

# Sedimentološke karakteristike jezgre iz slane močvare kod Jadrtoanca

---

Jakubek, Ines

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:351033>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-14**



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematički fakultet  
Geološki odsjek

Ines Jakubek

**SEDIMENTOLOŠKE KARAKTERISTIKE  
JEZGRE IZ SLANE MOČVARE KOD  
JADRTOVCA**

Seminar III  
Sveučilišni prijediplomski studij Geologija

Mentor:  
doc. dr. sc. Igor Felja

Zagreb, 2024

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematički fakultet  
Geološki odsjek

### Seminar III

## SEDIMENTOLOŠKE KARAKTERISTIKE JEZGRE IZ SLANE MOČVARE KOD JADRTOVCA

**Ines Jakubek**

**Rad je izrađen:** Geološko-paleontološki zavod, Geološki odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Horvatovac 102b, 10 000 Zagreb

**Sažetak:** Prikupljene su dvije jezgre MSM1 i SM1 na području slane močvare oko Jadrtoanca, Morinjski zaljev. Cilj ovog rada bio je analizirati sedimentološke karakteristike jezgri te s obzirom na karakteristike odrediti promjene u jezgri po dubini odnosno kroz vrijeme. Napravljene su analize veličine zrna i mikroskopski pregled uzoraka. Obje jezgre imaju sličnost u dominaciji mulja, s manjim udjelom pijeska i šljunka. Ovakav sastav sedimenta je posljedica trošenja fliša i tla okolnog područja kao i biogene sedimentacije unutar samog zaljeva.

**Ključne riječi:** slane močvare, Morinjski zaljev, granulometrija, mulj

**Rad sadrži:** 30+IV stranica, 26 slika, 4 tablica, 17 literaturnih navoda

**Jezik izvornika:** hrvatski

**Rad je pohranjen u:** Središnja geološka knjižnica, Geološki odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet

**Mentor:** doc. dr. sc. Igor Felja

**Ocjenjivači:** doc. dr. sc. Igor Felja

izv. prof. dr. sc. Borna Lužar-Oberiter

mr. sc. Dražen Kurtanjek, viši predavač

**Zamjena:** izv. prof. dr. sc. Hana Fajković

**Datum završnog ispita:** 19. rujna, 2024

## BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb  
Faculty of Science  
Department of Geology

### Seminar III

## SEDIMENTOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE CORE FROM THE JADRTOVAC SALT MARSH

**Ines Jakubek**

**Thesis completed in:** Division of Geology and Paleontology, Department of Geology,  
Faculty of Science, University of Zagreb, Horvatovac 102b

**Abstract:** Two cores MSM1 and SM1 were collected in the area of the salt marsh around Jadrtovac, Morinje Bay. The aim of this work was to analyse the sedimentological characteristics of the cores and, with regard to the characteristics, to determine the changes in the cores by depth or time. Analysis of grain size and microscopic examination of the samples were made. Both cores have a similarity in the dominance of mud, with a smaller proportion of sand and gravel. This sediment composition is due to the erosion of flysch and soil from the surrounding area, as well as biogenic sedimentation within the bay itself.

**Keywords:** salt marshes, Morinje Bay, granulometry, mud

**Seminar contains:** 30+IV pages, 26 figures, 4 tables, 17 references

**Original in:** Croatian

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

**Supervisor:** Igor Felja Ph.D. Assistant professor

**Reviewers:** Igor Felja Ph.D. Assistant professor

Borna Lužar-Oberiter Ph.D Associate professor

Dražen Kurtanjek, M.Sc. Senior lecturer

Replacement: Hana Fajković Ph.D Associate professor

**Date of the final exam:** September 19, 2024

**Sadržaj**

|  |    |
|--|----|
| <b>1. Uvod</b> .....   | 1  |
| <b>2. Pregled dosadašnjih istraživanja</b> .....                 | 2  |
| <b>3. Karakteristike istraživanog područja</b> .....             | 4  |
| 3.1. Geološke karakteristike.....                                | 5  |
| 3.1.1. Rudistni vapnenci.....                                    | 5  |
| 3.1.2. Liburnijski slojevi.....                                  | 5  |
| 3.1.3. Foraminiferski vapnenci.....                              | 5  |
| 3.1.4. Fliški lapori i pješčenjaci.....                          | 6  |
| 3.1.5. Naslage kvartara.....                                     | 6  |
| <b>4. Materijali i metode istraživanja</b> .....                 | 7  |
| 4.1. Terenske metode.....  | 7  |
| 4.2. Granulometrijska analiza.....                               | 10 |
| 4.3. Mikroskopska analiza.....                                   | 10 |
| <b>5. Rezultati</b> .....  | 12 |
| 5.1. Određivanje boje uzoraka pomoću Munsellove palete boja..... | 12 |
| 5.2. Raspodjela veličine čestica u uzorcima.....                 | 13 |
| 5.3. Rezultati mikroskopiranja.....                              | 19 |
| <b>6. Rasprava</b> .....   | 25 |
| <b>7. Zaključak</b> .....  | 28 |
| <b>8. Literatura</b> .....                                       | 29 |

## 1. Uvod

Prijelazni okoliši područja su koja se nalaze između kopnenih i morskih ekosustava, pod utjecajem morske i slatke vode. Najviše su pogođeni porastom razine mora, klimatskim promjenama i povećanim ljudskim aktivnostima, zbog čega se smatraju izrazito osjetljivim. Karakteriziraju ih visoke nestabilnosti u fizikalno-kemijskim parametrima poput slanosti, temperature i kisika te širok raspon ekosustava koji doprinose primarnoj proizvodnji u obalnim područjima, kao i različiti geomorfološki tipovi, uključujući ušća rijeka, lagune, slane močvare i plimne ravnice (ČANČAR i sur. 2023). Duž istočne obale Jadrana, obuhvaćaju muljne ravnice, slane močvare, plimne ravnice, estuarije i delte. Jadransko more, koje je poluzatvoreno, smatra se niskoenergetskim sustavom s niskim rasponom plime i oseke te niskim valovima. Istočna obala Jadrana je okršena, strma i stjenovita, što je čini podložnom mehaničkoj eroziji, ali s obzirom da je građena od karbonata, podložna je kemijskom trošenju.

Slane močvare su obalna područja koja su povremeno preplavljena morskom vodom i zatim isušena zbog izmjene plime i oseke. Sediment ovih močvara često se sastoji od sitnozrnatog mulja i bogat je organskom tvari koja nastaje od razgrađene flore i faune. Također štite obale od erozije ublažavanjem valova i zadržavanjem sedimenata, smanjuju poplave usporavanjem i upijanjem kišnice te poboljšavaju kvalitetu vode filtriranjem otjecanja i obradom viška hranjivih tvari [1]. Foraminifere koje se nalaze u slanim močvarama mogu se koristiti za procjenu razine mora (SHAW i sur. 2016, ČANČAR i sur. 2023). Ova područja su vrlo osjetljiva na različite oblike onečišćenja, uključujući industrijske i poljoprivredne kemikalije, kao i toplinsko onečišćenje [2].

Cilj ovog rada je analizirati sedimentološke karakteristike jezgre iz slane močvare kod Jadrtovacu te s obzirom na karakteristike odrediti promjene u jezgri po dubini, odnosno kroz vrijeme. Svrha je na temelju toga rekonstruirati promjene u taložnom okolišu koje su obuhvaćene u jezgri.

## 2. Pregled dosadašnjih istraživanja

Dosadašnja istraživanja Morinjskog zaljeva su vrlo ograničena, s tek nekoliko radova koji se bave geokemijom (MIHELČIĆ i sur., 2006), mikropaleontologijom (SHAW i sur., 2016) i ekologijom (KOCH i sur., 2002; BAČANI i sur., 2004; ŠPARICA i sur., 2005).

FILIPČIĆ (1992) započeo je rekonstrukciju razine Jadranskog mora i procesa u Morinjskom zaljevu pomoću arheoloških nalaza, otkrivši da je prije 4 600 godina razina mora bila 6,6 metara niža nego danas.

Utvrđeno je da su u Morinjskom zaljevu prisutni sitnozrnasti, dobro sortirani prahovi te da je brzina sedimentacije visoka u usporedbi s obližnjim obalnim područjima (jezero Rogoznica i estuarij rijeke Krke) zbog eolskog transporta materijala iz Donjeg polja (MIHELČIĆ i sur., 2006).

U sedimentima Morinjskog zaljeva dominiraju kvarc i karbonatni minerali, dok su minerali gline prisutni u vrlo malim količinama. MIHELČIĆ i sur. (2011) zaključili su da, unatoč visokom udjelu karbonatnih minerala, mulj iz Morinjskog zaljeva ima slične karakteristike kao komercijalni muljevi koji se koriste u medicini.

KOCH i sur. (2002) prepoznali su mogućnost korištenja muljeva iz zaljeva u medicinske svrhe, što je dovelo do detaljnih multidisciplinarnih istraživanja s ciljem utvrđivanja izvora muljeva i procjene njihova antropogenog zagađenja. Analizom sedimenata utvrđeno je da su bogati organskim tvarima koje dolaze iz plitkih morskih područja s visokim biološkim produkcijama fitoplanktona, zooplanktona i morskih algi.

ŠPARICA i sur. (2005) otkrili su prisutnost organskih zagađivača poput nafte, plastike i deterdženata, te povećane koncentracije bakra i olova u sjeverozapadnom dijelu Morinjskog zaljeva, zaključujući da su uvjeti u zaljevu srednje eutrofični. Sedimenti su klasificirani kao pjeskovito-glinoviti prahovi, dok su pjeskovito-prahovite gline rjeđe.

Glavni izvor slatke vode u Morinjski zaljev dolazi od sezonskog bujičnog toka Dabar, čije slivno područje je oko 103 km<sup>2</sup>, a maksimalni petogodišnji protok iznosi 46 m<sup>3</sup>/s. Uz Dabar, značajnu ulogu u dotoku slatke vode imaju i obalni te podmorski izvori, čiji protok varira s hidrološkim uvjetima. Ovi izvori, zajedno s bujičnim tokom Dabar, ključni su za očuvanje ekosustava Morinjskog zaljeva, gdje fitoplankton doprinosi prirodnoj eutrofiji sustava (BAČANI i sur., 2004).

Recentna istraživanja (SHAW i sur., 2016) usmjerena su na korištenje foraminifera iz slanih močvara Jadranske obale kao indikatora promjena razine mora u Mediteranu. Slana močvara u Jadrtovcu pruža idealne uvjete za ovo istraživanje zbog svog mikroplimskog režima, niske energije valova i očuvanosti zajednica foraminifera od utjecaja turizma, što omogućuje precizno praćenje promjena.



### 3. Karakteristike istraživanog područja

Morinjski zaljev smješten je na istočnoj obali Jadranskog mora, između ušća rijeke Krke i rta Ploča, približno pet kilometara jugoistočno od Šibenika (slika 1; MIHELČIĆ i sur., 2006). Zaljev je povezan s otvorenim Jadranskim morem putem Morinjskog kanala (poznatog i kao kanal Jadrtovac), koji je dug 2,5 kilometara, a širok između 150 i 350 metara (ŠPARICA i sur., 2005). U blizini zaljeva nalazi se naselje Jadrtovac, koje prema popisu stanovništva Državnog zavoda za statistiku iz 2021. godine ima 171 stanovnika [3].



**Slika 1.** Geografski smještaj Morinjskog zaljeva [Google maps, 5]

### 3.1. Geološke karakteristike

Geološka struktura istraživanog područja uglavnom je sastavljena od naslaga iz razdoblja gornje krede, paleogena i mjestimično kvartara. U gornjoj kredi prevladavaju rudistni vapnenci, dok su u paleogenu prisutni liburnijski slojevi, foraminiferski vapnenci, fliški lapori i pješčenjaci (slika 2; MAMUŽIĆ i sur., 1975).

#### 3.1.1 Rudistni vapnenci

Na otocima je razvijen samo dio ovih vapnenaca, dok na kopnu nalazimo cjelovitiji razvoj. Naslage se sastoje od svijetlosivih, dobro slojevitih vapnenaca s debljinom slojeva od 20-50 cm, a iznimno dosežu debljinu od 100-150 cm, kao što je slučaj u području južno od Jadrtovcu (MAMUŽIĆ i sur., 1975). Ulošci dolomita su relativno rijetki i tanki, dok vapnenački dolomiti imaju nešto veću prisutnost. Fosili mikro- i makrofaune su česti i ponekad iznimno dobro očuvani. Sedimentacijski uvjeti su raznoliki; od mirnih do uzburkanih morskih sredina, s različitim intenzitetom transporta i prisutnošću detritusa veličine arenita.

#### 3.1.2. Liburnijski slojevi

Ovi slojevi najbolje su očuvani u područjima Jadrtovac-Zablaće, Zaton, na nekim lokacijama šireg područja Skradina, te djelomično u sjeverozapadnom dijelu terena, u oblastima Pristeg i Vrana. Slojevi se sastoje od pločastih, djelomično brašnastih, smeđih do čokoladno smeđih vapnenaca nepravilnog loma. Fosili u njima uključuju sitne gastropode, miliolide i biljne ostatke. Na temelju organskog sadržaja ovih slojeva može se zaključiti da su se taložili u plitkim lagunama slatke do vrlo slane vode (MAMUŽIĆ i sur., 1975).

#### 3.1.3. Foraminiferski vapnenci

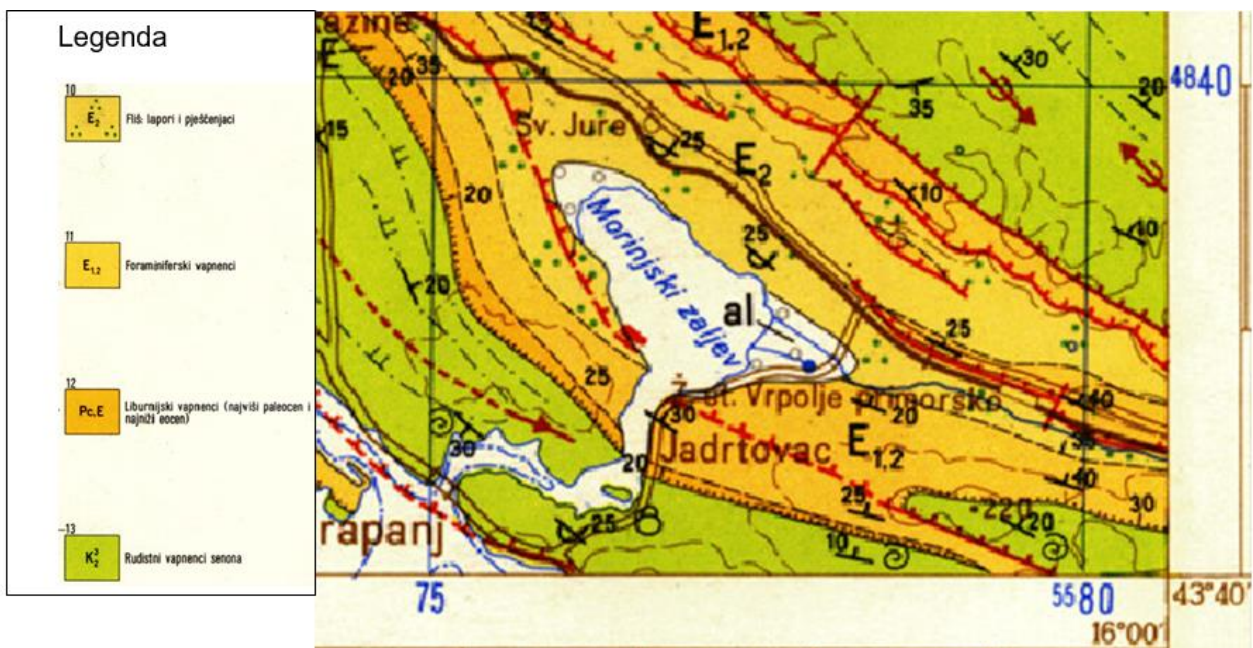
Kompleks vapnenačkih naslaga sa sitnim i krupnim foraminiferama taloži se kontinuirano na liburnijske slojeve ili transgresivno na kredne naslage, zbog čega su ove sedimente nazvali foraminiferski vapnenci. Slojevi se sastoje od svijetlosivih vapnenaca, čija debljina varira između 20 i 50 cm (MAMUŽIĆ i sur., 1975). U osnovi, riječ je o mikrokristalastim vapnencima s postotkom kalcita od 95-98%. Ove naslage su nastale u relativno mirnom, plitkom moru s minimalnim vodotocima. Makrofosili su rijetki i pojavljuju se na vrhu ovih naslaga. Miliolidni vapnenci čine najniži sloj ovih naslaga. Ovi slojevi se sastoje od svijetlosivih do svijetlosmeđih, dobro uslojenih detritičnih vapnenaca. Pripadaju višem donjem i srednjem eocenu.

### 3.1.4. Fliški lapori i pješčenjaci

Ove naslage primarno se sastoje od lapora i pješčenjaka, uz manju prisutnost konglomerata u slojevima pješčenjaka kod Pristega. Numulitni vapnenci prethodne serije postupno prelaze u fliške lapore. Vapnenci postaju gomoljasti i laporoviti, sa zrcima glaukonita. Prijelazni slojevi variraju u debljini, od približno 5 do 50 metara. Pješčenjaci su dobro uslojeni, s debljinom slojeva od 7 do 120 cm, i izmjenjuju se s laporima, pri čemu je granica između njih oštra. U laporima je fauna sitnih foraminifera dobro očuvana, dok su krupne foraminifere u pješčenjacima slabije zastupljene (MAMUŽIĆ i sur., 1975).

### 3.1.5 Naslage kvartara

Kvartarne naslage zauzimaju značajan dio područja listu Šibenik. One se uglavnom sastoje od pijeska i sitnog šljunka, uz prisutnost sedre uz rijeku Krku, crvenice na karbonatnim stijenama, te aluvijalnih naslaga uz rijeku Krku i jugoistočno od Šibenika. Većina ovih naslaga pripada pleistocenu.



**Slika 2.** Geološki prikaz Morinjskog zaljeva (MAMUŽIĆ i sur., 1962)

## 4. Materijali i metode istraživanja

### 4.1. Terenske metode

U travnju 2024. godine prikupljena su dva uzorka duž obale Morinjskog zaljeva za potrebe istraživanja. Prvi uzorak, označen kao SM1, uzet je iz slane močvare blizu Jadrtovca, dok je drugi, MSM1, prikupljen u slanoj močvari blizu mjesta Mučići. Uzorci su prikupljeni korištenjem ručnog jezgrila marke Ejikelkamp duljine jedan metar (slika 4 i 5). Uzorci su podijeljeni prema vizualno uočenim promjenama u jezgri, zatim su omotani aluminijskom folijom i zapečaćeni u plastične vrećice kako bi se očuvale njihove karakteristike. Slika 3 prikazuje lokaciju istraživanog područja i lokacije uzorkovanja, dok su u Tablici 1 i 2 navedene GPS koordinate i opis uzoraka na terenu.

Nakon povratka u laboratorij, prikupljeni uzorci su premješteni u staklene zdjelice. Korištenjem Munsellove palete boja tla (Munsell Soil Color Charts) određene su nijanse, vrijednosti i opis boja za uzorke SM1 i MSM1 [4].



**Slika 3.** Označene lokacije uzorkovanja Morinjskog zaljeva (MSM1 i SM1)

**Tablica 1.** Geografske koordinate i opis jezgri SM1 na terenu

| <b>JEZGRA SM1 (15° 57' 21.19" E<br/>43° 40' 47.67" N)</b> |   |
|---|---|
| <b>DUBINA</b>   |   |
| <b>1-18 cm</b>  | tamno maslinaste boje sloj, sitnozrnati mulj, sadrži ostatke biljaka            |
| <b>18-31 cm</b>   | svijetlosmeđi muljeviti sloj s manje ostataka biljaka                           |
| <b>31-50 cm</b>   | sivosmeđe do tamnosmeđe boje sloj s organskim tvarima, par ljušturica školjkaša |

**Tablica 2.** Geografske koordinate i opis jezgri MSM1 na terenu

| <b>JEZGRA MSM1 (15° 56' 22.89" E<br/>43° 41' 32.16" N)</b> |  |
|--|--|
| <b>DUBINA</b>  |  |
| <b>1-20 cm</b>   | tamnosmeđi muljeviti sloj s ostacima biljaka, ponegdje i ljušturica školjkaša                  |
| <b>20-50 cm</b>  | sivosmeđi muljeviti sloj s ostacima biljaka, prisutne ljušturice školjkaša                     |
| <b>50-100 cm</b>   | tamno zelenasiva do svijetlosivi sloj sa ostacima biljaka, muljeviti sloj, nema organske tvari |



**Slika 4.** Prikupljanje jezgre SM1 korištenjem ručnog jezgrila marke Ejikelkamp



**Slika 5.** Izvađena jezgra SM1

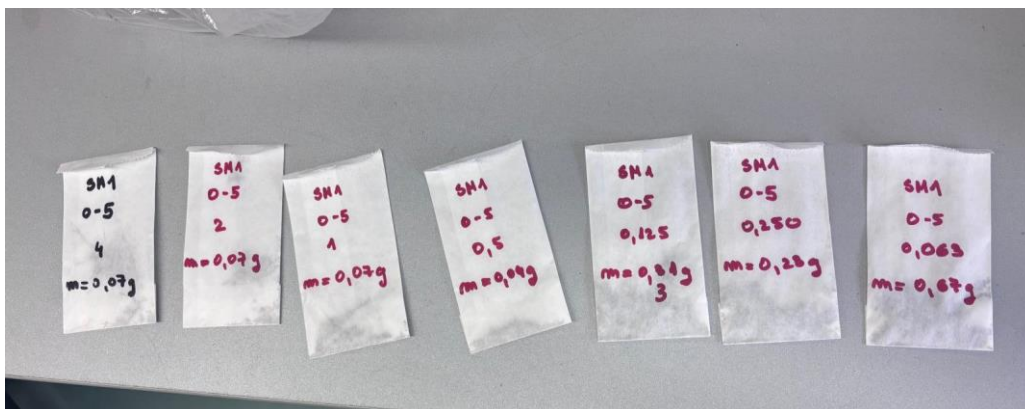
## 4.2. Granulometrijska analiza

Osnovna metoda korištena za određivanje granulometrijskih karakteristika sedimenata u ovom radu bila je metoda mokrog sisanja, provedena u laboratoriju Geološko-paleontološkog zavoda na Geološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu (slika 6). Prije analize, u označenim staklenim zdjelicama odvagano je 10 g svakog uzorka, osim uzorka SM1 na dubini od 0-5 cm, gdje je odvagano 7,8 g. Zdjelice su napunjene destiliranom vodom i ostavljene 24 sata kako bi se uzorci namočili i razdvojile slijepljene čestice. Nakon namakanja, uzorci su prosijavani kroz niz od sedam sita (Retsch® ASTM) uz stalno ispiranje vodom. Promjeri otvora na sitima odgovarali su klasifikaciji prema Wentworthu (1922).

Sito s najvećim otvorom od 4 mm označavalo je granicu sitnog šljunka, dok je sito s otvorom od 2 mm definiralo granicu vrlo sitnog šljunka. Sito s otvorom od 1 mm označavalo je granicu vrlo krupnog pijeska, a sito od 0,5 mm granicu krupnog pijeska. Sito s otvorom od 0,25 mm korišteno je za srednje krupni pijesak, dok je sito s otvorom od 0,125 mm označavalo granicu sitnog pijeska. Najmanje korišteno sito, s otvorom od 0,063 mm, predstavljalo je granicu vrlo sitnog pijeska, kroz koje su prošle sve čestice manje od te veličine (mulj). Nakon prosijavanja, sedam frakcija uzoraka premještene su u posebne zdjelice i ostavljene da se osuši. Nakon sušenja, svaka frakcija je izvagana analitičkom vagom i prebačena u označene papirnate vrećice (slika 7; FOLK, 1954).



**Slika 6.** Metoda mokrog sisanja



Slika 7. Označene papirnate vrećice uzorka SM1 od 0-5 cm

#### 4.3. Mikroskopska analiza

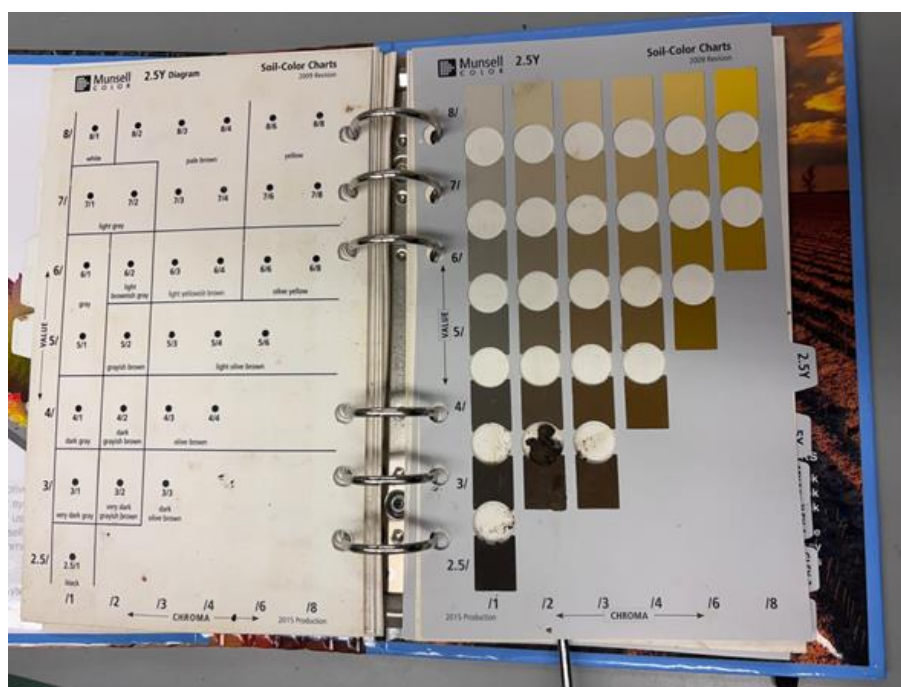
Mikroskopiranje uzoraka provedeno je na Geološkom-paleontološkom zavodu na Prirodoslovnom-matematičkom fakultetu u Zagrebu. Model mikroskopa je „Euromex NexiusZoom (EVO)“, a kamera je „Euromex HD-Ultra“.



## 5. Rezultati

### 5.1. Određivanje boje uzoraka pomoću Munsellove palete boja

Za uzorak SM1, u slojevima od 0-5 cm i 45-50 cm, nijansa je 2.5Y 3/2, boja je vrlo tamna sivo-smeđa (slika 8). Na dubini od 10-15 cm nijansa je 5Y 3/2, te je boja tamno maslinasto siva. U sloju od 30-35 cm nijansa je 2.5Y 3/1, što odgovara vrlo tamnoj sivoj boji. Za uzorak MSM1, na dubini od 0-10 cm nijansa je 2.5Y 5/2, s bojom smeđe-sivom. Na dubini od 25-30 cm, nijansa je također 2.5Y 6/2, a boja je svijetlo smeđe-siva. U sloju od 75-80 cm, nijansa je GLEY 1 4/10Y, što odgovara tamno zelenosivoj boji. Na dubini od 95-100 cm nijansa ostaje GLEY 1 4/5GY, te je boja također tamno zelenosiva.



**Slika 8.** Uzorak SM1 na dubini od 45-50 cm (određivanje boje prema Munsellovoj paleti)

## 5.2. Raspodjela veličine čestica u uzorcima

Uzorak MSM1 u intervalu od 0-10 cm pokazuje dobru sortiranost s udjelom od 0,4% šljunka, 7,7% pijeska i 91,9% mulja, te je prema FOLK-ovoj (1954) klasifikaciji definiran kao blago šljunkoviti mulj (slika 9). U intervalu od 25-30 cm uzorak je umjereno sortiran, sadrži 0,4% šljunka, 25,7% pijeska i 73,9% mulja, i svrstava se u blago šljunkovito pjeskoviti mulj (slika 10). Na dubini od 75-80 cm, uzorak je također umjereno sortiran, s 0,2% šljunka, 25,8% pijeska i 74,0% mulja, što ga klasificira kao blago šljunkovito pjeskoviti mulj (slika 11). Na najvećoj dubini od 95-100 cm, uzorak je loše sortiran te sadrži 8,2% šljunka, 26,8% pijeska i 65,0% mulja, pripada šljunkovitom mulju (slika 12).

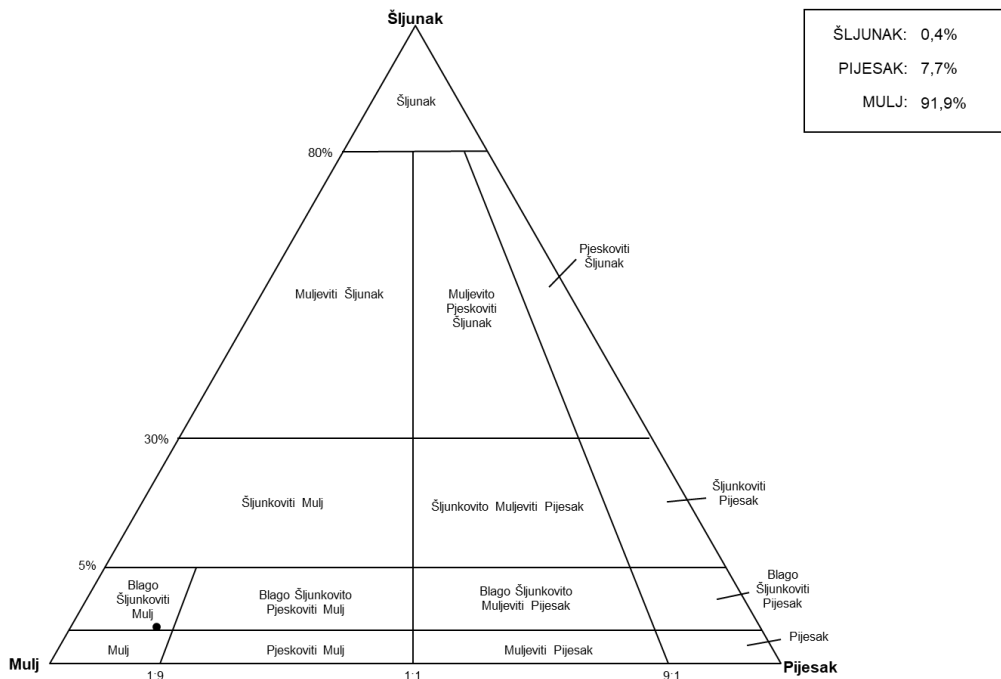
Uzorak SM1 na površini od 0-5 cm pokazuje umjerenu sortiranost s udjelom od 1,8% šljunka, 17,9% pijeska i 80,3% mulja, te je klasificiran kao blago šljunkovito pjeskoviti mulj (slika 13). U intervalu od 10-15 cm uzorak je dobro sortiran, s 0,9% šljunka, 12,8% pijeska i 86,3% mulja, što ga također svrstava u blago šljunkovito pjeskoviti mulj (slika 14). U intervalu od 30-35 cm uzorak pokazuje sortiranost od umjerene do dobre, s udjelom od 0,7% šljunka, 11,6% pijeska i 87,7% mulja, te je klasificiran kao blago šljunkovito pjeskoviti mulj (slika 15). Na dubini od 45-50 cm uzorak pokazuje dobru sortiranost s udjelom od 1,1% šljunka, 14,6% pijeska i 84,3% mulja, te pripada blago šljunkovitom pjeskovitom mulju (slika 16). Tablica 3 i 4 prikazuju udjele šljunka, pijeska i mulja u uzorku MSM1 i SM1 i klasifikaciju prema Folku (FOLK, 1954).

**Tablica 3.** Udjeli šljunka, pijeska i mulja u uzorku MSM1 i klasifikacija prema Folku (FOLK, 1954)

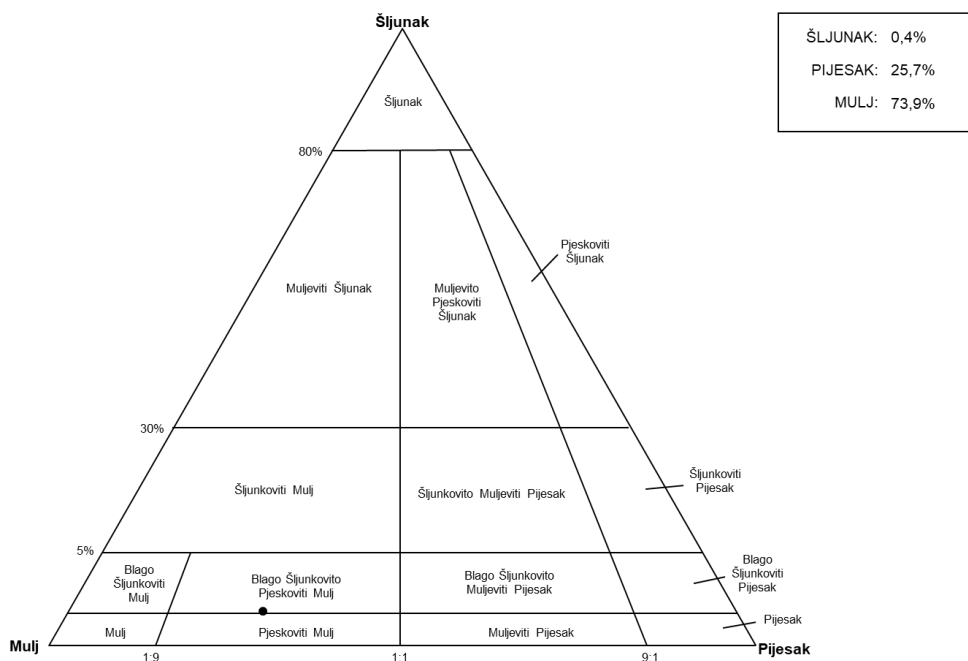
| <b>DUBINA (cm)</b> | <b>ŠLJUNAK (%)</b> | <b>PIJESAK (%)</b> | <b>MULJ (%)</b> | <b>KLASIFIKACIJA</b>              |
|--------------------|--------------------|--------------------|-----------------|-----------------------------------|
| <b>0-10</b>        | 0,4                | 7,7                | 91,9            | blago šljunkoviti mulj            |
| <b>25-30</b>       | 0,4                | 25,7               | 73,9            | blago šljunkovito pješkoviti mulj |
| <b>75-80</b>       | 0,2                | 25,8               | 74,0            | blago šljunkovito pješkoviti mulj |
| <b>95-100</b>      | 8,2                | 26,8               | 65,0            | šljunkoviti mulj                  |

**Tablica 4.** Udjeli šljunka, pijeska i mulja u uzorku SM1 i klasifikacija prema Folku (FOLK, 1954)

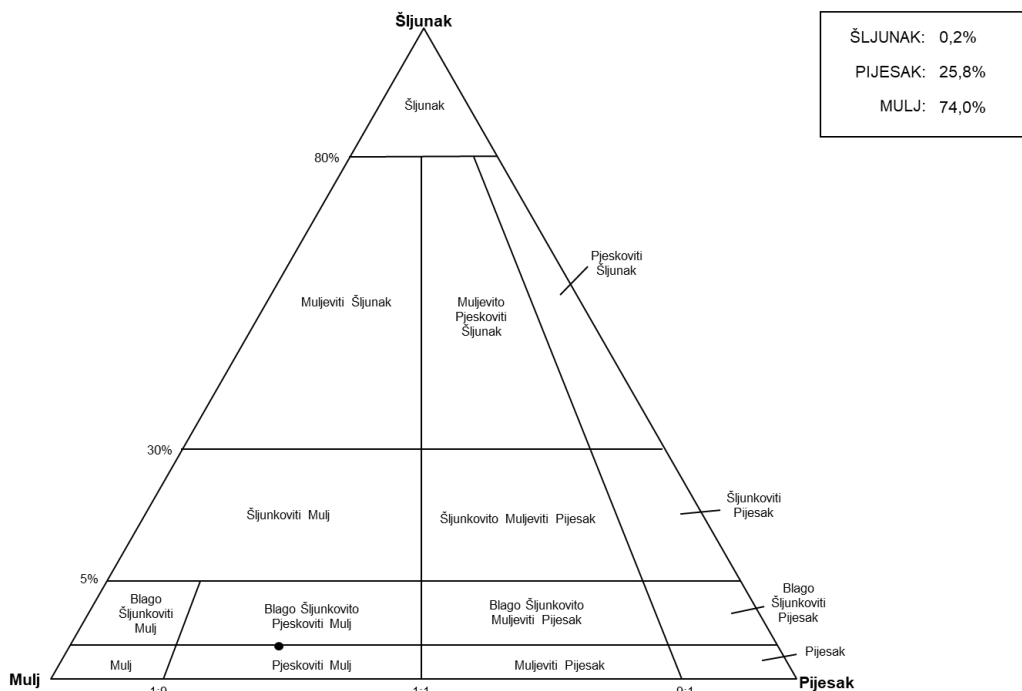
| <b>DUBINA (cm)</b> | <b>ŠLJUNAK (%)</b> | <b>PIJESAK (%)</b> | <b>MULJ (%)</b> | <b>KLASIFIKACIJA</b>              |
|--------------------|--------------------|--------------------|-----------------|-----------------------------------|
| <b>0-5</b>         | 1,8                | 17,9               | 80,3            | blago šljunkovito pješkoviti mulj |
| <b>10-15</b>       | 0,9                | 12,8               | 86,3            | blago šljunkovito pješkoviti mulj |
| <b>30-35</b>       | 0,7                | 11,6               | 87,7            | blago šljunkovito pješkoviti mulj |
| <b>45-50</b>       | 1,1                | 14,6               | 84,3            | blago šljunkovito pješkoviti mulj |



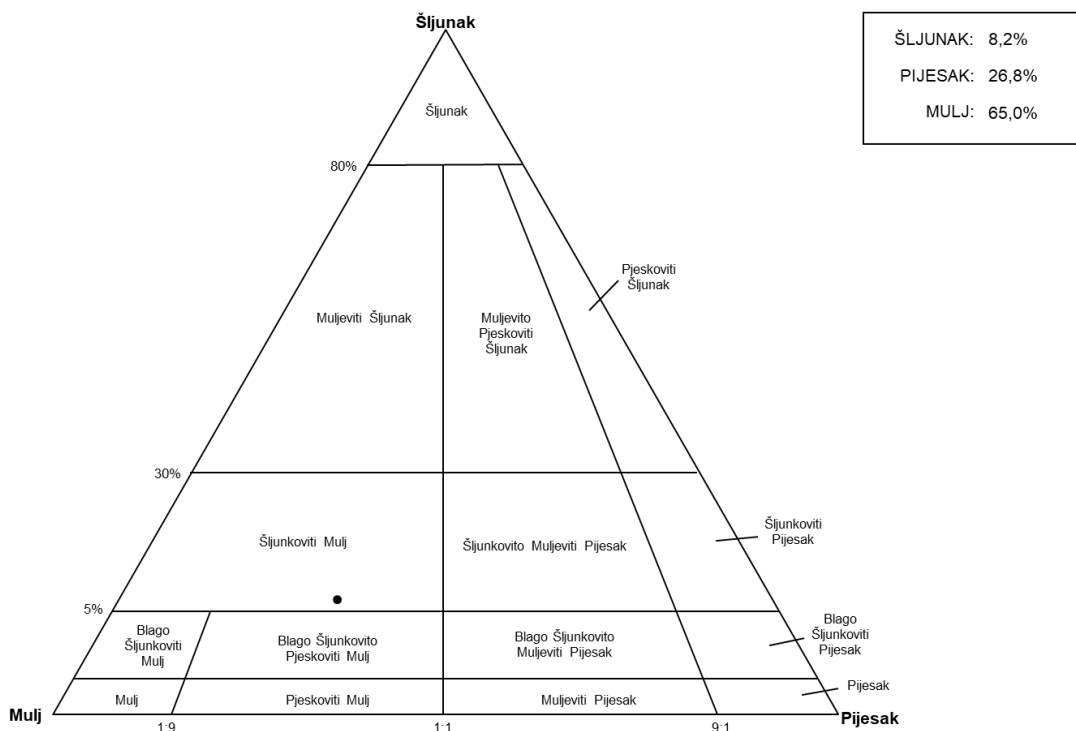
Slika 9. Klasifikacija prema FOLK-u (1954) s obzirom na udjele pijeska, šljunka i mulja prikazana trokomponentnim dijagramom gdje crna točka predstavlja uzorak MSM1 na dubini od 0-10



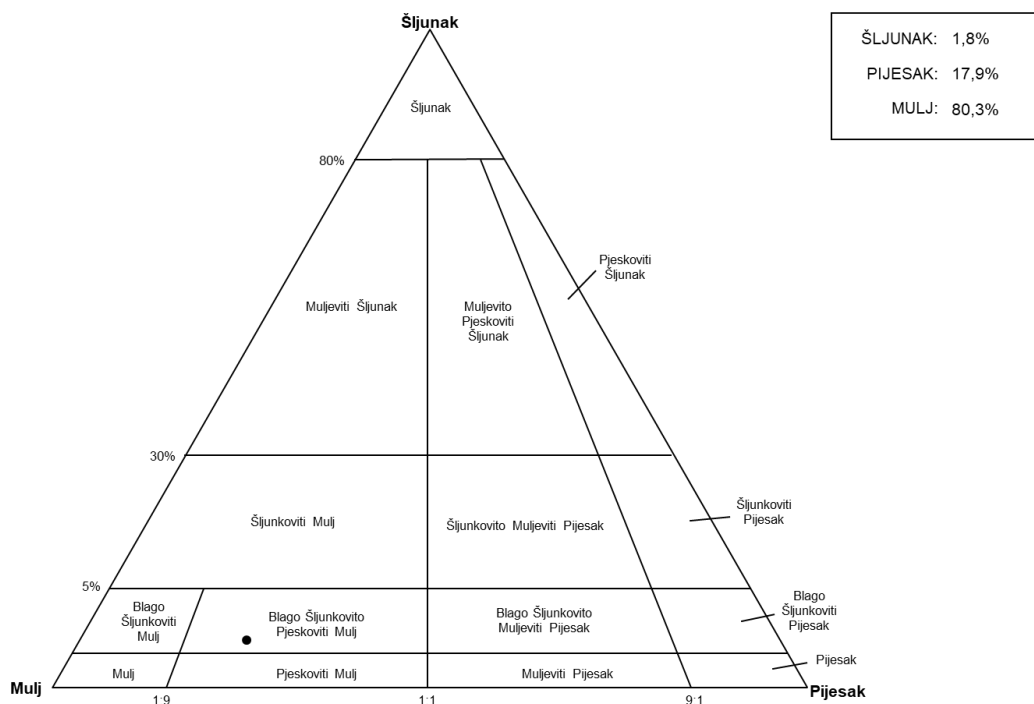
Slika 10. Klasifikacija prema FOLK-u (1954) s obzirom na udjele pijeska, šljunka i mulja prikazana trokomponentnim dijagramom gdje crna točka predstavlja uzorak MSM1 na dubini od 25-30



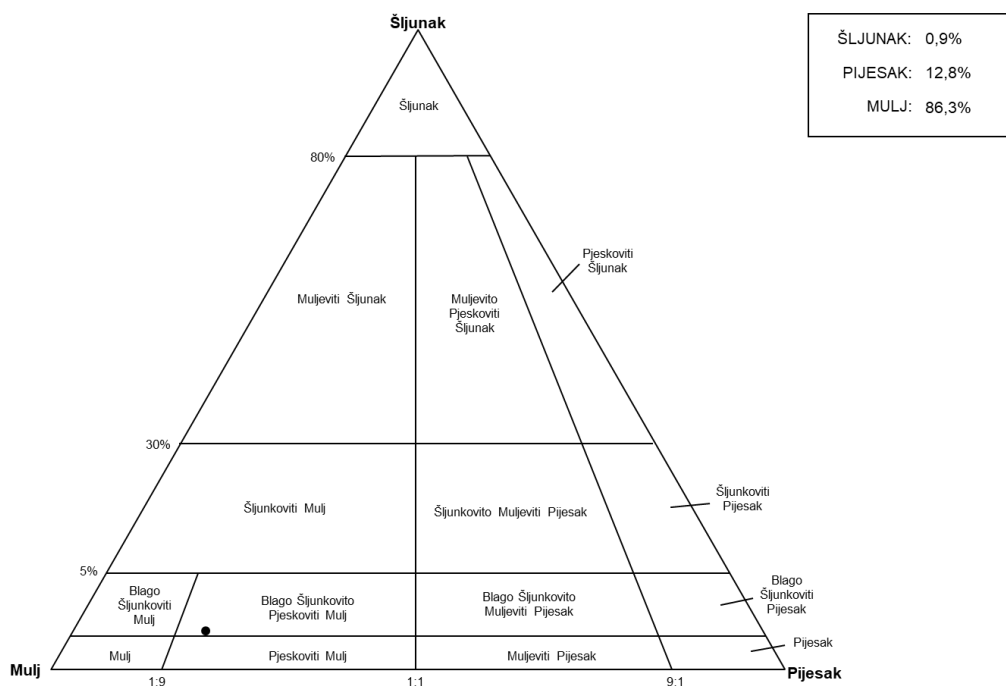
Slika 11. Klasifikacija prema FOLK-u (1954) s obzirom na udjele pijeska, šljunka i mulja prikazana trokomponentnim dijagramom gdje crna točka predstavlja uzorak MSM1 na dubini od 75-80



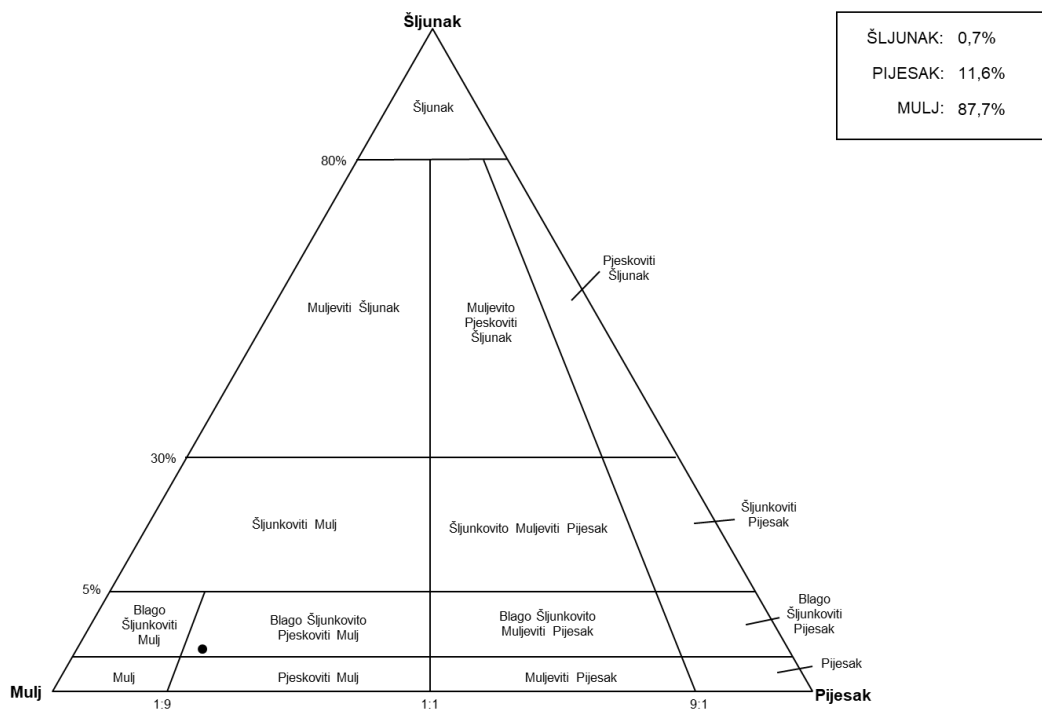
Slika 12. Klasifikacija prema FOLK-u (1954) s obzirom na udjele pijeska, šljunka i mulja prikazana trokomponentnim dijagramom gdje crna točka predstavlja uzorak MSM1 na dubini od 95-100



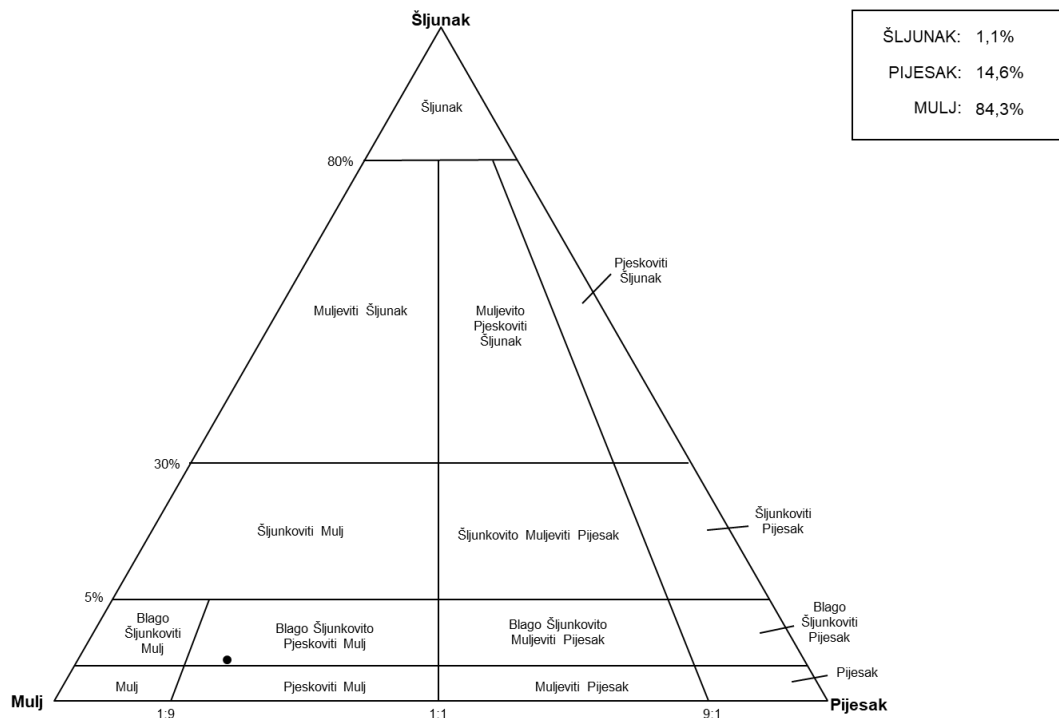
Slika 13. Klasifikacija prema FOLK-u (1954) s obzirom na udjele pijeska, šljunka i mulja prikazana trokomponentnim dijagramom gdje crna točka predstavlja uzorak SM1 na dubini od 0-5



Slika 14. Klasifikacija prema FOLK-u (1954) s obzirom na udjele pijeska, šljunka i mulja prikazana trokomponentnim dijagramom gdje crna točka predstavlja uzorak SM1 na dubini od 10-15



Slika 15. Klasifikacija prema FOLK-u (1954) s obzirom na udjele pijeska, šljunka i mulja prikazana trokomponentnim dijagramom gdje crna točka predstavlja uzorak SM1 na dubini od 30-35



Slika 16. Klasifikacija prema FOLK-u (1954) s obzirom na udjele pijeska, šljunka i mulja prikazana trokomponentnim dijagramom gdje crna točka predstavlja uzorak SM1 na dubini od 45-50

### 5.3. Rezultati mikroskopiranja

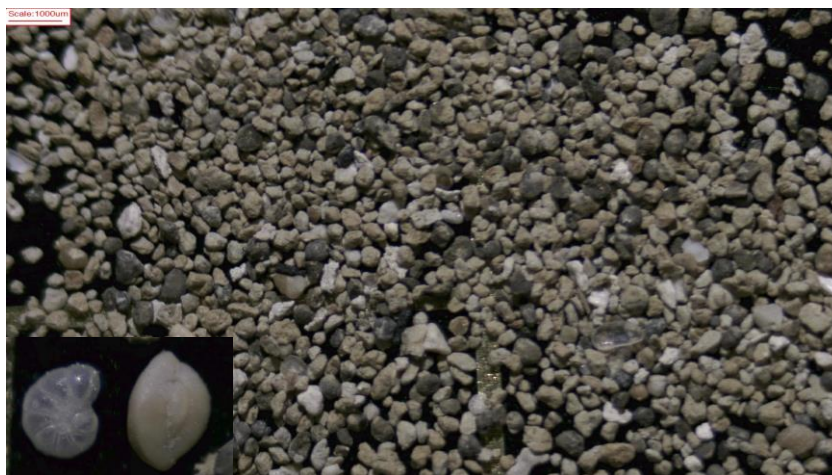
Kod uzorka MSM1 pri površini od 0-10 kod frakcija 4 i 2 su samo biljni ostatci, a kod frakcije 1 osim ostataka biljaka, prisutne su i litogene čestice. Kod frakcije 0,5 nađeno je osim ostataka biljaka i litogenih čestica i vlakno (slika 17), a u frakcijama 0,250 i 0,125 nađene su i foraminifere (porculanaste i staklaste). U zadnjoj frakciji 0,063 nalaze se gastropodi, ostrakodi te sitne foraminifere zaljepljene uz mulj.



**Slika 17.** Uzorak MSM1 na dubini od 1-10, frakcija 0,5 mm (ostatci biljaka i litogene čestice)

U uzorku MSM1 od 25-30 u frakciji 2 nalaze se dva siva kamenčića, dakle litogene čestice. Kod frakcije 1 nalazi se više litogenih čestica, dok kod frakcije 0,5 nađeno je osim litogenih čestica i dvije sjemenke biljke. U frakciji 0,250 je 90% litogenih čestica te 10% su staklaste i porculanaste foraminifere (slika 18). Kod frakcije 0,125 se smanjuje postotak litogenih čestice odnosno 70% su litogene čestice, a 30% su foraminifere i ostrakodi. U zadnjoj 0,063 je 90% litogeno, a 10% foraminifere, nađeno je i par vlakna.





**Slika 18.** Uzorak MSM1 na dubini od 25-30, frakcija 0,250 mm (10% staklastih i porculanastih foraminifera i 90% litogene čestice)

Uzorak MSM1 od 75-80 kod frakcije 2 sadrži jednu litogenu česticu. Kod frakcije 1 nađeno je malo litogenih čestica, dvije sjemenke biljke te najviše sadrži gastropoda, dok je kod frakcije 0,5 nađeno 50% školjkaša i gastropoda te 50% su litogene čestice. Frakcija 0,250 i 0,125 sadrži 30% ostrakoda i 70% litogenih čestica te ponegdje su nađene i foraminifere (staklaste i porculanaste; slika 19). U frakciji 0,063 nađene su litogene čestice sive boje, biogeni ostaci sljepljeni s muljem, ponegdje i foraminifere te nekoliko vlakna.



**Slika 19.** Uzorak MSM1 na dubini od 75-80, frakcija 0,250 mm (30% ostrakoda i 70% litogenih čestica te ponegdje su nađene staklaste i porculanaste foraminifere)

Uzorak MSM1 od 95-100 pri frakciji 4 i 2 se nalaze ostatci biljaka, litogene čestice, ali kod frakcije 2 nađeni su i ostatci ljuštura te jedna školjkica. Frakcija 1 sadrži 85% gastropoda te 15% su ostatci ljuštura i biljaka. Frakcija 0,5 sadrži litogene čestice, ostatci ljuštura školjkaša i gastropoda te biljaka (slika 20), dok frakcija 0,250 sadrži 40% litogenih čestice, 40% ostrakoda te 20% staklastih i porculanastih foraminifera. U predzadnjoj frakciji 0,125 nađeno je 60% porculanastih i staklastih foraminifera, 35% su litogene čestice te 5% su ostrakodi. U zadnjoj frakciji 0,063 su 80% litogene čestice sive boje i 20% foraminifere.



**Slika 20.** Uzorak MSM1 na dubini od 95-100, frakcija 0,5 mm (ostatci biljaka, ljuštura školjkaša i gastropoda)

U sljedećem uzorku SM1 pri površini od 0-5 kod frakcije 4 su samo ostatci biljaka. U frakcijama 2, 1 i 0,5 nalazi se 98% ostataka biljaka i 2% litogenih čestica (slika 21). Frakcija 0,250 sadrži većinom ostatke biljaka i litogenih čestica, dok su foraminifere u manjini. Frakcija 0,125 sadrži 60% foraminifere i 40% litogenih čestica sive boje. Zadnja frakcija 0,063 sadrži 80% foraminifere sljepljene uz mulj i 20% su litogene čestice tamnosmeđe boje.



**Slika 21.** Uzorak SM1 na dubini od 0-5, frakcija 0,5 mm (98% ostataka biljaka i 2% litogenih čestica)

Uzorak SM1 od 10-15 kod frakcije 4 su samo ostatci biljaka. Kod frakcija 2, 1 i 0,5 su 80% ostatci biljaka i 20% litogene čestice. U sljedećoj frakciji 0,250 se smanjuje postotak ostataka biljaka, odnosno 60% su ostatci biljaka te 40% foraminifere (slika 22). Predzadnja frakcija 0,125 sadrži 70% foraminifere sljepljene uz mulj te 30% litogenih čestica, dok zadnja frakcija 0,063 sadrži 80% foraminifera i 20% ostataka biljaka.



**Slika 22.** Uzorak SM1 na dubini od 10-15, frakcija 0,250 mm (60% ostatci biljaka te 40% foraminifera)

Kod uzorka SM1 od 30-35 kod frakcije 4 se nalaze ostatci biljaka, dok kod frakcije 2 i 1 su 80% ostatci biljaka i 20% litogenih čestica. Omjer litogenih čestica i ostataka biljaka su podjednaki kod frakcije 0,5. Frakcije 0,250 i 0,125 sadrže 70% foraminifere (većinom staklaste), 20% litogenih čestica te 10% su ostatci biljaka i ostrakoda (slika 23). Zadnja frakcija 0,063 sadrži 80% foraminifera sljepljene uz mulj te 20% litogenih čestica.



**Slika 23.** Uzorak SM1 na dubini od 30-35, frakcija 0,250 mm (70% većinom staklastih foraminifere, 20% litogenih čestica, 10% ostatci biljaka i ostrakoda)

Uzorak SM1 od 45-50 kod frakcija 4 i 2 nalaze se ostatci biljaka. Kod frakcije 1 su ostatci biljaka i litogene čestice 95% te 5% foraminifera, a kod frakcije 0,5 su 90% ostatci biljaka i 10% su litogene čestice. Frakcija 0,250 sadrži 40% ostataka biljaka, 20% litogenih čestica te 40% staklastih i porculanastih foraminifera (slika 24). U predzadnjoj frakciji 0,125 su 70% staklaste i porculanaste foraminifere sljepljene uz tamnosmeđi mulj, 20% su ostatci biljaka te 10% litogenih čestica. Zadnja frakcija 0,063 sadrži 85% foraminifere te 15% litogenih čestica.



**Slika 24.** Uzorak SM1 na dubini od 45-50, frakcija 0,250 mm (40% ostataka biljaka, 20% litogenih čestica te 40% staklastih i porculanastih foraminifera)

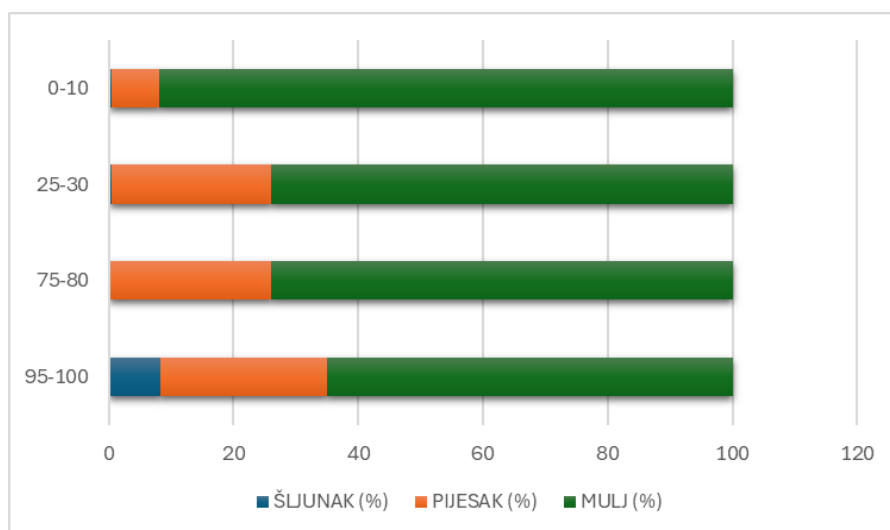
## 6. Rasprava

Morinjski zaljev predstavlja udubljenu dolinu nastalu tektonskim procesima, a njegovo okružje čine flišne i vapnenačke sedimentne stijene. Sedimenti unutar zaljeva većinom su autigeno-biogeni, uključujući vapnenačke i silicijske ostatke, uz djelomičan doprinos materijalu erozije iz okolnih flišnih i karbonatnih stijena. Mala količina terigenog materijala dolazi iz atmosferskog unosa i potoka Ribnik. Brzina sedimentacije u zaljevu je visoka, otprilike  $1,65 \text{ g/cm}^2$  godišnje, s najintenzivnijom akumulacijom sedimenta u sjeverozapadnom dijelu zaljeva (MIHELČIĆ i sur., 2011).

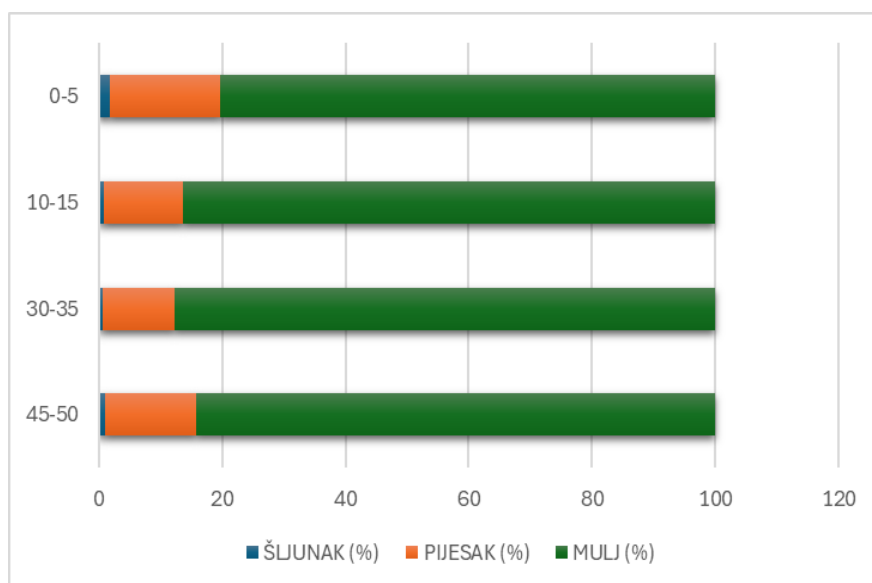
U Morinjskom zaljevu danas iznad razine mora ne postoji nikakav materijal, što sugerira da je razina mora u toj zoni promijenjena. U području Morinja odvijala su se četiri procesa: porast morske razine povezan s općim holocenskim izdizanjem, radijalno spuštanje i klizanje, sedimentacija te erozija materijala. Kanal Morinje i Morinjski zaljev nastali su nakon posljednjeg glacijala, a trenutna dubina mora u tom području rezultat je kombinacije svih tih procesa, iako je teško precizno odrediti njihov udio (FILIPČIĆ i sur., 1992).

Prema slici 25, uzorak MSM 1 ima najvišu zastupljenost mulja. Na najvećoj dubini (95-100 cm), uzorak pokazuje lošu sortiranost te veći udio pijeska i šljunka, zbog čega se klasificira kao šljunkoviti mulj. Kako se dubina smanjuje, raste udio mulja u uzorku. Na površini (0-10 cm), uzorak sadrži najviše mulja (91,9 %) i karakterizira ga najbolja sortiranost. Prema mikrosastavu, litogene čestice i biljni ostatci su najzastupljeniji. Na samoj površini (0-10 cm), mikroskopiranjem je uočena prisutnost gastropoda, ostrakoda i sitnih foraminifera. Kako se dubina povećava, raste bioraznolikost što ukazuje da je u prošlosti bilo plitko more koje se s vremenom zapunjavalo te danas je na površini slana močvara.

Na slici 26 vidljivo je da uzorak SM1 sadrži najviše mulja. Na svim dubinama klasificira se kao blago šljunkoviti pjeskoviti mulj, s umjerenom do dobrom sortiranošću. Na površini (0-5 cm) prisutno je najviše šljunka (1,8%) i pijeska (17,9%) u usporedbi s ostalim dubinama. Na dubinama 10-15 cm i 30-35 cm, udjeli šljunka i pijeska su približno jednaki, dok je najveći udio mulja (87,7%) zabilježen na dubini od 30-35 cm. Metodom mikroskopiranja utvrđeno je da prevladavaju foraminifere. Na površini (0-5 cm) pronađeni su biljni ostatci, litogene čestice i foraminifere, a najveći broj foraminifera zabilježen je na najvećoj dubini (45-50 cm).



**Slika 25.** Graf koji prikazuje udjele šljunka, pijeska i mulja kod uzorka MSM1



**Slika 26.** Graf koji prikazuje udjele šljunka, pijeska i mulja kod uzorka SM1

Uzorci MSM1 i SM1 pokazuju sličnosti u dominaciji mulja odnosno sitnozrnatog materijala, što je u skladu sa istraživanjem MIHELČIĆA i sur. (2006). MSM1 pokazuje lošiju sortiranost i veći udio pijeska i šljunka na većim dubinama, dok je SM1 ujednačeniji s blago šljunkovitim pjeskovitim muljem na svim dubinama, s umjerenom do dobrom sortiranošću. Prema mikrosastavu, uzorak MSM1 sadrži veću bioraznolikost u odnosu na uzorak SM1, s obzirom da je jezgra MSM1 dublja i zahvaća slojeve i periode kada je na ovom području bilo plitko more te povoljniji uvjeti za život u odnosu na nepovoljne uvjete u današnjoj slanoj močvari u kojoj žive samo vrlo specijalizirane foraminifere. Kao rezultat trošenja fliša i tla okolnog područja te djelomično biogenom sedimentacijom u samom zaljevu, došlo je do postupnog zatrpavanja zaljeva sedimentom i oplićavanja, što je dovelo do nastanka recentne slane močvare.



## **7. Zaključak**

Ovaj rad analizirao je sedimentološke karakteristike uzoraka jezgre SM1 iz slane močvare blizu Jadrtočca te uzorka MSM1 iz močvare u blizini mjesta Mučići na obalama Morinjskog zaljeva. Korištene metode uključivale su određivanje boje uzoraka pomoću Munsellove palete boja, analizu veličine zrna i mikroskopski pregled uzoraka. Rezultati analize pokazali su da su uzorci uglavnom sačinjeni od mulja te da su većinom dobro sortirani. Uzorak MSM1 ima slabiju sortiranost i veći udio pijeska i šljunka na većim dubinama, dok je uzorak SM1 ujednačeniji s blago šljunkovitim pjeskovitim muljem i umjerenom do dobrom sortiranošću na svim dubinama. Kao rezultat trošenja fliša i tla okolnog područja te djelomično biogenom sedimentacijom u samom zaljevu u prošlosti, došlo je do postupnog zatrpavanja zaljeva sedimentom i oplićavanja, što je dovelo do nastanka recentne slane močvare. Te promjene taložnih okoliša vidljive su u jezgrama i detaljnijom analizom foraminifera, ostrakoda, i drugih organizama, te mjerenjem <sup>14</sup>C starosti pojedinih slojeva, biti će moguće precizno rekonstruirati razvoj ovih taložnih okoliša kroz vrijeme.

## 8. Literatura

BAČANI, A., KOCH, G., BERGANT, S., ŠPARICA, M., VILIČIĆ D., DOLENEC, T., VREČA, P., IBRAHIMPAŠIĆ H. (2004): Origin of recent organic-rich sediments from Morinje Bay (Northern Dalmatia, Croatia): aspects of hydrological and hydrogeological impact. 32. Internacionalni geološki kongres, Firenca, Italija.

M.ČANČAR, K.KRIŽNJAK, N.NERAL, V.ĆOSOVIĆ, Ž.IŠTUK, I.FELJA (2023): Correlation of foraminifera content and granulometric properties of sediment in different transitional environments along a karstic coast, eastern Adriatic, Croatia. *Journal of Soils and Sediments*

FILIPČIĆ, A. (1992): Neolitsko naselje Danilo kod Šibenika i razina Jadranskog mora. *Geografski glasnik*, 54, 33–44

KOCH, G., ŠPARICA, M., BERGANT, S., ALAJBEG, A., VILIČIĆ, D., LAMPERT, T., DOLENEC, T., ŠPARICA, M. (2002): Recent sediments (peloids) from Morinje Bay (Middle Dalmatia, Croatia): Their origin and anthropogenic pollution viewed through a multidisciplinary approach. U: Yanko-Hombach, V., Arnold, A., Hallock, P. (ur.): *The Third International Congress "Environmental Micropaleontology, Microbiology and Meiobenthology"*, Beč 2002, 122–123.

MAMUŽIĆ P., VRŠALOVIĆ, I., MULDINI-MAMUŽIĆ, S., KOROLIJA B., MAJCEN, Ž., BOROVIĆ, I. (1975): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, Tumač za list Šibenik K33-8. Institut za geološka istraživanja Zagreb

MAMUŽIĆ P., KOROLIJA B., MAJCEN Ž., BOROVIĆ I., MAGAŠ N., BOJANIĆ L., BOŽIČEVIĆ S., BABIĆ LJ., ŠIMUNIĆ A. (1962): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, Tumač za list Šibenik K33-8. Institut za geološka istraživanja Zagreb

MIHELČIĆ, G., KNIEWALD, G., IVANIŠEVIĆ, G., ČEPELAK, R., MIHELČIĆ, V., VDOVIĆ (2011): Physico-chemical characteristics of the peloid mud from Morinje Bay (eastern Adriatic coast, Croatia): suitability for use in balneotherapy. *Environmental Geochemistry and Health*, 34, 191–198.

MIHELČIĆ, G., LOJEN, S., DOLENEC, T., KNIEWALD, G. (2006): Trace Metals Conservation in Morinje Bay Sediment: Historical Record of Anthropogenic Emissions into a Shallow Adriatic Bay. *Croatica Chemica Acta*, 79, 161–167.

SHAW, T. A., KIRBY, J. R., HOLGATE S., TUTMAN, P., PLATER, A. J. (2016): Contemporary Salt-Marsh Foraminiferal Distribution from the Adriatic Coast of Croatia and its Potential for Sea-Level Studies. *The Journal of Foraminiferal Research*, 46, 314–332

ŠPARICA, M., BAČANI, A., KOCH, G., ALAJBEG, A., MIKO, S., VILIČIĆ, D., GALOVIĆ, I., ŠPARICA-MIKO, M., IBRAHIMPAŠIĆ, H., BARGANT, S., DOLENEC, T. (2005): Ecosystem of Morinje Bay (Adriatic Sea, Croatia): Aspects of the Sediment/Water Interface. *RMZ – Materials and Geoenvironment*, 52, 115–118.

ŠPARICA, M., KOCH, G., MIKO, S., ŠPARICA-MIKO, M., BERGANT, S., ALAJBEG, A., VILIČIĆ, D., DOLENEC, T., GALOVIĆ, I., IBRAHIMPAŠIĆ, H. (2005): Recentni sedimenti Morinjskog zaljeva (Srednji Jadran, Hrvatska): njihovo podrijetlo i problem antropogenog zagađenja. U: Velić, I., Vlahović, I., Biondić, R. (ur): 3. hrvatski geološki kongres, Knjiga sažetaka, Zagreb 2005, 149–150.

VLAHOVIĆ, I., TIŠLJAR, J., VELIĆ, I., MATIČEC, D. (2005): Evolution of the Adriatic Carbonate Platform: Palaeogeography, main events and depositional dynamics. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 220, 333–360.

[1] <https://oceanservice.noaa.gov/facts/saltmarsh.html> (pristupljeno: 30.08.2024)

[2] <https://www.eionet.europa.eu/gemet/hr/concept/7396> (pristupljeno: 30.08.2024)

[3] <https://dzs.gov.hr/vijesti/objavljeni-konacni-rezultati-popisa-2021/1270> (pristupljeno: 31.08.2024)

[4] <https://soils.uga.edu/soils-hydrology/munsell-color-system/> (pristupljeno: 31.08.2024)

[5] Google. (2024). <https://www.google.com/maps> (pristupljeno: 03.09.2024)