани покрови само на ограниченим просторима, у подручју данашње Делиблатске пешчаре, од Дунава на ЈИ до Тамиша на СЗ, као и јужно од Дунава, у пожаревачком и браничевском подунављу, низводно све до Голупца (Сл.3).

**Сл. 3. Прегледна скица распрострањења еолских пешчаних покова (пешчара) у југоисточном Банату и Подунављу**

Еолски облици и пескови из пребореалне и бореалне климатске фазе су, у великој мери измењени. Облици су разорени или прекривени млађим квартарним седиментима, док су пескови временом у извесној мери консолидовани, а под утицајем атмосферских падавина, вегетације и распадањем појединих минерала, посебно фелдспата, толико су измењени, да је њихово препознавање веома отежано. Стога се данас најчешће дефинишу као песковити лес, лесолики пескови или песковито-глиновити алеврити. Ово је сасвим разумљиво ако се има у виду да је њихово стварање обављено пре више хиљада година, односно око 8 000 година пре атлантске климатске фазе.

За пребореалну и бореалну климатску фазу се може узети и настанак Загајичког гробена (Загајичко брдо са Думачом). Настанком овог гробена се, међутим, готово нико од ранијих истраживача није бавио, па се поставља питање: откуд он овде, усред банатске равнице, где се издиже за 10 до 50 м изнад Пешчаре и лесне заравни.

О Загајичком гробу Ј. Марковић-Марјановић (1950) каже да је то "грета" састављена од "типичног копненог леса", местимично песковитог, у коме нису запажене смеђе зоне, док по М.Зеремском (1972), Загајички гробен припада "Прелазној песковито-лесној зони".

Ако имамо у виду да се еолски облици стварају углавном навејавањем пескова, а не навејавањем еолске прашине, онда је сасвим могуће да у основи Загајичког гробена лежи пешчани гробен некадашње (старе) пешчаре из пребореалне и бореалне климатске фазе, када је еолски процес био изразитији, односно када је имао доминантну морфолошку улогу у обликовању рељефа. Загајички гробен је, према томе, могао настати акумулацијом еолских пескова а не еолске прашине, која га данас прекрива у виду лесних наслага. На овакву могућност указује и правац пружања Загајичког гробена, који је сагласан с правцем пружања Делиблатске пешчаре и смером кошава.

По М. Ракићу (1979, 1980), Загајички гробен изграђују делувилално-пролувијални седименти плеистоценске старости, састављени од лесоидних песковито - глиновитих алеврита и алевритских пескова, шљункова, песковитих кречњака, пешчара и бигра. На Основној геолошкој карти 1:100 000 (лист Бела Црква), Издвојени су под називом "кличевачка серија", по месту Кличевцу на десној страни Дунава, одакле се настављају и јужно од Дунава. Седименти тзв. "кличевачке серије" се, од Загајичког гробена настављају и ЈИ од Думаче (с леве стране Караша), све до Банатске Паланке, где су већим делом прекривени еолским песковима, а њихово присуство је утврђено и испод еолских пескова Делиблатске пешчаре.

Настанак кличевачке серије се, по Ракићу (1980) везује за појачану епирогенезу, која је "условила интензивно издизање карпатског горја, односно диференцијалност зона спирања (у планинском делу) и акумулације (у подгоринама). Овај период карактерише стварање падинских застора пролувијално-делувилалне генезе".

Делувилално-пролувијални застори се, по правилу, формирају у подини површина интензивног спирања и јаружања, а будући да је Загајички гробен далеко од подине (подгорине) и површине спирања и јаружања (20 - 30 km ваздушном линијом до подножја Карпата), седименти кличевачке серије се не могу генетски везивати за

делувијално-пролувијалне засторе, како то тврди Ракић. Кличевачка серија међутим, с обзиром да прати данашње пешчаре (Делиблатску и изоловане пешчане покрове низводно од Рама, Сл. 3) највероватније, представља старе еолске пескове, из пребореалне и бореалне климатске фазе, који су у времену од више хиљада година измењени и преображени у лесоидне песковито-глиновите алеврите, алевритске пескове и пешчаре. Шљункови, песковити кречњаци и бигар сигурно нису еолски, међутим Ракић не наводи на којој дубини се они налазе. Ако су у подини лесоидних песковито-глиновитих алеврита, онда је то нешто друго, вероватно речно-језерски или речно-барски седименти, који се налазе у подини лесоидних седимената (Сл. 2).

После бореалне, следи атлантска климатска фаза, која је трајала 3 000 - 3500 година, од 6 000 до 2 500 година п.н.е. Сматра се, да је у атлантској фази клима били знатно топлија и влажнија. Средња годишња температура ваздуха у Војводини износила је око 14 °С, а падавине три пута веће од данашњих, око 1 800 mm. Флувијални процес је, стога, имао главну улогу у морфолошком обликовању Војводине, док је еолски сведен на минимум. Ово се посебно односи на навејавање еолских пескова (стварање пешчаних покрива-пешчара), које је, због високог водостања речних токова и бујне вегетације, потпуно заустављено.

Еолски пескови, депоновани пре атлантске климатске фазе, осим што су временом измењени, они су у извесној мери и консолидовани, у односу на неконсолидоване пескове данашње Делиблатске пешчаре. Овакав литолошки састав подлоге је, у условима топле и влажне климе, омогућио формирање речних токова, који су се, на простору некадашњих пешчаних покрива (пешчаре), одржавали највероватније до краја атлантске климатске фазе.

### **Делиблатска пешчара**

Атланску климатску фазу замењује суббореална, која је трајала око 1 700 година, од 2 500 до 800 година п.н.е. У суббореалној климатској фази, температуре ваздуха су ниже, падавине умањене. У појединим периодима је долазило до значајног захлађења. Ниже температуре и умањене падавине, у великој мери су се неповољно одражавале на режим речних токова и биљни покривач, што је имало за последицу поновни развој еолског процеса.

Навејавањем еолске прашине, формира се лесни покривач, а снажним дејством ветра пешчани покриви – пешчаре. Стварање данашње Делиблатске пешчаре је, према томе, започело у суббореалној климатској фази и настављено даље, са променљивим интензитетом, све до данас.

У периодима високог водостања, Дунав се изливао ван свог корита и депоновао велике количине алувијалног материјала. У сушним периодима се, међутим, повлачио и на алувијалним равнима остављао песак. Највеће количине пескова су депоноване испред Ђердапа, на левој страни Дунава, од Дубовца до ушћа Нере. Овако припремљени пескови су, дефлационим радом кошаве, пребацивани од алувијалне равни ка СЗ и депоновани у виду пешчаних покрива километарских димензија. Ови процеси су се обављали сваке године, наизменичним смењивањем кишних и сушних периода, као што се то и данас дешава, у савременим климатским условима, а не како то објашњава Б. Букуров (1954), климатским променама од почетка вирма до данас, односно смењивањем топлих и влажних интергласијала, са хладним и сувим гласијалима. Ако знамо да су гласијални и интергласијални стадијали вирма појединачно трајали 40 000 - 50 000 година, да ли је могуће да је исто толико трајала акумулација флувијалног материјала у интергласијалу, односно дефлациони рад кошаве и навејавање песка у гласијалу?

По Миланковићевој апсолутној хронологији квартара, вирмска глацијација је започела пре 115 000 година, а завршила у горњем вирму, пре 22 000 година (по подацима В. Ласкарева, 1938). Под претпоставком да је објашњење Букурова тачно, поставља се питање, како је могуће да еолски пескови, депоновани пре више хиљада година (од доњег вирма до данас), нису претрпели никакве промене. Еолски облици и пескови Делиблатске пешчаре су, међутим, сасвим добро очувани, те се може сматрати да је она релативно млада творевина, формирана тек после атлантске климатске фазе, од 2 500 година п.н.е. до данас. Слично мишљење о времену настанка Делиблатске пешчаре имала је и Ј.Марковић-Марјановић (1950). Она је запазила да пескови Делиблатске пешчаре прекривају алувијалну равн Дунава, терасе и лесни плато, па закључује; "...да су најпре морале постати све три морфолошке јединице и да је еолска акумулација дејствовала после формирања флувијалног рељефа" Главну улогу су, при томе, имали Дунав и повремено снажан југоистчни ветар - кошава.

Непосредним дејством кошаве, дунавски песак је пребациван са алувијалне равни ка СЗ, и прекривао облике флувијалног рељефа. Овде се, пре свега, мисли на речне долине образоване током атлантске климатске фазе, којима су се речни токови сливали са Загајичког гребена ка ЈЗ. Кратке долине на југозападној падини Загајичког гребена (преграђене еолским песковима Делиблатске пешчаре) и долине између Мраморка и Делиблата (Обзовик бара, Мраморачка и Делиблатска река), које полазе од саме границе Пешчаре, одакле су низводно, ка ЈЗ дубоке до око 20 m, а узводно покривене еолским песковима, указују на то, да су на простору данашње Делиблатске пешчаре, пре навејавања еолског песка, постојали нормални-површински речни токови.

Из свега изложеног, може се сматрати да је стварање Делиблатске пешчаре започело после атлантске климатске фазе. Зато су еолски пескови и облици, у оквиру Пешчаре, релативно добро очувани. Непосредним дејством кошаве, песак је транспортован и навејаван ка СЗ, од самог Дунава на ЈИ, до Падине и Самоша на СЗ.

У оквир Делиблатске пешчаре, Б. Букуров (1953) издваја ниску и високу пешчару која се на СЗ завршава испред Владимировца.

Ниска пешчара је развијена на некадашњој алувијалној равни Дунава и Караша. Простире се од Дунава ка СЗ, све до 110 m надморске висине, односно до "линије која повезује Гај са Гребенцем" (Букуров, 1953). Дине ниске пешчаре су претежно лонгитудиналне, издужене правцем ЈИ-СЗ. Њихова дужина се креће од сто до неколико стотина метара. Надморска висина им је 75 - 110 m, релативна висина 5 - 10 m, док је дубина међуднских депресија-издувина до 10 m. Имајући у виду да се ниска пешчара налази на алувијалној равни Дунава, кошава је дунавски песак делом издувала, а делом преобликовала у дине.

Висока пешчара полази од ниске пешчаре и наставља се ка СЗ, све до испред Владимировца..."пешчаним гребеном званом Орловат ", надморске висине 168 m (Марковић-Марјановић, 1950). С обзиром да су пескови навејани на лесној заравни, висока пешчара има нешто већу надморску висину (20 - 100 m) од надморске висине ниске пешчаре. Највиша је у свом средишњем делу, између Делиблата и Шушаре, где се поједине пешчане дине издижу и до 190 m.

Правац пружања пешчаних дина високе пешчаре је исти као и код ниске, ЈИ - СЗ. Њихова дужина се креће од 100 до преко 1 000 m, релативна висина им је 20 - 30 m, а дубина издувина 10 - 30 m.

Треба истаћи, да ранији истраживачи (Б.Ж. Милојевић, Ј. Марковић-Марјановић, Б. Букуров) Делиблатску пешчару завршавају у пределу Владимировца, са северозападном границом високе пешчаре. Северозападно од високе пешчаре је, по њима, лесна зараван.

За разлику од поменутих аутора, лесна зараван је по М. Зеремском (1972): "Прелазна песковито-лесна зона са динама", која се простире ка СЗ скоро до Тамиша, а развијена је, у уској зони, и у ободним деловима високе пешчаре. Прелазна песковито-лесна зона је, по Зеремском, и Загајичко брдо са Думачом, па чак и простор са пешчаним динама између Караша и Банатске Паланке, који Ј. Марковић-Марјановић издваја под називом "Мали песак".

Током геоморфолошког картирања Војводине је, међутим, северозападно од високе пешчаре константован и на карти издвојен пешчани покров са морфолошки слабо израженим динама. Овај покров се у великој мери просторно преклапа са прелазном песковито-лесном зоном М. Зеремског. Полази од високе пешчаре, од 150 m н.в., те, спуштајући се постепено ка СЗ, силази до изохипсе 120 m и 100 m, односно до Падине и Самоша.

Настанак пешчаног покроба с морфолошки слабо израженим динама, везује се за високу пешчару из које је издувани песак редепонован на простору између Владимировца, Падине и Самоша. Појачано издување песка, настало је када је висока пешчара, због масовне сече и паљења шуме, остала без вегетационог покривача. Сматра се, да су се ови процеси дешавали у историјско доба, од 15. до 19. века, када је дошло до значајног захлађења, односно када је наступило мало ледено доба. Пешчани покров са слабо израженим динама је, према томе, најмлађи део Делиблатске пешчаре, који са ниском и високом пешчаром представља јединствену целину.

Претпоставља се да је пешчани покров с морфолошки слабо израженим динама (у односу на ниску и високу пешчару) мале дебљине, јер је песак издуван из високе пешчаре, практично расут преко лесне заравни. Ова Претпоставка је заснована на основу ниских, морфолошки слабо изражених дина, посебно на местима где је песак истањен ветром. Ниске дине незнатних димензија, висине до 2 m, указују да се овде заиста ради о еолским песковима, док местимичне појаве вртача и долина указују да испод танког еолског песка лежи лес, песковити лес, лесоидни пескови или песковито-глиновити алеврити.

### Закључак

Еолски рељеф на територији Војводине, формиран је после повлачења Панонског мора, које се по В. Ласкареву (1951) завршило у плеистоцену, са ришком глацијацијом. С обзиром да се читаво Панонско море повлачило ка ЈИ и одводњавало Дунавом кроз Ђердапску клисуру, претпоставља се да се најдуже задржало на простору јужног Баната, највероватније до холоцена.

Развој еолског процеса на новонасталом копну се одвијао, с јачим или слабијим интензитетом, под утицајем климатских промена током читавог холоцена. У пребореалној и бореалној климатској фази, постијали су повољни климатски услови за развој еолског процеса, посебно у бореалној, када се еолски процес одвијао у условима хладне и суве зиме, влажна пролећа и топла и сува лета. Тада је на барско-мочварним површинама стваран најпре барски лес, а касније, преко барског, копнени лес. Када су, на новонасталом копну, формиран речни токови, који су, изливајући се, депоновали пескове и ван својих корита, започело је стварање и пешчаних покроба (пешчара), са свим карактеристичним облицима еолског рељефа. Еолски пескови и облици еолског рељефа из пребореалне и бореалне климатске фазе су, међутим, временом, у великој мери измењени, разорени или прекривени млађим седиментима, те је њихово препознавање у данашњем рељефу веома отежано.

За пребореалну и бореалну климатску фазу, везује се и настанак Загајичког гробена (Загајичко брдо и Думача). Претпоставља се да је у основи овог гробена

стари (измењени) еолски песак, данас прекривен лесоидним седиментима. Међутим, по М. Ракићу (1980), Загајички гребен изграђују делувијално-пролувијални седименти плеистоценске старости. На геолошкој карти Бела Црква 1 : 100 000, издвојени су под називом "кличевачка серија", која редовно прати данашње пешчаре (Делиблатску и мање пешчане покрове низводно од Рама), што указује на њено еолско порекло, односно, да су то еолски пескови некадашњих пешчара, а не..."падински застори пролувијално-делувијалне генезе", како то тврди Ракић.

У атлантској климатској фази, у условима знатно топлије и влажније климе, флувијални процес је преузео главну улогу у морфолошком обликовању рљефа јужног Баната, док је еолски процес сведен на минимум. Због високог водостања речних токова и бујне вегетације, стварање пешчаних покова (пешчара) је потпуно заустављено.

У суббореалној климатској фази, која је трајала око 1 700 година, од 2 500 до 800 година п.н.е., температуре ваздуха су, у односу на атлантску климатску фазу, ниже, а падавине знатно умањене. Ниске температуре и умањене падавине, неповољно су се одражавале на режим речних токова и вегетациони покривач, те је еолски процес поново активиран. Навејавањем еолске прашине, стваран је лес, а навејавањем пескова, под снажним дејством ветра, пешчани покрови-пешчаре. Стварање Делиблатске пешчаре је започело највероватније управо у суббореалној климатској фази и настављено у субатлантској, са променљивим интензитетом, све до данас.

Из свега изложеног, може се такључити да је Делиблатска пешчара релативно млада еолска творевина, формирана тек после атлантске климатске фазе. Главну улогу у њеном стварању имала је кошава, која је повремено снажним ударима, издувала дунавски песак и пребацивала га ка СЗ, све до Падине и Самоша. Еолски песак је депонован најпре на простору високе пешчаре, а касније, када се Дунав померио у десно, ка југу, и на аливијалној равни. Пешчани покров са морфолошки слабо израженим динама, на простору између Владимирвца, Падине и Самоша, најмлађи је део Делиблатске пешчаре. Претпоставља се да је настао у времену између 15. и 19. века, од пескова издуваних из високе пешчаре.

## Литература

Литературу видети на страни 11.