

Sedimentološke značajke gornjomiocenskih naslaga kod Velikog Trojstva na Bilogori

Tomić, Sandro

Undergraduate thesis / Završni rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:217:416487>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-25**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb](#)



Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno–matematički fakultet
Geološki odsjek

Sandro Tomić

**SEDIMENTOLOŠKE ZNAČAJKE
GORNJOMIOCENSKIH NASLAGA KOD VELIKOG
TROJSTVA NA BILOGORI**

Seminar III
Preddiplomski studij geologije

Mentor: prof. dr. sc. Marijan Kovačić

Zagreb, 2022.

Završni rad izrađen je u sklopu projekta Hrvatske zaklade za znanost SEDBAS (IP-2019-04-7042).

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Geološki odsjek

Seminar III

SEDIMENTOLOŠKE ZNAČAJKE GORNJOMIOCENSKIH NASLAGA KOD VELIKOG TROJSTVA NA BILOGORI

Sandro Tomić

Rad je izrađen: Geološki odsjek Prirodoslovno-matematičkog fakulteta, Horvatovac 102b,
10000 Zagreb, Hrvatska

Na prostoru zapadnog dijela Bilogore u okolici Velikog Trojstva uzeti su uzorci pijeska miocenske starosti s lokaliteta Manduševac i Lipov Brijeg s ciljem utvrđivanja njihovog granulometrijskog sastava i sastava lake mineralne frakcije. Rezultati granulometrijskih analiza pokazali su da su uzorci s oba lokaliteta izgrađeni od podjednakog udjela čestica pijeska i pelitnih čestica. Analiza lake mineralne frakcije pokazala je da u oba uzorka prevladavaju čestice muskovita i kremenca, a relativno su brojne karbonatne čestice. Na temelju analize granulometrijskog sastava i sastava lake mineralne frakcije zaključeno je da su analizirani miocenski pijesci mineraloški i strukturno srednje zreli do zreli i da po tim značajkama odgovaraju pijescima gornjomiocenske starosti sa šireg prostora Sjevernohrvatskog bazena. Porijeklo tih pijesaka veže se uz udaljena izvorišta u istočnim Alpama i Zapadnim Karpatima, a taloženi su na deltnim ušćima u Panonsko jezero.

Ključne riječi: Bilogora, miocen, Panonski bazenski sustav, granulometrijski sastav, laka frakcija

Rad sadrži: 22 stranice, 22 slike, 4 tablice, 20 literaturnih navoda,

Jezik izvorni : Hrvatski

Rad je pohranjen u: Središnja geološka knjižnica, Geološki odsjek, PMF

Mentor: Marijan Kovačić, prof. dr. sc.

Ocjenjivači: Marijan Kovačić, prof. dr. sc.

Frane Marković, doc. dr. sc.

Karmen Fio Firi, doc. dr. sc.

Datum završnog ispita: 22. 9. 2022.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Geology

Seminar III

Sedimentological characteristics of Upper Miocene deposits from the Sveto Trojstvo locality, Bilogora Mt

Sandro Tomić

Thesis completed in: Department of Geology, Faculty of Science, Horvatovac 102b, 10000 Zagreb, Hrvatska

On the territory of the western part of Bilogora in the vicinity of the Veliko Trojstvo, samples of the sand of miocene age were taken from the site of Manduševac and Lipov Brijeg with the aim of determining their granulometric composition and composition of the light mineral fraction. The results of granulometric analyses showed that samples from both sites were built from an equal proportion of sand particles and pelitic particles. Analysis of the light mineral fraction showed that in both samples, muscovite and quartz particles predominate, and there are relatively numerous carbonate particles. Based on the analysis of the granulometric composition and composition of the light mineral fraction, we concluded that the analyzed Miocene sands are mineralogically and structurally medium ripe to mature and that they correspond to the sands of Upper-Miocene age from the wider area of the North Croatian Basin. The origin of these sand is associated with distant terrains in the eastern Alps and western Carpathians, and the deposition took place in the delta systems of the Pannonian lake.

Keywords: Bilogora, Miocene, Pannonian Basin System, granulometric composition, light mineral fraction

Seminar contains: 22 pages, 22 figures, 4 tables, 20 references

Thesis deposited in: Central Geological Library, Department of Geology, Faculty of Science

Original in: Croatian

Supervisor: Marijan Kovačić, prof. dr. sc.

Reviewers: Marijan Kovačić, prof. dr. sc.

Frane Marković, doc. dr. sc.

Karmen Fio Firi, doc. dr. sc.

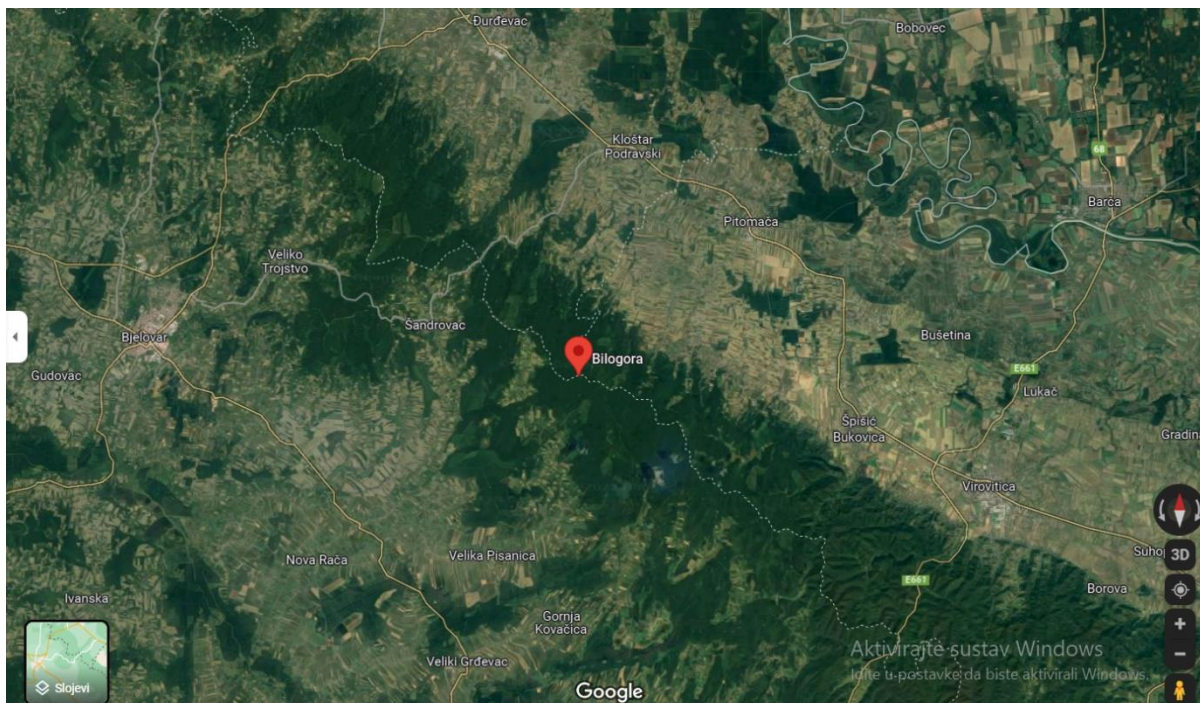
Date of the final exam: 22.9.2022.

Sadržaj

1. UVOD	1
2. GEOLOŠKA GRAĐA TERENA	3
2.1. Neogen Panonskog bazenskog sustava	3
2.2. Geologija istraživnog područja	4
3. METODE	6
3.1. Terenska istraživanja	6
3.2. Granulometrijska analiza	9
3.3. Separacija teške i lake mineralne frakcije	10
3.4. Analiza lake mineralne frakcije	12
4. REZULTATI	13
4.1. Granulometrijski sastav	13
4.2. Sastav lake mineralne frakcije	15
5. DISKUSIJA I ZAKLJUČAK	19
6. LITERATURA	20

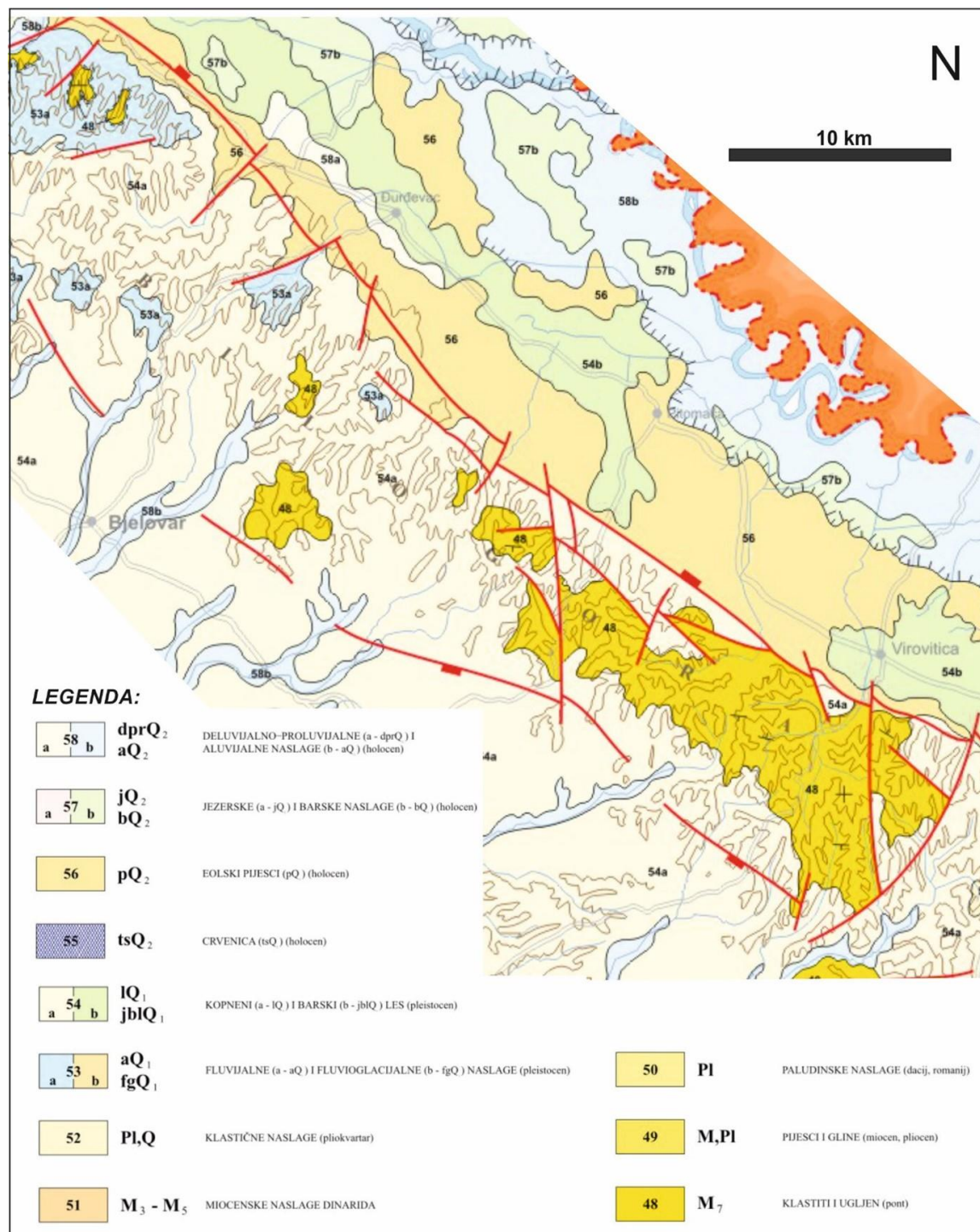
1. UVOD

Bilogora je nisko prostorno gorje koje se nalazi u središnjoj Hrvatskoj, smještena je između Drave na sjeveru i Save na jugu (slika 1). Dužina joj iznosi oko 80 km, širina 16 do 18 km, a ukupna površina oko 1700 km².



Slika 1 Geografski položaj Bilogore (izvor: Google Earth)

U geološkom smislu Bilogora se nalazi u središnjem dijelu Sjevernohrvatskog bazena (SHB) koji pripada jugozapadnom dijelu Panonskog bazenskog sustava (PBS) (PAVELIĆ i KOVAČIĆ, 2018). Formiranje PBS-a započelo je početkom miocena, a razvoj njegovog jugozapadnog dijela karakterizira jedan veliki transgresivno-regresivni sedimentacijski ciklus. Transgresivni dio ciklusa obilježen je prijelazom iz kopnenih u slatkovodne jezerske pa morske okoliše, a regresivni dio transformacija marinskih u brakične pa slatkovodne jezerske i u konačnici kopnene okoliše (KOVAČIĆ i PAVELIĆ, 2017). Na prostoru Bilogore na površini su otkrivene samo naslage koje pripadaju regresivnom dijelu ciklusa. Pretežito su to pliocenski i kvartarni sedimenti taloženi u slatkovodnim jezerskim i aluvijalnim okolišima (slika 2). Znatno su rjeđi izdanci naslaga mlađeg miocena koje su taložene u brakičnom jezerskom okolišu. Najvećim dijelom su to siltozni i pjeskoviti sedimenti taloženi u plićim dijelovima Panonskog jezera (KOVAČIĆ i PAVELIĆ, 2017).



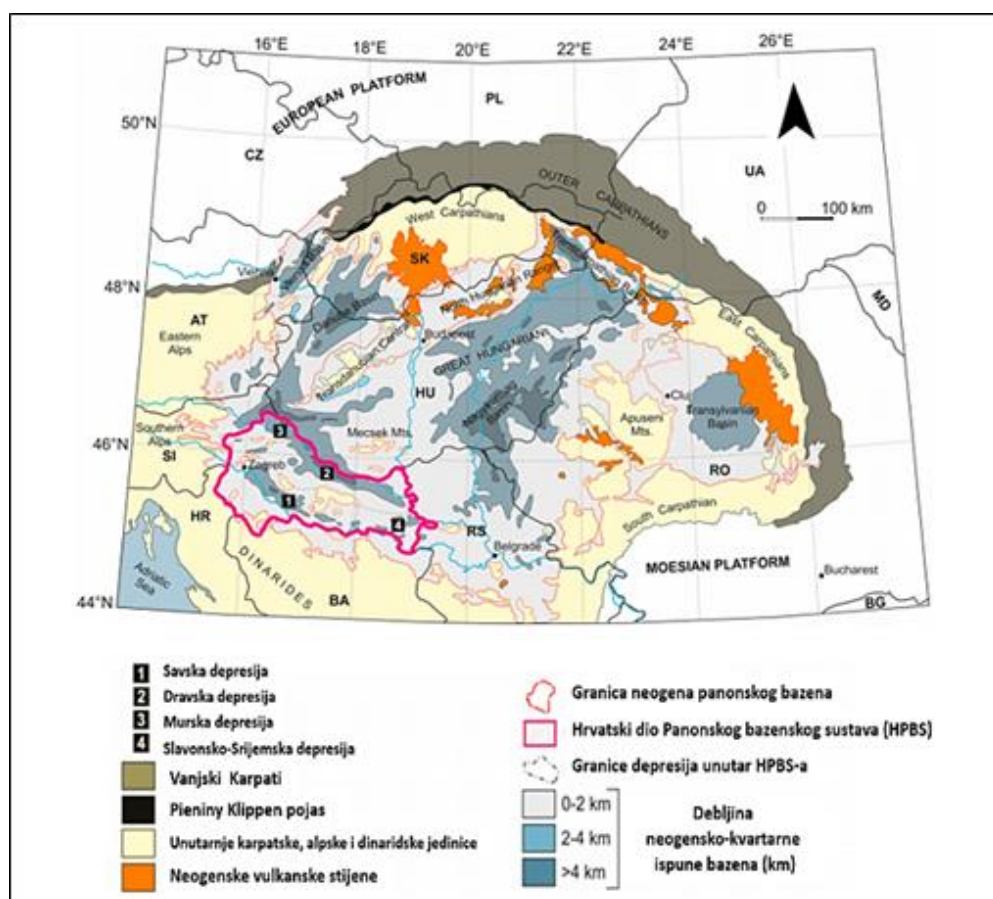
Slika 2 Geološka karta Bilogore. Isječak geološke karte Republike Hrvatske 1:300 000 (HGI, 2009).

Predmet istraživanja u ovome radu su pjeskoviti sedimenti miocenske starosti koji na površinu izdaju u središnjem dijelu Bilogore na prostoru Velikog Trojstva. Cilj rada bio je utvrditi njihove granulometrijske značajke i sastav lake mineralne frakcije te na temelju dobivenih rezultata pretpostaviti njihovo porijeklo.

2. GEOLOŠKA GRAĐA TERENA

2.1. Neogen Panonskog bazenskog sustava

Panonski bazenski sustav (PBS) zauzima prostor između planinskih lanaca Karpata, Alpa i Dinarida, te prekriva južni rub Europske ploče, a hrvatski dio PBS-a nalazi se na njegovom jugozapadnom dijelu (slika 3). Sastoji se od niza manjih, dubokih depresija, odvojenih razmjerno plitko položenim stijenama predneogenske podloge (SCHMID i sur., 2008; USTASZEWSKI i sur., 2014). Stvaranje zalučnog (back-arc) Panonskog bazenskog sustava početkom miocena rezultat je podvlačenja Europske ploče pod Jadransku mikroploču (MATENCO i RADIVOJEVIĆ, 2012). Paleogeografski, prostiranje PBS-a podudara se s područjem Središnjeg Paratethys-a (HARZHAUSER i PILLER, 2007; PILLER i sur., 2007; KOVÁČ i sur., 2017).



Slika 3. Rasprostiranje Panonskog bazenskog sustava uključujući glavne tektonske i zemljopisne jedinice Alpa, Karpata, Dinarida (modificirano prema CVETKOVIĆ i sur., 2019)

Paratethys je kao epikontinentalno more nastalo razdvajanjem od zapadnog Tethys-a. Njegov postanak povezan je s kretanjem Indije i Australije prema sjeveru, kolizijom Indijske ploče s Azijom, pomicanjem Afrike prema sjeveru i izdizanjem alpskog otočnog lanca, što je na granici eocena i oligocena dovelo do zatvaranja nekadašnjeg Tethys oceana (POPOV i sur., 2004; HARZHAUSER i PILLER, 2007; PILLER i sur., 2007; KOVÁČ i sur., 2017). Paratethys se dijeli na tri paleogeografske jedinice. Zapadni Paratethys koji obuhvaća alpske bazene Švicarske, Francuske, Južne Njemačke i Gornje Austrije, Središnji Paratethys koji najvećim dijelom obuhvaća Panonski bazenski sustav te Istočni Paratethys koji obuhvaća prostor Crnog mora, Kaspijskog bazena te Aralsko more (POPOV i sur., 2004).

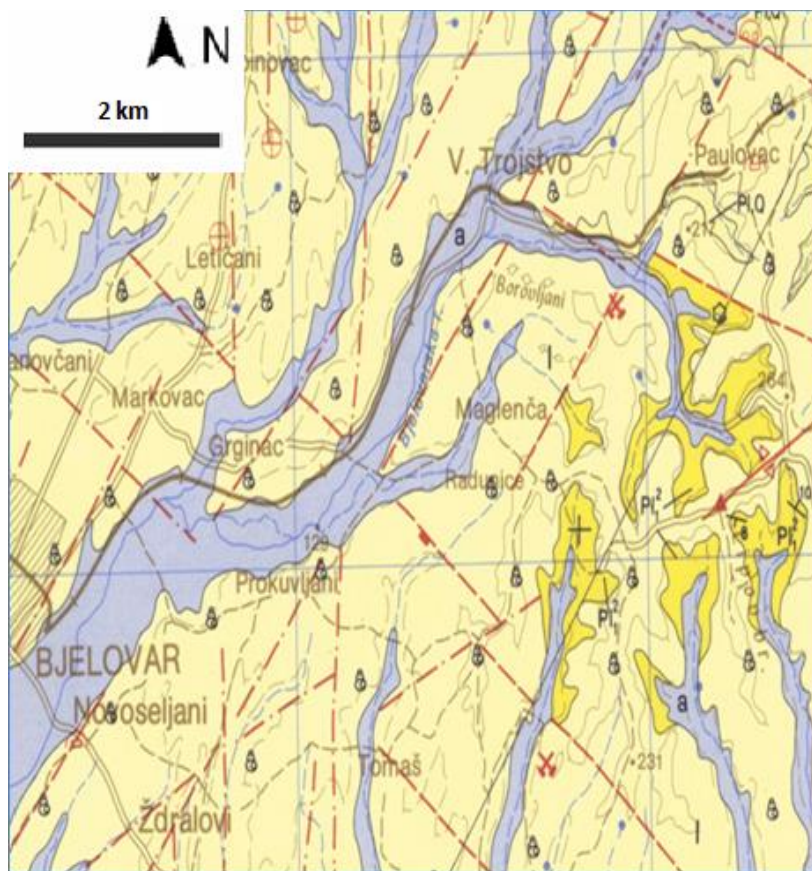
Zatvaranja i otvaranja morskih i kopnenih prolaza između Mediterana na jugu i Paratethysa te između pojedinih dijelova Paratethysa dovela su do drugačijeg paleogeografskog i biogeografskog razvoja tih područja i imale su za posljedicu definiranje različitih kronostratigrafskih podjela i uvođenje različitih lokalnih katova (npr. RÖGL i STEININGER, 1983; PILLER i sur., 2007).

Jugozapadni dio Panonskog bazenskog sustava postaje dio šireg marinskog prostora Središnjeg Paratethysa najvjerojatnije početkom srednjeg badena, iako su neki morski krakovi moguće dosežali i u donjem badenu (ĆORIĆ i sur., 2009; MANDIĆ i sur., 2018; MARKOVIĆ i sur., 2021). Marinski režim, uz redukciju saliniteta nastavio se do kraja srednjeg miocena kada je bazen konačno izoliran prije 11,6 milijuna godina i formirano je veliko bočato Panonsko jezero (PILLER i HARZHAUSER, 2005; PAVELIĆ i sur., 2001; PAVELIĆ i KOVAČIĆ, 2018). U njemu se ubrzo razvila endemska fauna mekušaca (MAGYAR, 1995; MAGYAR i sur., 1999; NEUBAUER i sur., 2015). Donos velike količine klastičnog detritusa s obližnjih planinskih lanaca doveo je prema kraju miocena do oplicavanja i postupnog smanjenja površine Panonskog jezera (MAGYAR i sur., 1999). Početkom pliocena najveći dio Panonskog jezera bio je ispunjen materijalom kojeg su iz Alpa i Karpata donosili progradirajući klastični riječno-deltne sustavi (KOVAČIĆ i sur., 2004; KOVAČIĆ & GRIZELJ, 2006; BALÁZS i sur., 2018; SEBE i sur., 2020). U završnoj fazi jezerske sedimentacije u rasponu od 4,5 do 2 milijuna godina u južnom dijelu PBS-a u slatkovodnom Slavonskom jezeru taloženi su klastični sedimenti poznatiji kao Viviparus slojevi (MANDIĆ i sur., 2015).

2.2. Geologija istraživanog područja

Opis geološke građe zapadnog dijela Bilogore gdje je smješteno istraživano područje Velikog Trojstva rađen je na temelju karata i tumača osnovne geološke karte SFRJ listovi Bjelovar

(KOROLIJA i sur., 1985) i Koprivnica (ŠIMUNIĆ, A. i sur., 1990). Na isječku Osnovne geološke karte, list Bjelovar (KOROLIJA i CRNKO, 1986) prikazanom na slici 4 vidljivo je da je istraživano područje Velikog Trojstva izgrađeno od najmlađih miocenskih, pliocenskih i kvartarnih naslaga. Miocenske naslage (na karti su označene kao Pl_1^2) otkrivene su na području južno od Velikog Trojstva. Sastavljene su od pjeskovitih i glinovito siltoznih sedimenata. One mjestimice sadrže fosilne ostatke brakičnih školjaka među kojima je i *Congeria rhomboidea*. Nalazi te školjke pokazuju da spomenuti miocenski sedimenti pripadaju najmlađem miocenu, odnosno *Rhomboidea* naslagama. Južno od sela Paulovac na manjoj površini su otkrivene pliokvartarne naslage koje su sastavljene od raznovrsnih klastičnih sedimenata među kojima dominiraju pelitni sedimenti, ali sadrže i pijeske i šljunke. Ipak, daleko najveći dio istraživanog područja prekriven je lesom i lesolikim sedimentima čiji je postanak vezan uz donos siliciklastičnog materijala iz područja poplavne ravnice Dunava za vrijeme glacijalnih perioda u starijem kvartaru odnosno pleistocenu.



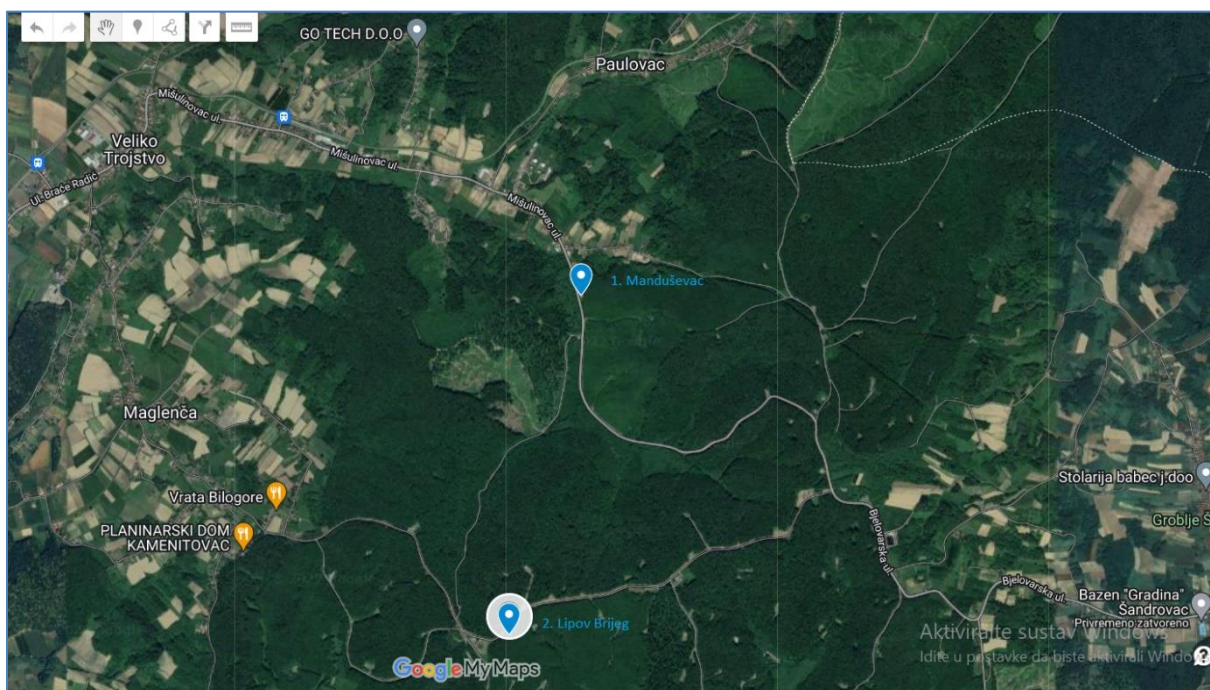
Slika 4. Geološka građa šireg područja Velikog Trojstva. Isječak Osnovne geološke karte SFRJ 1 :100 000 (KOROLIJA i CRNKO, 1986). Legenda: Pl_1^2 - romboidea naslage; Pl,Q – pliokvartar; I – les i lesoliki sedimenti, pleistocen

3. METODE

Izrada ovoga rada sastojala se je od terenskog rada i laboratorijske obrade prikupljenih uzoraka.

3.1. Terenska istraživanja

U sklopu terenskih istraživanja za potrebe preddiplomskog rada obišđen je zapadni dio Bilogore u području između Bjelovara, Velikog Trojstva i Kamenitovca (slika 5). Teren je najvećim dijelom bio prekriven vegetacijom ili su na površini bile izložene najmlađe lesolike naslage. Kvalitetni izdanci miocenskih naslaga koje su bile predmet interesa u ovome radu pronađeni su na lokalitetima Manduševac i Lipov Brijeg (slika 5) gdje su i uzeti uzorci za laboratorijske analize.



Slika 5. Karta istraživanog područja Velikog Trojstva s ucrtanim položajem detaljnije istraženih izdanaka Manduševac i lipov brijeg; izvor: Google Maps

Na lokalitetu Manduševac nalazi se zasjek dužine oko 10 metara te visine od jednog metra. Lokalitet je svojim velikim dijelom prekriven vegetacijom, međutim uočava se sitnozrnasti dobro sortirani tinjčasti pijesak hrđasto smeđe boje (slika 6). Uzorak MAN 1 uzet je u visini glave čekića (slika 7).



Slika 6. Lokalitet Manduševac na kojem na površini izbijaju hrdasti dobro sortirani pijesci miocenske starosti



Slika 7. Mjesto uzrokovanja na lokalitetu Manduševac

Drugi istraživani lokalitet je Lipov brijeg (slika 5). Na samome lokalitetu nalazi se zasjek širine oko 15 metara te visine 2 do 3 metra (slika 8). Miocenske naslage na samome izdanku su dobro uslojene, a sastoje se od izmjene centimetarsko decimetarskih slojeva pijeska i silta (slika 9). Pijesak je sitnozrnati svijetlo sive boje. Uzorak LIP 1 iz sloja pijeska uzet je u visini glave čekića (slika 9).



Slika 8. Zasjeak na lokalitetu Lipov brijeg gdje se na površini nalaze najmlađi miocenski sedimenti.



Slika 9. Decimetarska izmjena slojeva pijeska i silta na lokalitetu Lipov brijeg. Uzorak za laboratorijske analize LIP 1 uzet je u visini glave čekića.

3.2. Granulometrijska analiza

Granulometrijska analiza napravljena je metodom mokrog sijanja laboratorijskim sitima. Prije same analize metodom četvrtanja je od ukupnog uzorka izdvojeno oko 100 g reprezentativnog uzorka koji je dalje korišten u analizi. Za sijanje je na tresilicu postavljena aparatura koja se sastojala od šest sita promjera 1 mm; 0,5 mm; 0,250 mm; 0,125 mm, 0,063 mm i 0,032 mm složenih tako da je sito s najvećim promjerom otvora bilo na vrhu, a ono s najmanjim na dnu aparature. Uzorak je stavljen na najgornje sito i prosijavan uz ispiranje destiliranom vodom. Na taj način uzorak je podijeljen na pet frakcije: 1 mm – 500 µm, od 500 – 250 µm, od 250 – 125 µm, od 125 – 63 µm, od 63 µm do 32 µm. Svaka frakcija, odnosno dio uzorka koji je zaostao na svakom pojedinom situ je prebačen u staklenu posudicu, osušen i izvagan. Pomoću tih podataka izračunat je maseni udio svake frakcije. Masa frakcije < 32 µm kao i njen maseni udio u uzorku dobiveni su iz razlike između početne mase uzorka i ukupne mase četiri izdvojene frakcije.

Dobiveni rezultati analize granulometrijskog sastava prikazani su kumulativnom granulometrijskom krivuljom i u obliku histograma. Također iz kumulativne granulometrijske krivulje izračunati su i najvažniji parametri veličine čestica (tablica 1). Treba napomenuti da je udio pojedinih frakcija sitnijih od 32 mikrometra rekonstruiran na kumulativnoj granulometrijskoj krivulji, a za točne podatke bilo bi potrebno taj dio uzoraka analizirati primjerice pomoću sedigrafa ili laserskog granulometra.

Tablica 1. Prikaz parametara veličina čestica, njihovih oznaka i formula. Formule za izračun parametara dane su prema TRASKU (1932):

PARAMETRI	OZNAKE	FORMULE
Srednja veličina čestica	Md	$M_D = P_{50}$
Prosječna veličina čestice	M	$M = (P_{25} + P_{75})/2$
Sortiranost	So	$S_o = \sqrt{\frac{P_{75}}{P_{25}}}$
Koeficijent asimetrije	Sk	$S_K = \frac{P_{25} \cdot P_{75}}{M d^2}$

Srednja veličina čestica, odnosno medijan, (Md) predstavlja nam veličinu čestice na 50% kumulativne granulometrijske krivulje. Vrijednost medijana iščitava se sa same krivulje.

Prosječna veličina čestica, odnosno mod, (M) predstavlja nam aritmetičku izračunatu prosječnu veličinu čestica.

Koeficijent sortiranosti (S_o) je pokazatelj distribucije veličine čestica. Određujemo ga matematičkim izračunima iz kumulativne granulometrijske krivulje te na temelju dobivenih rezultata možemo ih uspoređivati s vizualnim komparatorima za procjenu sortiranosti čestica.

Koeficijent asimetrije (S_k) je pokazatelj simetričnosti distribucije čestica.

3.3. Separacija teške i lake mineralne frakcije

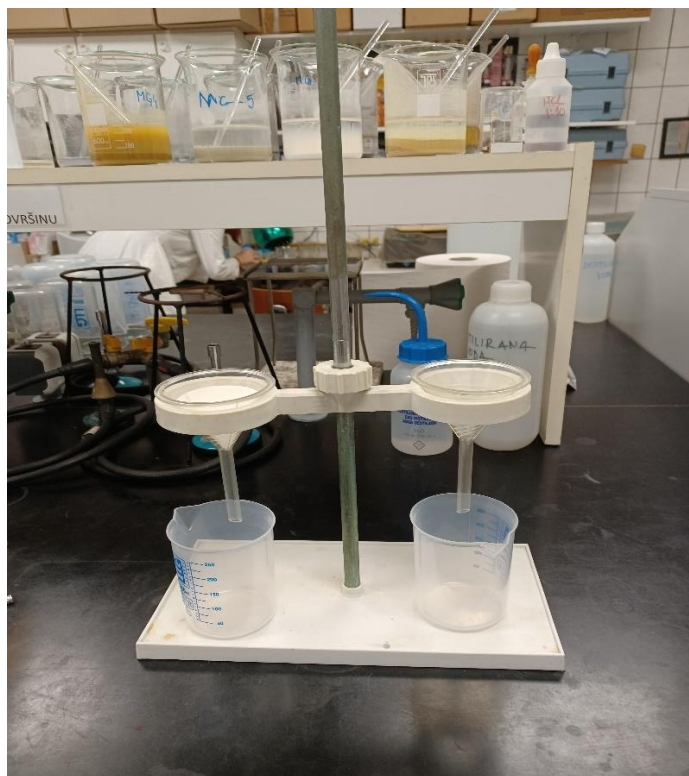
Separacija teške i lake mineralne frakcije provedena je na frakciji uzorka 0,063 - 0,125 milimetara dobivenoj metodom mokrog sijanja. Prvi korak u separaciji bio je odglinjavanje uzorka pijeska. Odglinjavanje je provedeno na način da je uzorak stavljen u čašu s destiliranom vodom, a zatim je čaša stavljena u ultrazvučnu kadu kako bi pomoću vibracija došlo do odvajanja čestica glina, nakon čega je suspenzija vode i čestica gline dekantirana. Postupak je ponavlján sve dok se destilirana voda u potpunosti nije izbistrila. Nakon toga uzorak je prebačen u posudicu u kojoj se sušio. Nakon sušenja uzorak je izvagan.

Sljedeći korak separacije vrši se pomoću teške tekućine, otopine natrijeva polivolfamata (sodium polytungstate SPT). Za potrebe separacije teških minerala bila nam je potrebna gustoća tekućine od $2,90 \text{ g/cm}^3$. Kako bi dobili željenu gustoću tvari teške tekućine SPT-u veće gustoće u menzuri smo dodavali destiliranu vodu i pomoću areometra kontrolirali njegovu gustoću. Kad je dobivena željena gustoća tekućine uzorci su zajedno s tekućinom stavljeni u plastične kivete koje su zatim stavljene u centrifugu (slika 10). Separacija teške i lake mineralne frakcije pomoću centrifuge odvijala se pri brzini od 2500 okretaja/min u vremenskom trajanju od 5 minuta.



Slika 10. Uredaj za centrifugiranje

Kod centrifugiranja, teška mineralna frakcija je pala na dno kivete, a laka mineralna frakcija je ostala pri površini tekućine. Nakon separacije, kivete s uzorcima stavljene su u zamrzivač dok se tekućina u kivetama u potpunosti ne zamrzne. U sljedećem koraku izvršeno je odvajanje obiju frakcija otapanjem zamrznute tekućine na način da je najprije otopljen gornji dio u kojem je koncentrirana laka mineralna frakcija uzorka koja je zatim odvojena filtriranjem. Aparatura za filtraciju sastojala se od stalka, lijevka, filter papira i čaše ispod lijevka (slika 11).



Slika 11. Aparatura za pripremu filtracije

Na stalak je stavljen lijevak u koji je stavljen filter papir, a ispod lijevka se nalazi čaša u kojoj će se cijediti SPT i voda. Za filtraciju je korišten filter papir s crnom trakom jer je on najporozniji. Postupak se provodi tako da se prvo otapa laka frakcija. Nakon filtracije uzorak se ispiri destiliranom vodom te se ostavlja na sušenje. Nakon sušenja uzorci se stavljaju u male posudice (slika 12) te se važe ponovno njihova masa. Postupak filtracije teške frakcije provodi se na isti način kao i postupak za laku frakciju. Nakon dobivenih masa sljedeći korak je priprema preparata. Preparati se izrađuju posebno za laku frakciju i posebno za tešku.



Slika 12. Prikaz dobivene lake frakcije procesom filtracije

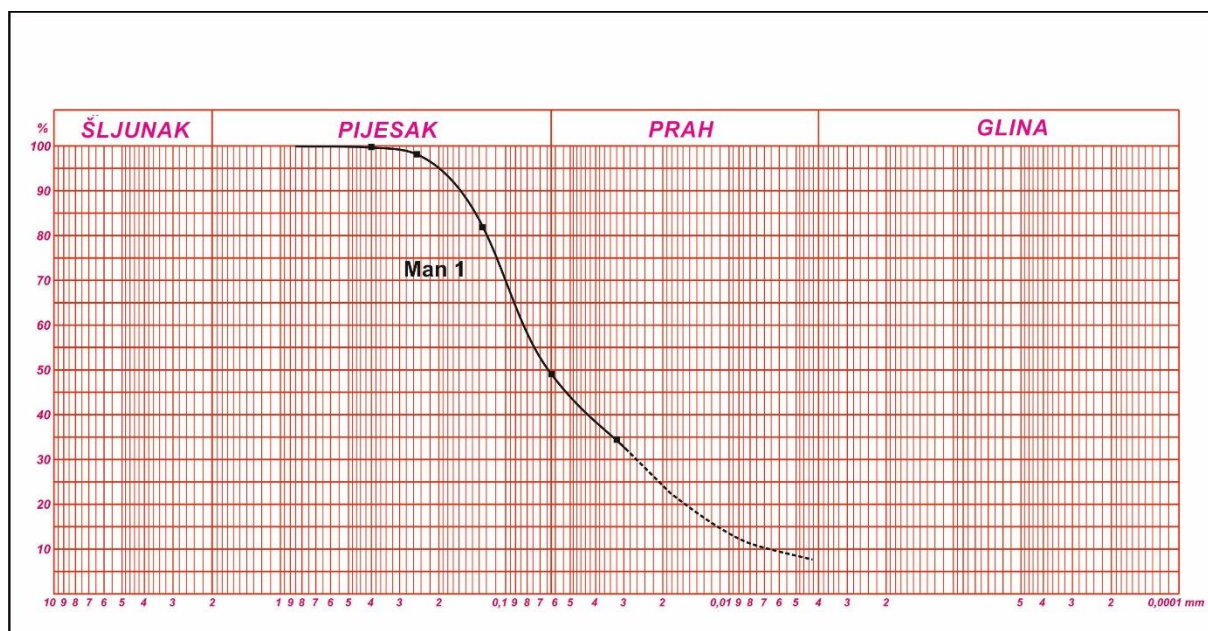
3.4. Analiza lake mineralne frakcije

Analiza lake mineralne frakcije rađena je pomoću polarizacijskog mikroskopa, odnosno metodom trake za određivanje relativnog udjela pojedinih minerala unutar samog preparata (MANGE i MAURER, 1992). Analiza je rađena određivanjem oko 260 zrna kod oba preparata. Pomoću metode trake određena su mineralna zrna unutar vidnog polja kretanjem nasumičnim linijama po preparatu. Razmak između linija određivan je pomoću mikrometra na mikroskopskom stoliću. U preparatima lake mineralne frakcije određeni su kremen, muskovit, karbonatna zrna i čestice stijena. Mineralna zrna proučavana su s uključenim analizatorom i bez analizator

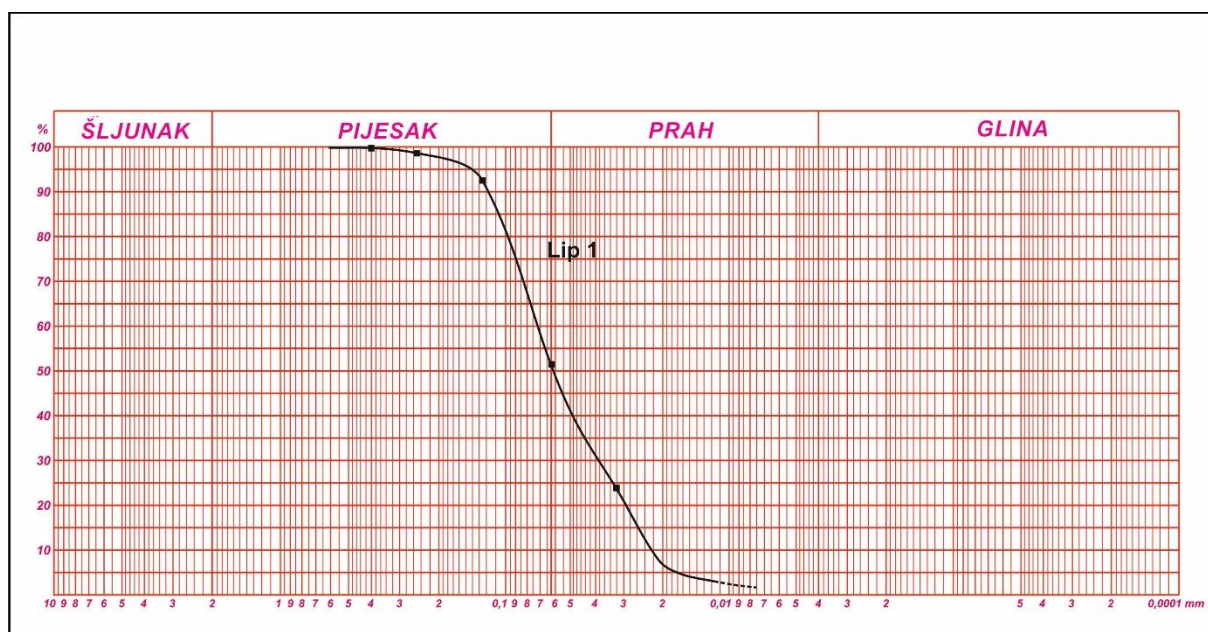
4. REZULTATI

4.1. Granulometrijski sastav

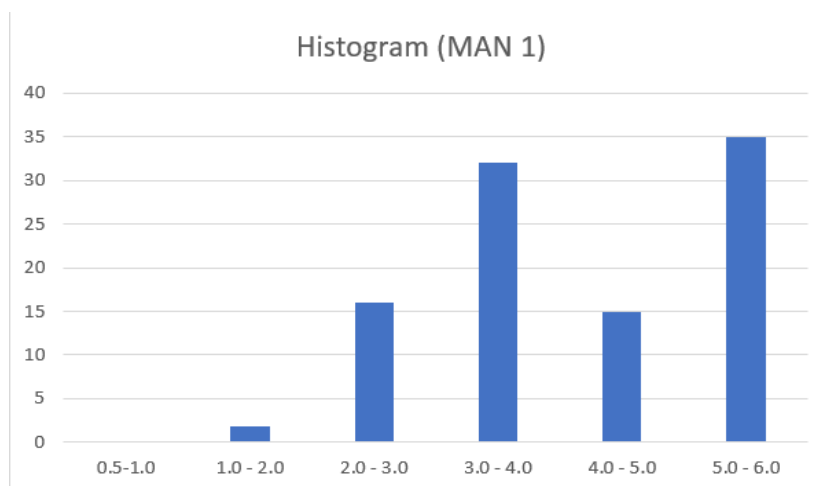
Rezultati analize granulometrijskog sastava za oba analizirana uzorka prikazani su pomoću kumulativnih granulometrijskih krivulja (slike 13 i 14) i histograma (slike 15 i 16). Osim toga, u tablici 2 prikazani su udjeli pojedinih kategorija veličine čestica te su izračunate i vrijednosti granulometrijskih parametara.



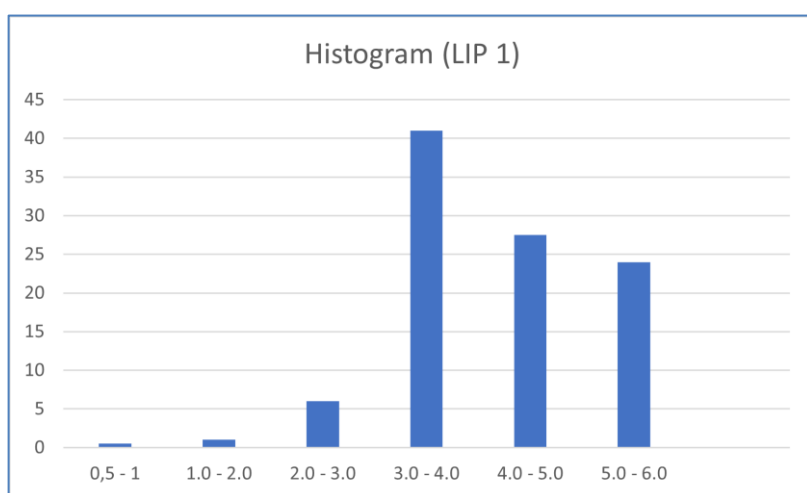
Slika 13. Kumulativna granulometrijska krivulja uzorka Man 1



Slika 14. Kumulativna granulometrijska krivulja uzorka Lip 1



Slika 15. Histogram granulometrijskog sastava uzorka Man 1 (na apcisi se nalaze phi jedinice, a na ordinati su postotci)



Slika 16. Histogram granulometrijskog sastava LIP 1 (na apcisi se nalaze phi jedinice, a na ordinati su postotci)

Tablica 2 Granulometrijski sastav uzoraka Man 1 i Lip 1

UDIO ČESTICA (%)	UZORAK	
	Man 1	Lip 1
šljunak	0	0
pijesak	51	49
prah	43	50
glina	8	1
GRANULOMETRIJSKI PARAMETRI		
medijan (Md)	0,063 mm	0,061 mm
mod (M)	0,062 mm	0,061 mm
koeficijent sortiranosti (So)	1,63	1,68
koeficijent asimertije (Sk)	0,77	0,77

Dobiveni rezultati pokazuju da u oba uzorka prevladavaju čestice veličine pijeska i silta, dok je udio čestica gline znatno manji od 10% (slike 13 - 16; tablica 2).

U uzorku Man 1 prevladavaju čestice veličine pijeska, a udio silta je tek neznatno niži. Srednja veličina čestica (medijan) u uzorku iznosi 0,063mm što predstavlja donju granicu čestica veličine pijeska (slike 13 i 15). Obzirom na vrijednost koeficijenta sortiranoosti (So iznosi 1,63) uzorak je srednje sortiran, a vrijednost koeficijenta asimetrije pokazuje da se radi o pozitivno simetričnom rasporedu čestica (tablica 2). Obzirom na navedeno uzorak Man 1 može se opisati kao **srednje sortirani siltozni pijesak**.

Uzorak Lip 1 sastavljen je gotovo isključivo od čestica veličine silta i pijeska i to u podjednakom postotku (slike 14 i 16). Obzirom na vrijednost koeficijenta sortiranoosti (So iznosi 1,68) uzorak je srednje sortiran, a vrijednost koeficijenta asimetrije pokazuje da se radi o pozitivno simetričnom rasporedu čestica (tablica 2). Obzirom na navedeno uzorak Lip 1 može se opisati kao **srednje sortirani pjeskoviti silt, odnosno siltozni pijesak**.

4.2. Sastav lake mineralne frakcije

Separacijom teške i lake mineralne frakcije dobiven je udio svake frakcije u oba istraživana uzorka. Maseni udio izračunat je prema formulama:

$$\omega(\text{laka frakcija}) = \frac{m(\text{laka frakcija})}{m(\text{ukupna})}$$

$$\omega(\text{teška frakcija}) = \frac{m(\text{teška frakcija})}{m(\text{ukupna})}$$

Dobiveni rezultati prikazani su u tablici 3. Iz tablice je vidljivo da u oba uzorka izrazito dominiraju minerali iz lake mineralne frakcije, dok se udio teške mineralne frakcije kreće od 1,8 do 4,88%.

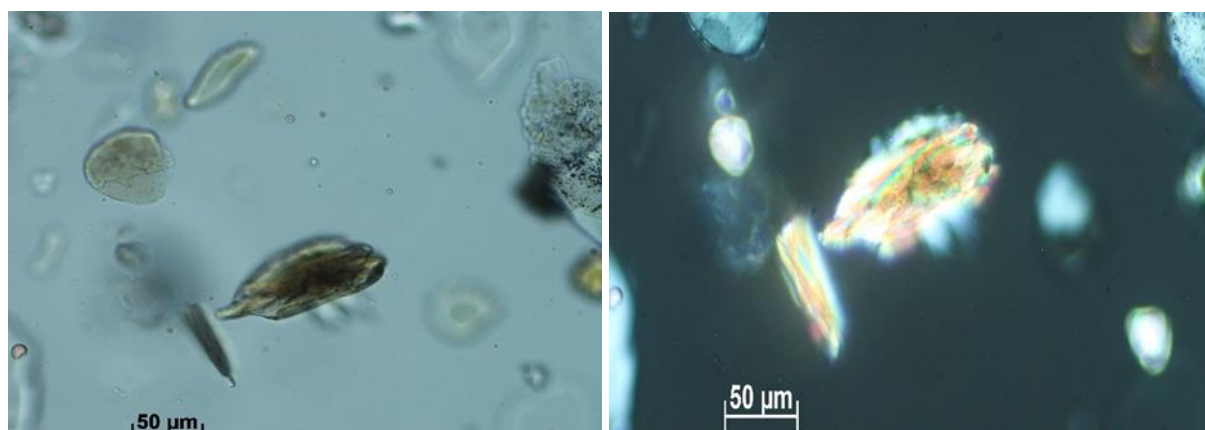
Tablica 3. Izračun masenih udjela lake i teške frakcije u uzorcima s lokaliteta Manduševac (Man 1) i Lipov Brijeg (Lip 1).

UZORAK	LAKA FRAKCIJA		TEŠKA FRAKCIJA	
	m (g)	ω(%)	m (g)	ω(%)
MANDŠEVAC	5,9155	95,12	0,3034	4,88
LIPOV BRIJEG	m (g)	ω(%)	m (g)	ω(%)
	5,4704	98,2	0,10001	1,8

Analiza modalnog sastava lake mineralne frakcija pokazala je da su u oba uzorka zastupljene čestice kremen, muskovita, karbonatnih zrna te čestice stijena (slika 17; tablica 4).

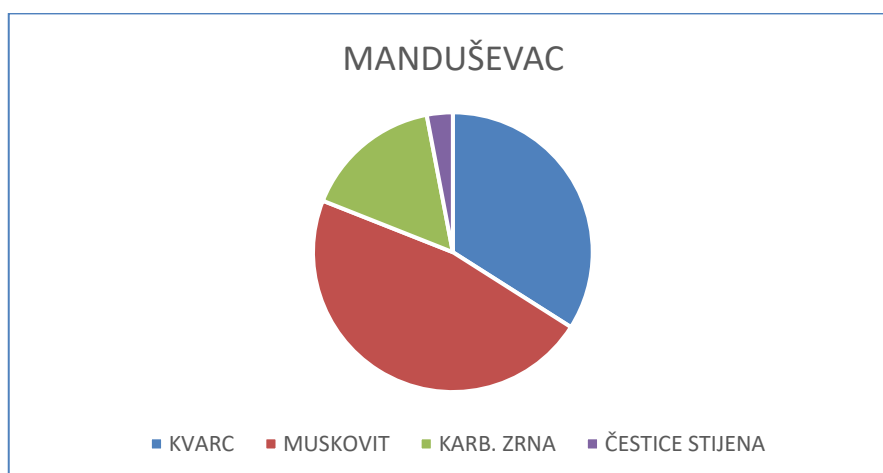
Tablica 4. Sastav lake mineralne frakcija uzoraka Man 1 i Lip 1.

Oznaka uzorka	udio čestica (%)			
	kremen	muskovit	karbonatna zrna	čestice stijena
Man 1	34	47	16	3
Lip 1	27	45	23	5

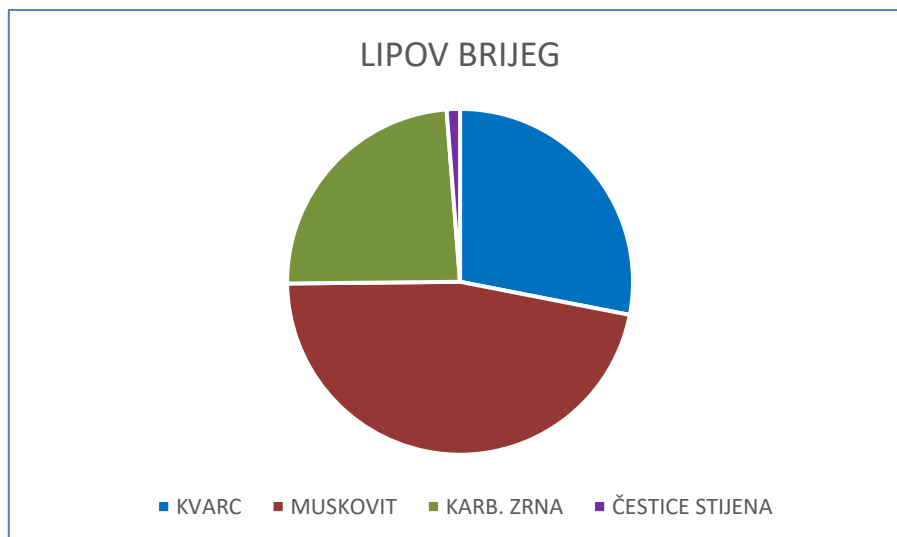


Slika 17. Laka mineralna frakcija pod polarizacijskim mikroskopom. Lijeva slika prikazuje mineralna zrna promatrana bez uključenog analizatora, a desna slika prikazuje mineralna zrna promatrana s uključenim analizatorom

U oba uzorka najzastupljenija vrsta čestica je muskovit. Iza njega po zastupljenosti slijede zrna kremen i karbonatne čestice, dok su čestice stijena vrlo slabo zastupljene (tablica 4; slike 18 i 19).

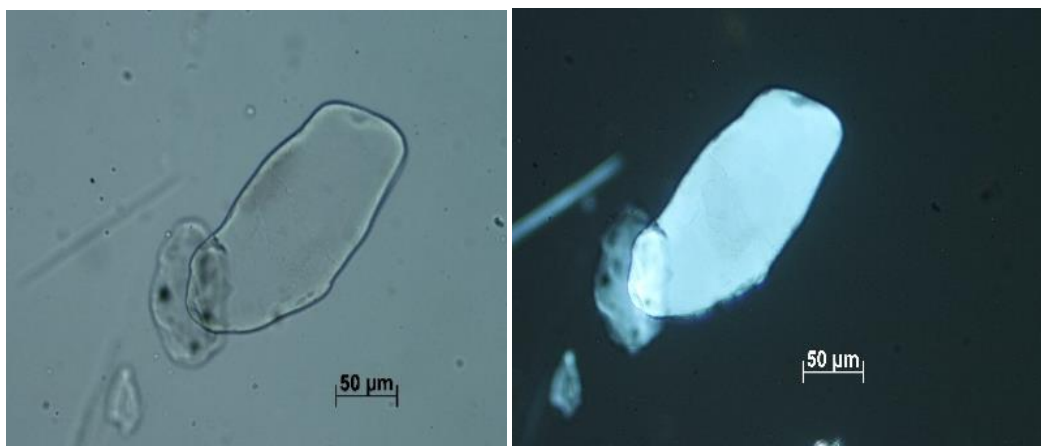


Slika 18. Sastav lake mineralne frakcije uzorka Man 1



Slika 19. Sastav lake mineralne frakcije uzorka Lip 1

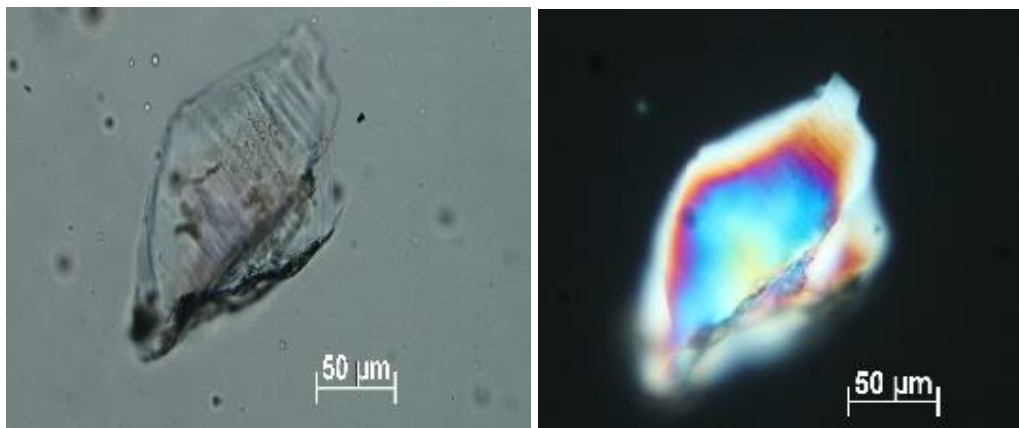
Muskovit je u mikroskopskom preparatu prepoznatljiv kao mineral listićavog habitusa. Bez uključenog analizatora je bezbojan, proziran i ima relativno visok pozitivan reljef (slika 20). S uključenim analizatorom interferira u sivoj boji prvog reda.



Slika 20. Listić muskovita karakterističnog visokog reljefa i sive interferencijske boje. Prikaz muskovita bez analizatora lijevo i s analizatorom desno.

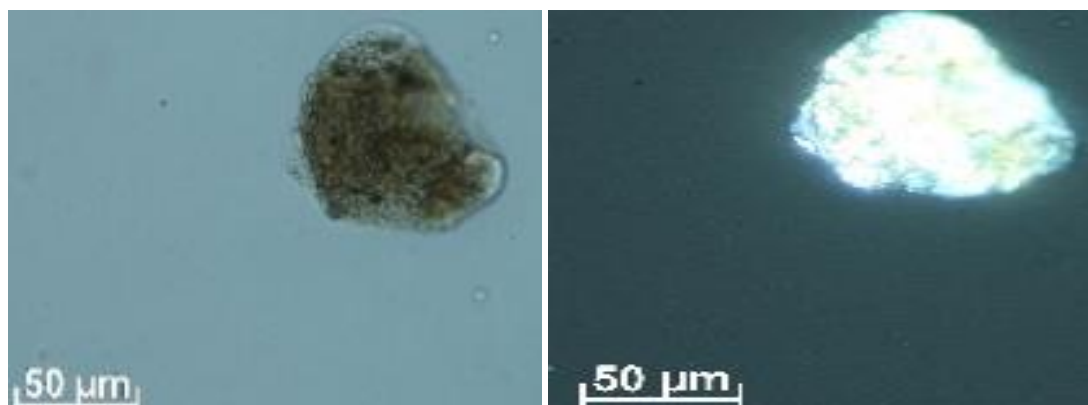
Sljedeći mineral po zastupljenosti u preparatima je kremen (tablica 4, slika 18 i slika 19). Zrna kremenova su bez uključenog analizatora prozirno bezbojna, najčešće alotriomorfna bez kalavosti (slika 21). Kremen se ističe po tome što ima nizak reljef te je optički pozitivan. S uključenim analizatorom u izbruscima standardne debljine interferira u bijeloj i sivoj boji prvoga reda. Na nekim zrnima koji su veće debljine može doći do pojave žute interferencijske boje I. reda. Fotografija zrna kremenova niže pokazuje nam da interferira u zelenoj boji 2. reda

što je normalno za zrna debljine oko 80 mikrona. Zrna kremenata su izrazito otporna na fizička i kemijska trošenja u stijenama, odnosno kremen je vrlo rezistentan mineral.



Slika 21. Zrno kremenata u mikroskopskom preparatu. Vidljiv je slab reljef i niske interferencijske boje minerala. Prikaz kremenata bez analizatora lijevo i s analizatorom desno.

U preparatima su također značajno zastupljena i karbonatna zrna (tablica 4). Obzirom da je analizirana laka mineralna frakcija može se pretpostaviti da se radi o kalcitnim zrnima. Karbonatna zrna bez uključenog analizatora pokazuju karakterističnu pseudoapsorpciju, a s uključenim analizatorom interferiraju u bijeloj boji višeg reda (slika 22).



Slika 22. Prikaz karbonatne čestice bez analizatora lijevo i s analizatorom desno.

5. DISKUSIJA I ZAKLJUČAK

Rezultati analize granulometrijskog sastava uzoraka gornjomiocenskih sedimenata s lokaliteta Manduševac i Lipov brijeg u okolici Velikog Trojstva na Bilogori pokazali su da su oba uzorka izgrađena od podjednakog udjela čestica pijeska i pelitnih čestica (tablica 2). Sortiranost čestica u uzorcima je srednja, a obzirom na vrijednost koeficijenta asimetrije može se zaključiti da u uzorcima prevladavaju krupnije čestice u odnosu na srednju veličinu čestica (tablica 2). Srednja veličina čestica u uzorku Man 1 iznosi 0,063 milimetara i on je određen kao siltozni pijesak, dok je uzorak Lip 1 opisan kao siltozni pijesak do pjeskoviti silt jer sadrži isti udio pješćanih i pelitnih čestica ali mu je srednja veličina čestica unutar raspona čestica veličine silta, a iznosi 0,061 milimetar. Obzirom na dobivene rezultate može se reći da se radi o strukturno srednje zrelim do zrelim sedimentima.

Analiza modalnog sastava lake mineralne frakcije također je pokazala da se radi o vrlo sličnim sedimentima. Udio lake mineralne frakcije u oba uzorka je vrlo visok. U uzorku Man 1 iznosi 95,12 %, a u uzorku Lip 1 98,2 %. Također, u oba uzorka u sastavu lake frakcije dominira muskovit, a značajno je još zastupljen i kremen (tablica 4, slike 18 i 19). Tako je udio muskovita u uzorku Man 1 47 %, a kremena 34 %, a u uzorku Lip 1 ima 45 % muskovita i 27 % kremena. Udio karbonatnih čestica, najvjerojatnije kalcita, kreće se oko 20% dok su čestice stijena zastupljene s 3 odnosno 5 % (tablica 4, slike 18 i 19). Zanimljivo je da u oba uzorka nisu zabilježena mineralna zrna feldspata. Na temelju modalnog sastava u kojem dominiraju stabilni minerali kao što su muskovit i kremen, a nisu zabilježena nestabilna zrna feldspata može se zaključiti da su analizirani sedimenti mineraloški zreli.

Dobiveni rezultati analize granulometrijskog sastava i sastava lake mineralne frakcije gornjomiocenskih pjeskovito-siltoznih sedimenata s dva lokaliteta u okolici Velikog Trojstva na Bilogori, a koji pokazuju da se radi o strukturno i mineraloški srednje zrelim do zrelim sedimentima, u skladu su s karakteristikama istovremenih naslaga na širem prostoru Sjevernohrvatskog bazena (KOVAČIĆ i GRIZELJ, 2006, KOVAČIĆ i sur., 2011). Ti su sedimenti taloženi krajem miocena na ušćima deltnih sustava koji su iz smjera istočnih Alpi i zapadnih Karpata donosili siliciklastični pješćano-siltozni detritus (KOVAČIĆ i sur., 2004; SZEBE i sur., 2020). Uslijed dugog transporta i u uvjetima relativno tople i vlažne klime detritus je postao strukturno i mineraloški zrelo.

6. LITERATURA

- BALAZS, A., MAGYAR, I., MATENCO, L., SZTANO, O., TOKES, L., HORVATH, F., (2018): Morphology of a large paleo-lake: Analysis of compaction in the Miocene-Quaternary Pannonian Basin. *Global and Planetary Change*, 171, 134–147.
- CVETKOVIĆ, M., MATOŠ, B., RUKAVINA, D., KOLENKOVIĆ MOČILAC, I., SAFTIĆ, B., BAKETARIĆ, T., BAKETARIĆ, M., VUIĆ, I., STOPAR, A., JARIĆ, A., PAŠKOV, T., (2019): Geoenergy potential of the Croatian part of Pannonian Basin: insights from the reconstruction of the pre-Neogene basement unconformity. *Journal of Maps*, 15, 651 - 661.
- ĆORIĆ, S., PAVELIĆ, D., RÖGL, F., MANDIĆ, O., VRABAC, S., AVANIĆ, R., VRANJKOVIĆ, A., (2009): Revised Middle Miocene datum for initial marine flooding of North Croatian Basins (Pannonian Basin System, Central Paratethys). *Geol. Croat.*, 62, 31–43.
- HARZHAUSER, M., PILLER, W.E. (2007): Benchmark data of a changing sea – palaeogeography, palaeobiogeography and events in the Central Paratethys during the Miocene. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 253, 8–31.
- KOROLIJA, B. i CRNKO, J. (1986): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100000, List Bjelovar L33-82. Geološki zavod, Zagreb (1975 – 1985); Savezni geološki zavod, Beograd (1985.)
- KOROLIJA, B., VRAGOVIĆ, M., CRNKO, J., MAUŽIĆ, P. (1986): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, Tumač za list Bjelovar L33-82. Geološki zavod, Zagreb (1985); Savezni geološki zavod, Beograd, 45 str.
- KOVÁČ, M., HUDÁČKOVÁ, N., HALÁSOVÁ, E., KOVÁČOVÁ, M., HOLCOVÁ, K., OSZCZYPKO-CLOWES, M., BÁLDI, K., LESS, GY, NAGYMAROSY, A., RUMAN, A., KLUČIAR, T., JAMRICH, M. (2017): The Central Paratethys palaeoceanography: a water circulation model based on microfossil proxies, climate, and changes of depositional environment. *Acta. Geol. Slovaca* 9, 75 - 114.
- KOVAČIĆ, M., ZUPANIĆ, J., BABIĆ, LJ., VRSALJKO, D., MIKNIĆ, M., BAKRAČ, K., HEĆIMOVIĆ, I., AVANIĆ, R., BRKIĆ, M. (2004): Lacustrine basin to delta evolution in the Zagorje Basin, a Pannonian sub-basin (Late Miocene: Pontian, NW Croatia). *Facies*, 50, 19 – 33.
- KOVAČIĆ, M. i GRIZELJ, A. (2006): Provenance of the Upper Miocene clastic material in the southwestern part of the Pannonian Basin. *Geol. Carpath.*, 57, 495 – 510.

- KOVAČIĆ, M., HORVAT, M., PIKIJA, M., SLOVENEČ, D. (2011): Composition and provenance of Neogene sedimentary rocks of Dilj gora Mt. (south Pannonian Basin, Croatia). *Geol. Croat.*, 64, 121 – 132.
- KOVAČIĆ, M. i PAVELIĆ, D. (2017): Neogene Stratigraphy of the Slavonian Mountains. Field Trip Guidebook: Neogene of Central and South-Eastern Europe, / Kovačić, M., ; Wacha, L., ; Horvat, M., (ur.). Zagreb: Hrvatsko geološko društvo, 5 - 9.
- MAGYAR, I. (1995): Late Miocene mollusc biostratigraphy in the eastern part of the Pannonian Basin (Tiszanul, Hungary). *Geol. Carpath.* 46, 29 - 36.
- MAGYAR, I., GEARY, D.H., MÜLLER, P. (1999): Palaeogeographic evolution of the Late Miocene Lake Pannon in Central Europe. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, 147, 151 – 167.
- MANDIĆ, O., KUREČIĆ, T., NEUBAUER, T.A., HARZHAUSER, M. (2015): Stratigraphic and palaeogeographic significance of lacustrine molluscs from the Pliocene *Viviparus* beds in Central Croatia. *Geol. Croat.* 68., 179 – 207.
- MANDIĆ, O., HAJEK TADESSE, V., BAKRAČ, K., REICHENBACHER, B. (2018): Multiproxy reconstruction of the middle Miocene Požega palaeolake in the Southern Pannonian Basin (NE Croatia) prior to the Badenian transgression of the Central Paratethys Sea. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, 516, 203 - 219.
- MARKOVIĆ, F., KUPIER, K., ČORIĆ, S., HAJEK-TADESSE, V., HERNITZ KUČENJAK, M., BAKRAČ, K., PEZELJ, Đ., KOVAČIĆ, M. (2021): Middle Miocene marine flooding: New ⁴⁰Ar/³⁹Ar age constraints with integrated biostratigraphy on tuffs from the North Croatian Basin. *Geol. Croat.*, 74, 237 - 252.
- MATENCO, L.C. i RADIVOJEVIĆ, D. (2012): On the formation and evolution of the Pannonian Basin: constraints derived from the structure of the junction area between the Carpathians and Dinarides. *Tectonics*, 31, TC6007.
- NEUBAUER, T.A., HARZHAUSER, M., KROH, A., GEORGOPOULOU, E., MANDIĆ, O. (2015): A gastropod-based biogeographic scheme for the European Neogene freshwater systems. *Earth Sci. Rev.*, 143, 98 – 116.
- PAVELIĆ, D. i KOVAČIĆ M. (2018): "Sedimentology and stratigraphy of the Neogene rift-type North Croatian Basin (Pannonian Basin System, Croatia): A review". *Marine and Petroleum Geology*, 91, 455 - 469.
- PAVELIĆ, D. (2001): Tectonostratigraphic model for the North Croatian and North Bosnian sector of the Miocene Pannonian Basin System.– *Basin Research*, 13, 359 – 376.
- PAVELIĆ, D., AVANIĆ, R., BAKRAČ, K., VRSALJKO, D. (2001): Early Miocene braided river and lacustrine sedimentation in the Kalnik Mountain area (Pannonian Basin System, NW Croatia). *Geol. Carpath.*, 52, 375 – 386.

- PILLER, W.E. i HARZHAUSER, M. (2005): The myth of the brackish Sarmatian Sea.– Terra Nova, 17, 450 – 455
- PILLER, W., HARZHAUSER, M., MANDIC, O. (2007): Miocene Central Paratethys stratigraphy – current status and future directions. Stratigraphy, 4, 151 – 168.
- POPOV, S.V., RÖGL, F., ROZANOV, A.Y., STEININGER, F.F., SHCHERBA, I.G., KOVÁČ, M., 2004. Lithological-Paleogeographic maps of Paratethys. 10 Maps, Late Eocene to Pliocene. Cour. Forsch.-Inst. Senckenb 250, 1 – 46.
- RÖGL, F. i STEININGER, F.F. (1983): Vom Zerfall der Tethys zu Mediterran und Paratethys. Die Neogene Palaeogeographie und Palinspastik des zirkum-mediterranen Raumes. Ann. Naturhist. Mus Wien, 85, 135 – 163.
- SCHMID, S.M., BERNOULLI, D., FUNGENSCHUH, B., MATENCO, L., SCHEFER, S., SCHUSTER, R., TISCHLER, M., USTASZEWSKI, K. (2008): The Alpine-Carpathian-Dinaridic orogenic system: compilation and evolution of tectonic units. Swiss Journal of Geosciences., 101, 139 - 183.
- SZEBE, K., KOVAČIĆ, M., MAGYAR, I., KRIZMANIĆ, K., ŠPELIĆ, M., BIGUNAC, D., SÜTŐ-SZENTAI, M., KOVÁCS, A., SZUROMI-KORECZ, A., BAKRAČ, K., HAJEK-TADESSE, V., TROSKOT-ČORBIĆ, T., SZTANÓ, O. (2020): Correlation of upper Miocene-Pliocene Lake Pannon deposits across the Drava Basin, Croatia and Hungary Geol. Croat., 73, 177 - 195.
- ŠIMUNIĆ, A., HEĆIMOVIĆ, I., AVANIĆ, R. (1990): Osnovna geološka karta Republike Hrvatske 1:100 000, Tumač za list Koprivnica L33-70. Fond stručne dokumentacije Hrvatskog geološkog instituta, Zagreb.
- TRASK, P.D. (1932.): Origin and environment of source sediments of petroleum, Houston: Gulf publication Co., 323 str.
- USTASZEWSKI, K., HERAK, M., TOMLJENIĆ, B., HERAK, D., MATEJ, S., (2014): Neotectonics of the Dinarides–Pannonian Basin transition and possible earthquake sources in the Banja Luka epicentral area. J. Geodyn., 82, 52 – 68.
- URL 1: <https://hkm.hr/zeleni-biseri/bilogora-visinom-najniza-a-prostranstvom-najveca-hrvatska-planina/> (29.8.2022.)
- URL 2: <https://www.hgi-cgs.hr/bjelovar/> (29.8.2022.)