

# Karakteristike, porijeklo i sastav sedimenta plaže Lojišće (Dugi otok)

---

Tišljar, Ana

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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:117447>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-19**



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematički fakultet  
Biološki odsjek

Ana Tišljar

**Karakteristike, porijeklo i sastav sedimenta  
plaže Lojišće (Dugi otok)**

Završni rad

Zagreb, 2022.

University of Zagreb  
Faculty of Science  
Department of Biology

Ana Tišljar

**Characteristics, composition and the origin of  
the Lojišće beach sediment (Dugi otok)**

Bachelor thesis

Zagreb, 2022.

Ovaj završni rad je izrađen u sklopu studijskog programa Znanosti o okolišu na Geološko-paleontološkom zavodu Geološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu, pod mentorstvom doc. dr. sc. Kristine Pikelj.

# TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

---

Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematički fakultet  
Biološki odsjek

Završni rad

## Karakteristike, sastav i porijeklo sedimenta plaže Lojišće (Dugi otok)

Ana Tišljar

Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb, Hrvatska

U ovom završnom radu proučavane su karakteristike, porijeklo i sastav sedimenta plaže Lojišće koja je smještena na Dugom otoku. Istraživanje je provedeno na 3 uzorka s plaže. Metode koje su se primjenjivale uključivale su analizu veličine zrna metodom mokrog sijanja, određivanje karbonatne komponente, mikroskopiranje te konačno analizu mineralnog sastava. Rezultati su prezentirani brojčano te pomoću tablica, slika i dijagrama. Analizom rezultata ustanovljeno je da se radi o biogenom sedimentu porijekla iz mora, iako je početna pretpostavka bila da je sediment litogenog porijekla, odnosno da je nastao trošenjem stijena na kopnu.

Ključne riječi: plaža Lojišće, pijesak, biogeni sediment, karbonati, veličina zrna  
(28 stranica, 16 slika, 2 tablice, 14 literaturnih navoda, jezik izvornika: hrvatski)

Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici

Mentor: doc. dr. sc. Kristina Pikelj

## BASIC DOCUMENTATION CARD

---

University of Zagreb  
Faculty of Science  
Department of Biology

Bachelor thesis

### Characteristics, composition, and the origin of the Lojišće beach sediment (Dugi otok)

Ana Tišljar

Rooseveltova trg 6, 10000 Zagreb, Croatia

In this bachelor thesis characteristics, the origin and composition of the sediment from Lojišće beach, which is situated on Dugi otok, were studied. The research was conducted on 3 samples from the beach. The methods used included grain size analysis using the wet sieving method, determination of the carbonate component, microscopy, and finally analysis of the mineral composition. The results are presented numerically and by using tables, pictures, and diagrams. By the result analysis it was established that the samples are a biogenic sediment of marine origin, although the initial assumption was that the sediment is of lithogenic origin, that is, it was created by the weathering of rocks on land.

Keywords: Lojišće beach, sand, biogenic sediment, carbonates, grain size  
(28 pages, 16 figures, 2 tables, 14 references, original in: Croatian)

Thesis is deposited in Central Biological Library.

Mentor: doc. dr. sc. Kristina Pikelj

## SADRŽAJ

|   |    |
|---|----|
| 1. UVOD .....   | 1  |
| 1.1. Područje istraživanja .....                        | 1  |
| 1.2. Geološka slika prostora .....                      | 2  |
| 2. METODE I MATERIJALI .....                            | 6  |
| 2.1. Analiza veličine zrna metodom mokrog sijanja ..... | 6  |
| 2.2. Određivanje karbonatne komponente.....             | 10 |
| 2.3. Mikroskopiranje .....                              | 12 |
| 2.4. Analiza mineralnog sastava.....                    | 12 |
| 3. REZULTATI .....                                      | 13 |
| 3.1. Analiza određivanja veličine zrna .....            | 13 |
| 3.2. Rezultati određivanja karbonatne komponente .....  | 16 |
| 3.3. Rezultati mikroskopiranja .....                    | 17 |
| 3.4. Rezultati određivanja mineralnog sastava.....      | 21 |
| 4. RASPRAVA .....                                       | 23 |
| 5. ZAKLJUČAK .....                                      | 25 |
| 6. LITERATURA .....                                     | 26 |
| 7. ŽIVOTOPIS .....                                      | 28 |

# 1. UVOD

## 1.1. Područje istraživanja

Dugi otok, koji je u cijelosti izgrađen od karbonatnih stijena, vapnenaca i dolomita, predstavlja tipični krški reljef na karbonatnoj litološkoj osnovi (Fiket et al., 2018; Džaja, 2003). Smješten je u Zadarsko-šibenskom arhipelagu, središnjem dijelu istočne obale Jadranskog mora (Mamužić & Nedela-Devide, 1973). Današnje reljefne značajke otoka posljedica su poslijepleistocenske ingresije mora kada se svjetska morska razina izdigla preko 100 m (Džaja, 2003). U oblikovanju otočne obalne crte, jedne od najrazvedenijih na istočnoj obali Jadrana (indeks razvedenosti je 4,5), očituje se utjecaj abrazije valova, osobito na vanjskoj jugozapadnoj strani otoka, izloženoj jakom utjecaju mora i vjetrova, buri i jugu, s pučine Jadranskog mora. (Džaja, 2003; URL3).

Plaža Lojišće koja je objekt istraživanja ovog rada smještena je na jugozapadnom dijelu Dugog otoka. Plaža je široka 12, a dugačka 60 metara. Geološke karakteristike otoka i same plaže prikazane su na listu Biograd Osnovne geološke karte.

Prostor plaže Lojišće dio je parka prirode Telašćica, koja proglašena parkom prirode 1988. Za brojne posjetitelje najimpresivnije mjesto nalazi se s vanjske strane uvale Telašćica gdje su smještene okomite hridi, najistaknutiji strmcima na Jadranu, o kojima će biti govora kasnije u radu. Nije iznenađujuće što je ovo područje zaštićeno, upravo zbog iznimne raznolikosti flore i faune gdje valja spomenuti ugroženog sivog sokola koji se gnijezdi na spomenutim strmcima, dobrog dupina koji zalazi u ovaj akvatorij te mediteransku vegetaciju vazdazelenih šuma alepskog bora i hrasta crnike (URL3).

U blizini plaže Lojišće nalazi se i rijedak prirodni fenomen, slano jezero Mir koje je zapravo potopljena krška uvala (Džaja, 2003). Jezero je ispunjeno morskom vodom koja dolazi kroz sustave pukotina krškog podzemlja (Pikelj & Juračić, 2013). Takva morska jezera nastala na kršu predstavljaju jedinstvene morske sustave, koji su formirani prodorom mora u krški krajolik. Za njihovo nastajanje i očuvanje potrebni su specifični uvjeti, što ih čini krhkim morskim sustavima (Fiket et al., 2018).

Kao i brojni drugi dijelovi hrvatske obale, obala Dugog otoka ne sadrži velik broj plaža. Postojeće plaže su uglavnom građene od šljunka (Pikelj & Juračić, 2013), te je pijesak na plažama rijetkost.



## 1.2. Geološka slika prostora

Protoklog stoljeća i prethodnih godina provedena su sveobuhvatna terenska istraživanja Dugog otoka koja su uključivala kartiranje, stratimetriju, prikupljanje fosila te mnogobrojna mjerenja različitih strukturno-tektonskih pojava (Fuček et al., 1990).

Viši dijelovi otoka odnosno hrptovi, oblikovani su antiklinalama, dok su niži dijelovi – udoline – predstavljene sinklinalama (Džaja, 2003). Kredni dolomiti kao najstariji stratigrafski članovi smješteni su u pravilu u jezgri antiklinala, rudistni vapnenci u krilima bora, dok su formaniferski vapnenci i fliški lapori i pješčenjaci raspoređeni u jezgri sinklinala, kao najmlađe naslage (Mamužić & Nedela-Devide, 1973). Na jugozapadnoj, vanjskoj strani otoka prisutan je nagli prijelaz visinskih kategorija obilježen strukturnim padinama. Ta strma obala vanjskog dijela Dugog otoka, čija dužina doseže 7 km, odnosno njezin dio od prijevoja koji spaja jezero Mir i otvoreno more, pa do Stivanjske gore, često se spominje kao dugootočki klif, no, on to ustvari nije. Taj dio obale tektonski je predodređen Dugootočkim rasjedom, koji je tijekom holocena naknadnim djelovanjem abrazije preoblikovan u strmac (Džaja, 2003).

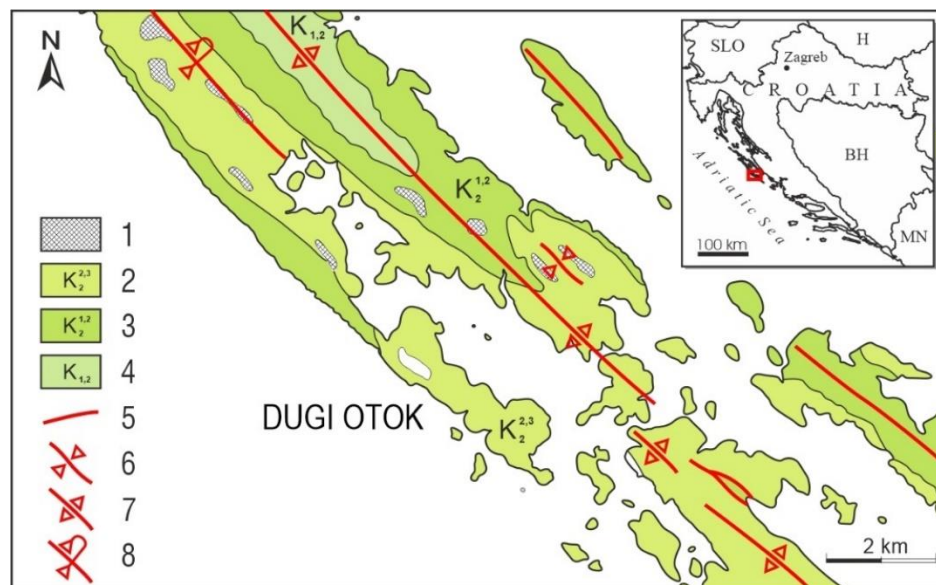
Kao što je već spomenuto, istraživano područje interesa obuhvaćeno je listom Biograd Osnovne geološke karte, a zabilježena je prisutnost tri vrste stijena različite kredne starosti (slika 1).

Prema autorima lista, Mamužić & Nedela-Devide (1968), većinom se radi o naslagama krede i paleogena, koje su obično prekrivene kvartarnim sedimentima. Kredne naslage se sastoje od vapnenaca, vapnenaca i dolomita u izmjeni i dolomita. Paleogen tvore vapnenci i klastične naslage, dok se tvorevine kvartara sastoje od jezerskih sedimenata i zemlje crvenice (terra rossa). Kredne naslage najvećim dijelom pripadaju gornjoj kredi, naslage paleogena eocenu, a pretežni udio kvartarnih sedimenata odgovara pleistocenu.

Najstarije naslage istraživanog područja, iz perioda **K<sub>1,2</sub>** (alb – cenoman), tvore jezgu u antiklinalnom dijelu bore. One su taložene u promjenljivoj sredini i zahvaćene dolomitizacijom u fazi dijageneze te o njima nemamo paleontoloških podataka s obzirom na to da se ovdje fauna nije mogla održati. Prema tome se starost naslaga može zaključiti jedino na osnovi superpozicije slojeva. Obzirom na to da naslage, koje kontinuirano slijede na opisanima, odgovaraju cenomanu – turonu, zaključak je da se ovdje radi o prijelazu donje krede u gornju odnosno s približnim rasponom alb – cenoman. Debljina ovih naslaga je nepoznata, a identificirani dio iznosi oko 200 metara. Na njih se nastavljaju naslage vapnenaca i dolomita u izmjeni iz razdoblja **K<sub>2</sub><sup>12</sup>** (cenoman – turon), strukturalno smještene u krilima antiklinala. Sastoje se od

vapnenaca s hondodontama i rudistima s tanjim (10 cm) ili debljim (30 cm) ulošcima sivog dolomita. Debljina opisanih sedimenata iznosi približno 350 metara (Mamužić & Nedela-Devide, 1973).

Preostale kredne naslage koje čine rudistni vapnenci iz perioda  $K_2^{23}$  (turon – senon) obilježavaju područje istraživanja ovog rada te ulaze u sastav krila bora. Sastoje se praktički isključivo od vapnenaca s rijetkim ulošcima dolomitnih vapnenaca manje debljine (10-30 cm). U bazi ovih naslaga javljaju se pločasti vapnenci. Sa litološkog stajališta ovo je uglavnom jednoličan kompleks, a odgovara taloženju u plitkom i mirnom okolišu. Predstavljen je svijetlosmeđim, dobro uslojenim vapnencima, debljine slojeva 30-60 cm. S obzirom na to da je postotak  $CaCO_3$  vrlo visok (97-99%), ovi se sedimenti mogu smatrati čistim vapnencima. Čak i kod dolomitnih vapnenaca postotak kalcijevog karbonata ne smanjuje se ispod 70%. Sveukupna debljina turonsko – senonskih naslaga iznosi oko 600 metara (Mamužić & Nedela-Devide, 1973).

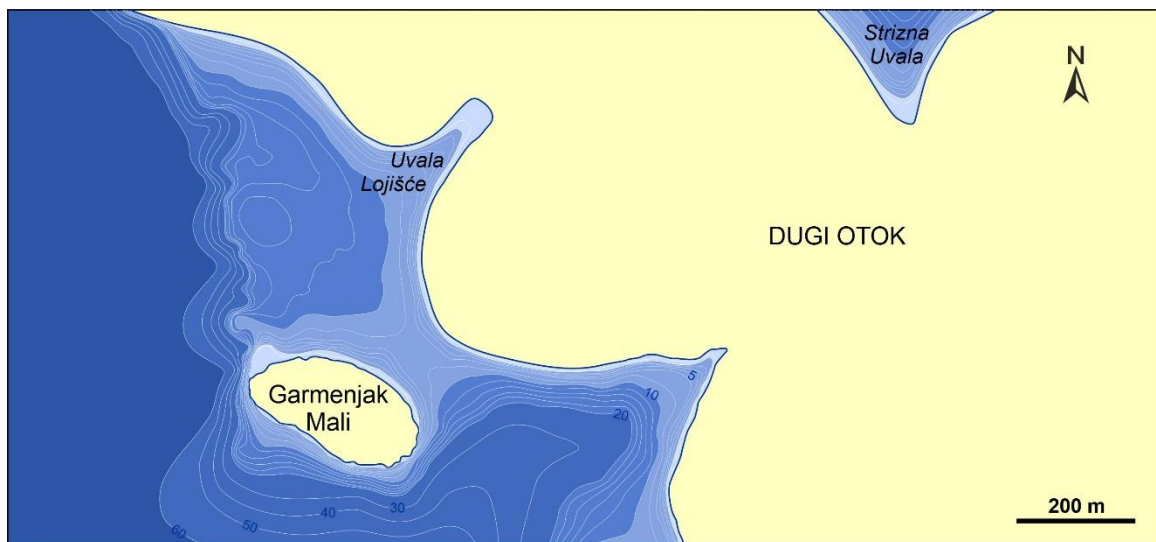


**Slika 1.** Prikaz građe dijela otoka stijenama različitih krednih starosti  $K_{1,2}$  – alb-cenoman;  $K_2^{1,2}$  – cenoman-turon;  $K_2^{2,3}$  – turon-senon. Prikaz antiklinala („strelice prema van“) i sinklinala („strelice prema unutra“).

Prilagođeno prema: Mamužić & Nedela-Devide (1968).

Za dobivanje potpune slike o građi terena područja istraživanja, na slici 2 prikazana je batimetrijska karta. Pod batimetrijom se podrazumijeva opisivanje topografije morskog dna, odnosno mjerenje dubine vode u jezerima, rijekama ili oceanima. Zato je batimetrija bitna značajka pri procjenjivanju plime, struja i valova, kao i u vidu transporta sedimenta te razumijevanju dinamike morskog okoliša (URL1; URL2).

Za razliku od dijela gdje strmci ujedno čine obalu (nije obuhvaćeno na karti slike 2), ispred plaže Lojišće i u području otoka Garmenjaka se zahvaljujući geomorfološkoj građi terena strmci nastavljaju ispod mora, te se otvaraju dvije uvale između kojih je greben te padine otoka čine cjelinu do dubljih, ravnijih dijelova morskog dna (Džaja, 2003). To znači da je more ovdje pliće (dubina oko 12-ak m) u odnosu na prostor ispred strmaca (dubina preko 80 m).



**Slika 2.** Batimetrijska karta užeg područja oko uvale Lojišće.

Prilagođeno prema: Navionics (URL4).

Cilj ovog završnog rada bio je definirati porijeklo sedimenta plaže Lojišće na način da se odrede njegove osnovne karakteristike i porijeklo, s obzirom da su plaže s pjeskovitim sedimentom na hrvatskoj obali više iznimka nego pravilo. Za upravljanjem plažama, naročito u zaštićenim područjima važno je poznavati izvor sedimenta plaža. Zadani cilj je ostvaren pomoću analiza veličine zrna, mineralnog sastava, udjela karbonata u sedimentu i mikroskopiranja o kojima će dalje biti govora u ovome radu.

## **2. METODE I MATERIJALI**

Prilikom laboratorijskog rada obrađene su 3 uzorka sedimenta s plaže Lojišće (**LOJ1, LOJ2** i **LOJ3**). Uzorci su prethodno prikupljeni sa središnjeg i dva rubna dijela plaže, a ispitivani su pomoću nekoliko metoda.

### **2.1. Analiza veličine zrna metodom mokrog sisanja**

Tehnika mokrog sisanja uključivala je prosijavanje uzoraka **LOJ1, LOJ2** i **LOJ3** kroz 7 sita spojenih na tresilicu. Promjer korištenih sita bio je u rasponu od 0,063 do 4 milimetara. Prosječna početna izvagana masa uzoraka iznosila je 100g. Kao pomoć pri ovoj metodi sita su dodatno ispirana destiliranom vodom kako bi maksimalna količina pojedinog uzorka uspješno prošla kroz svako sito. Na kompleks sita i tresilice spojena je cijev sa posudom u kojoj je sakupljana suspenzija, odnosno sve čestice manje od 0,063 mm za koje se kasnije potencijalno mogao koristiti sedigraf. Sam postupak mokrog sisanja trajao je u prosjeku jedan puni sat. Frakcije zaostale na sitima odijeljene su u zasebne posudice i uzorci su ostavljeni da se u potpunosti osuše, a potom su izvagani te pohranjeni u papirnate vrećice s naznakom njihove veličine. Naposljetku sedigraf nije korišten zbog nedovoljne količine čestica u suspenziji koja je prikupljana.



**Slika 3.** Set sita korišten za tehniku mokrog sijanja.

Nakon prosijavanja, za svaki uzorak izračunati su granulometrijski parametri prema (Folk & Ward, 1957). Pri izračunavanju pojedinih granulometrijskih parametara koristio se GRADISTAT statistički paket (Blott & Pye, 2001).

**Srednja veličina zrna** (median) od koje je 50% čestica veće, a 50% manje:

$$\mathbf{Md} = \Phi 50 \quad [7]$$

**Prosječna veličina zrna** (mean size):

$$\mathbf{Mz} = \frac{(\Phi 16 + \Phi 50 + \Phi 84)}{3}$$

[8]

**Sortiranje** (sorting) koje pokazuje jednoličnost distribucije:

$$S_o = \frac{(\Phi_{84} - \Phi_{16})}{4} + \frac{(\Phi_{95} - \Phi_5)}{6,6}$$

[9]

Kategorije sortiranosti sedimenta:

|                 |                          |
|-----------------|--------------------------|
| < 0,35 .....    | vrlo dobro sortirano     |
| 0,35-0,50 ..... | dobro sortirano          |
| 0,50-0,70 ..... | umjereno dobro sortirano |
| 0,70-1,00 ..... | umjereno sortirano       |
| 1,00-2,00 ..... | loše sortirano           |
| 2,00-4,00 ..... | vrlo loše sortirano      |
| > 4,00 .....    | izrazito loše sortirano  |

**Asimetričnost raspodjele** (skewness) pokazuje devijacije u raspodjeli čestica. Pozitivne vrijednosti pokazuju da prevladava krupnija frakcija, odnosno da je krivulja iskošena prema sitnijim sedimentima; negativne da prevladava sitnija frakcija, odnosno da je krivulja iskošena prema krupnijim sedimentima:

$$S_k = \frac{(\Phi_{16} + \Phi_{84} - 2\Phi_{50})}{2(\Phi_{84} - \Phi_{16})} + \frac{(\Phi_5 + \Phi_{95} - 2\Phi_{50})}{2(\Phi_{95} - \Phi_5)}$$

[10]

Kategorije asimetričnosti krivulje:

|                      |                                  |
|----------------------|----------------------------------|
| -1,00 do -0,30 ..... | vrlo negativno zakošena krivulja |
| -0,30 do -0,10 ..... | negativno zakošena krivulja      |
| -0,10 do 0,10 .....  | gotovo simetrična krivulja       |
| 0,10 do 0,29 .....   | pozitivno zakošena krivulja      |
| 0,30 do 1,00 .....   | vrlo pozitivno zakošena krivulja |

**Zaoštrenost krivulje** (kurtosis) odnosi se na raspršenost raspodjele. Ako je krivulja zaoštrena, materijal je raspoređen oko jedne veličine zrna; ako je zaravnjena, prisutno je više granulometrijskih frakcija:

$$K_g = \frac{(\Phi_{95} - \Phi_5)}{2,44(\Phi_{75} - \Phi_{25})}$$

[11]

Kategorije zaoštrenosti krivulje:

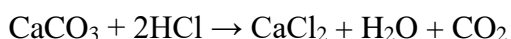
|                |                             |
|----------------|-----------------------------|
| < 0,67.....    | vrlo zaravnjena krivulja    |
| 0,67-0,90..... | zaravnjena krivulja         |
| 0,90-1,11..... | srednje zaoštrena krivulja  |
| 1,11-1,50..... | zaoštrena krivulja          |
| 1,50-3,00..... | vrlo zaoštrena krivulja     |
| > 3,00.....    | izuzetno zaoštrena krivulja |



## 2.2. Određivanje karbonatne komponente

Pri određivanju karbonatne komponente u uzorcima korišten je Scheiblerov kalcimetar koji je konvencionalna metoda analize sadržaja kalcijevog karbonata ( $\text{CaCO}_3$ ). Mjerenje sadržaja  $\text{CaCO}_3$  Scheiblerovim kalcimetrom spora je i radno intenzivna metoda, koja uključuje barometarsku korekciju temperaturne vrijednosti tlaka te izjednačavanje razine vode u kalcimetru kako bi se mogao izmjeriti volumen plina nakon svake nove reakcije. Stoga se ispravnost i preciznost rezultata temelje se na radnom iskustvu (Šenlikci et al., 2015), što posljedično može narušiti točnost podataka i dovesti do manjih odstupanja. Postupak je odrađen u laboratoriju na Mineraloško-petrografskom zavodu PMF-a.

Sadržaj karbonata u uzorcima određen je volumetrijskim mjerenjem oslobođenog ugljikovog dioksida ( $\text{CO}_2$ ) nakon reakcije pojedinih uzoraka klorovodičnom kiselinom razrijeđenom destiliranom vodom u omjeru 1:1. Kalcijev karbonat u uzorcima reagira prema sljedećoj jednadžbi:



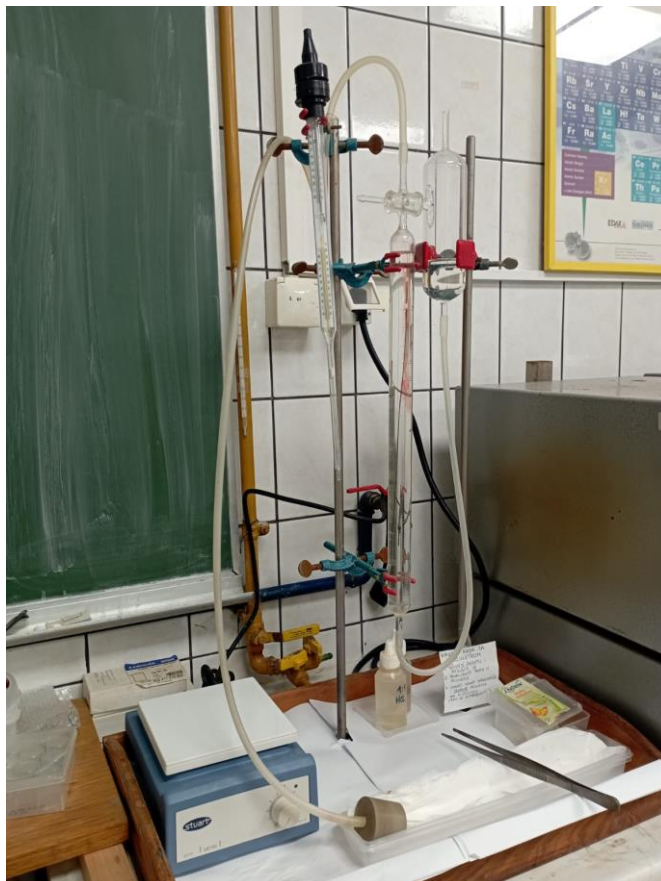
Najprije je na analitičkoj vagi odvagano otprilike 0,3 grama standarda (stopostotni  $\text{CaCO}_3$ ) i uzoraka, a za svaki su uzete po dva poduzorka. Napravljena je reakcija za svaku frakciju (ukupno 8 reakcija), a sa graduirane cijevi očitani su podaci o oslobođenom volumenu  $\text{CO}_2$ .

Scheiblerov kalcimetar (slika 4) sastoji se od tri staklene cijevi koje su međusobno povezane gumenim cijevima. Prva cijev je pokretna i koristi se za izjednačavanje tlaka tijekom rada, a u njoj se nalazi zakiseljena voda. Druga je graduirana i s nje se očitava volumen oslobođenog  $\text{CO}_2$  tijekom reakcije. Ona također sadrži zakiseljenu vodu, a na vrhu ima ventil koji regulira interakciju sa okolinom i trećom cijevi. Treća cijev je spojena sa posudom u koju se stavlja uzorak čija se svojstva žele ispitati, zajedno sa klorovodičnom kiselinom. Nakon što je reakcija trajala 5-10 minuta očitava se volumen razvijenog  $\text{CO}_2$ .

Postotak  $\text{CaCO}_3$  uzoraka izračunat je na temelju razvijenog ugljikovog dioksida koji se hvata i mjeri u graduiranoj cijevi kalcimetra, prema formuli:

$$\% \text{CaCO}_3 = (\text{ml CO}_2 \times F \times 2,274 \times 100) / \text{mg uzorka}$$

Za preračunavanje  $\text{CO}_2$  u  $\text{CaCO}_3$  koristi se navedena vrijednost (2,274), dok faktor F predstavlja težinu 1 mL  $\text{CO}_2$  pri tlaku i temperaturi provođenja analize koji se iščitava iz tablice dostupne u laboratoriju gdje je provođeno ispitivanje. Tlak pri reakcijama iznosio je 1005 mBar.



**Slika 4.** Scheiblerov kalcimetar. Foto: K. Pikelj.

### 2.3. Mikroskopiranje

Sva tri uzorka (**LOJ1**, **LOJ2** i **LOJ3**) promatrani su pod mikroskopom te su zabilježene slike za svaku frakciju (0,063-2 mm). Na temelju slika doneseni su konačni zaključci o porijeklu sedimenta uzoraka.

### 2.4. Analiza mineralnog sastava

Metoda rendgenske difraktometrije na usitnjenom uzorku veličine praha, zasniva se na raspršivanju rendgenskih zraka u interakciji s kristalnom rešetkom minerala koja predstavlja pravilnu strukturu. Ova metoda vrlo efikasno omogućava uvid u kemijski sastav materijala koji nas zanima. Ravnine kristalne rešetke ponavljaju se na udaljenostima koje odgovaraju valnoj duljini rendgenskih zraka, a istovremeno ne dolazi do promjene valne duljine izvornog zračenja. Do difrakcije dolazi ukoliko je razlika u hodu raspršenih zraka uzastopnih mrežnih ravnina jednaka cijelom broju valnih duljina. Uvjet za rendgensku difrakciju iskazan je Braggovim zakonom:  $n\lambda = 2d_{hkl}\sin\theta$  pri čemu vrijedi:

n – cijeli broj, red zračenja

$\lambda$  – valna duljina zračenja

$d_{hkl}$  – međumrežni razmak hkl tipa mrežnih ravnina

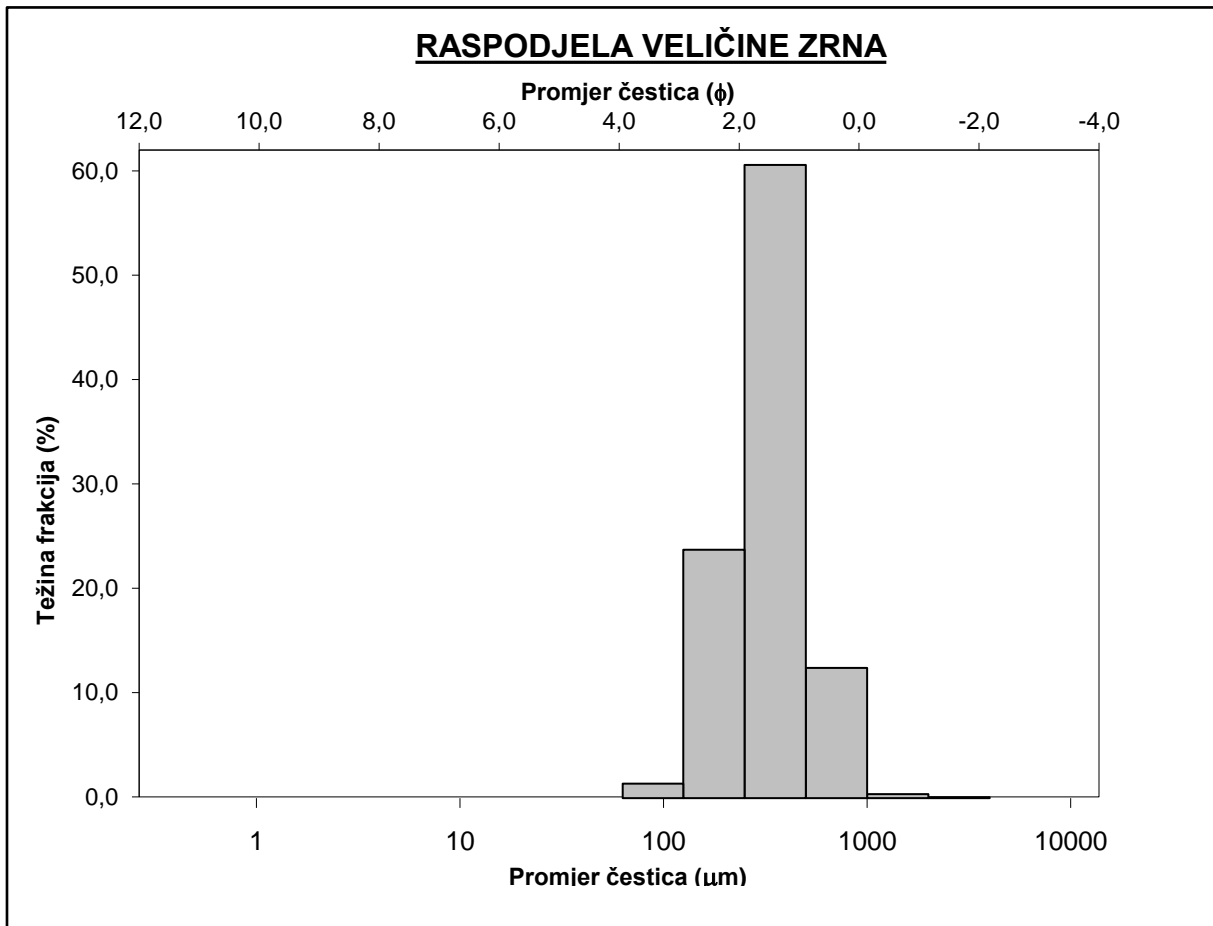
$\theta$  – kut pod kojim zrake padaju na mrežnu ravninu

Mineralni sastav određen je na sva tri prikupljena uzorka koji su prethodno zdrobljeni u prah u ručnom tarioniku. Kao rezultat dobiven je praškasti polikristaličan uzorak, sastavljen od velikog broja sitnih čestica orijentiranih u različitim smjerovima, zbog čega vjerojatnije zadovoljava Braggov zakon. Tako usitnjeni sediment najprije je postavljen na aluminijski nosač te potom stavljen u difraktometar. Svaki je uzorak sniman 20 minuta. Difrakcijski su podaci prikupljeni difraktometrom za prah Philips PW 3040/60 X'Pert Pro, a analiza rendgenograma napravljena je u programu X'Pert HighScore Plus.

### 3. REZULTATI

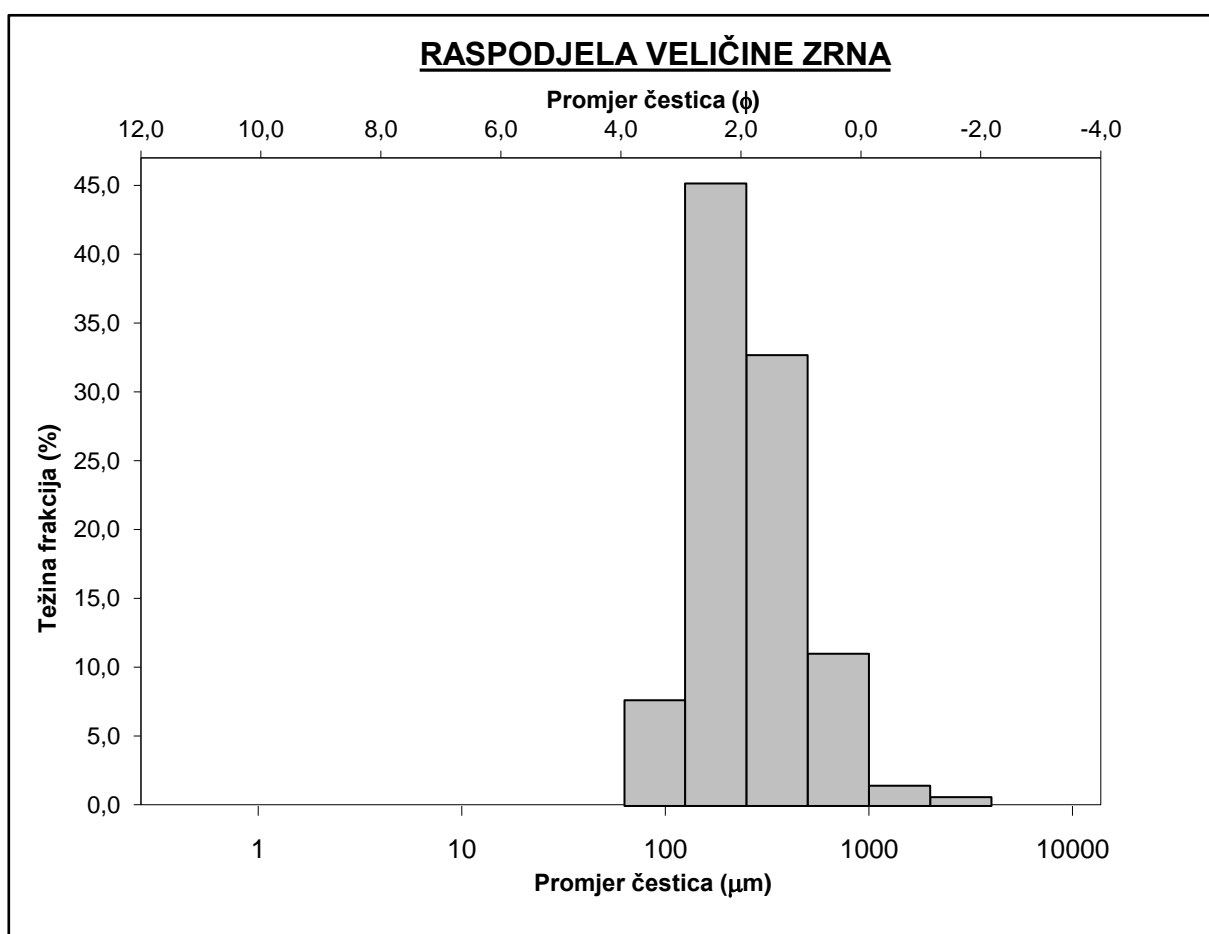
#### 3.1. Analiza određivanja veličine zrna

Uzorak **LOJ1** je slabo šljunkovit pijesak koji ima srednju prosječnu veličinu zrna ( $Mz = 312,0$ ); umjereno je sortirani ( $So = 0,714$ ); gotovo simetrična krivulja ( $Sk = 0,090$ ) upućuje na to da prevladava krupnija frakcija, a zaoštrena krivulja ( $Kg = 1,236$ ) upućuje da je materijal raspoređen oko jedne veličine zrna (tablica 1). Na slici 5 predstavljen je grafički prikaz raspodjele veličine zrna za uzorak **LOJ1**.



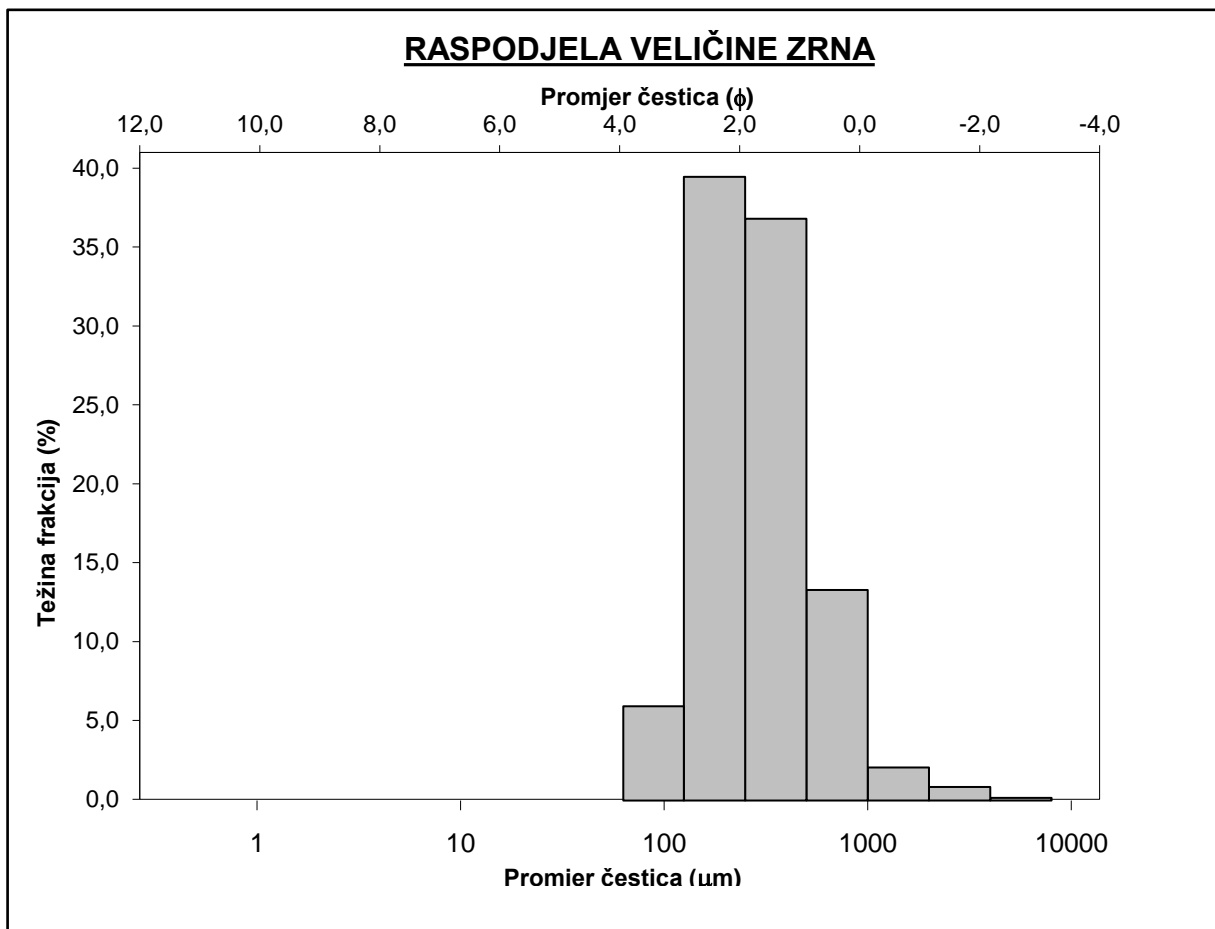
Slika 5. Histogram za uzorak **LOJ1**.

Uzorak **LOJ2** je slabo šljunkovit pijesak koji ima srednju prosječnu veličinu zrna ( $Mz = 251,5$ ); umjereno je sortirani ( $So = 0,903$ ); negativno zakošena krivulja ( $Sk = -0,162$ ) upućuje na to da prevladava sitnija frakcija, a srednje zaoštrena krivulja ( $Kg = 0,997$ ) upućuje na to da je prisutno relativno više granulometrijskih frakcija (tablica 1). Na slici 6 predstavljen je grafički prikaz raspodjele veličine zrna za uzorak **LOJ2**.



**Slika 6.** Histogram za uzorak **LOJ2**.

Uzorak **LOJ3** je slabo šljunkovit pijesak koji ima srednju prosječnu veličinu zrna ( $Mz = 274,7$ ), umjereno je sortirani ( $So = 0,908$ ); negativno zakošena krivulja ( $Sk = -0,104$ ) upućuje na to da prevladava sitnija frakcija, a srednje zaoštrena krivulja ( $Kg = 0,953$ ) upućuje na to da je prisutno relativno više granulometrijskih frakcija (tablica 1). Na slici 7 predstavljen je grafički prikaz raspodjele veličine zrna za uzorak **LOJ3**.



**Slika 7.** Histogram za uzorak **LOJ3**.

**Tablica 1.** Dobiveni granulometrijski parametri za uzorke **LOJ1, LO2 i LOJ3.**

| <b>UZORAK</b>                               | <b>LOJ 1</b> | <b>LOJ 2</b> | <b>LOJ 3</b> |
|---|--------------|--------------|--------------|
| <b>SREDNJA<br/>VELIČINA ZRNA<br/>(Md)</b>   | 329,7        | 237,1        | 269,3        |
| <b>PROSJEČNA<br/>VELIČINA ZRNA<br/>(Mz)</b> | 312,0        | 251,5        | 274,7        |
| <b>SORTIRANJE (So)</b>                      | 0,714        | 0,903        | 0,908        |
| <b>ASIMETRIČNOST<br/>KRIVULJE (Sk)</b>      | 0,090        | -0,162       | -0,104       |
| <b>ZAOŠTRENOST<br/>KRIVULJE (Kg)</b>        | 1,236        | 0,997        | 0,953        |

### **3.2. Rezultati određivanja karbonatne komponente**

U sva tri uzorka sedimenta s plaže Lojišće rezultati analize pokazali su da je analizirani pijesak vrlo karbonatan s udjelima koji se kreću od 97,88 do 100% (tablica 2).

**Tablica 2.** Rezultati analize karbonatne komponente uzoraka **LOJ1, LOJ2, LOJ3.**

| <b>UZORAK</b> | <b>%CaCO<sub>3</sub></b> |
|---------------|--------------------------|
| LOJ1          | 100                      |
| LOJ2          | 97,88                    |
| LOJ3          | 98,22                    |

### 3.3. Rezultati mikroskopiranja

Promatranjem uzoraka pod mikroskopom u sva tri uzorka vidljivi su skeletni ostaci morskih organizama te organska tvar. Uočeno je da u većim frakcijama (2-4 mm) dominiraju ostaci morske cvjetnice *Posidonia oceanica*, a smanjivanjem veličine frakcija (< 2 mm) dolazi do opažanja ostalih navedenih čestica. Tipične čestice sedimenta se nalaze u nastavku na slikama 8 - 13 i to u svim frakcijama, od 0,063 do 4 mm. Najbrojniji zastupljeni fragmenti uključuju ostatke puževa, školjkaša, foraminifera, ježinaca, mahovnjaka, sepulida i sl.



**Slika 8.** Uzorak **LOJ1**, frakcija 2-4 mm. Biljna organska tvar (dolje) i bodlja ježinca (gore).





**Slika 9.** Uzorak **LOJ3**, frakcija 1-2. Skeleti mekušaca.



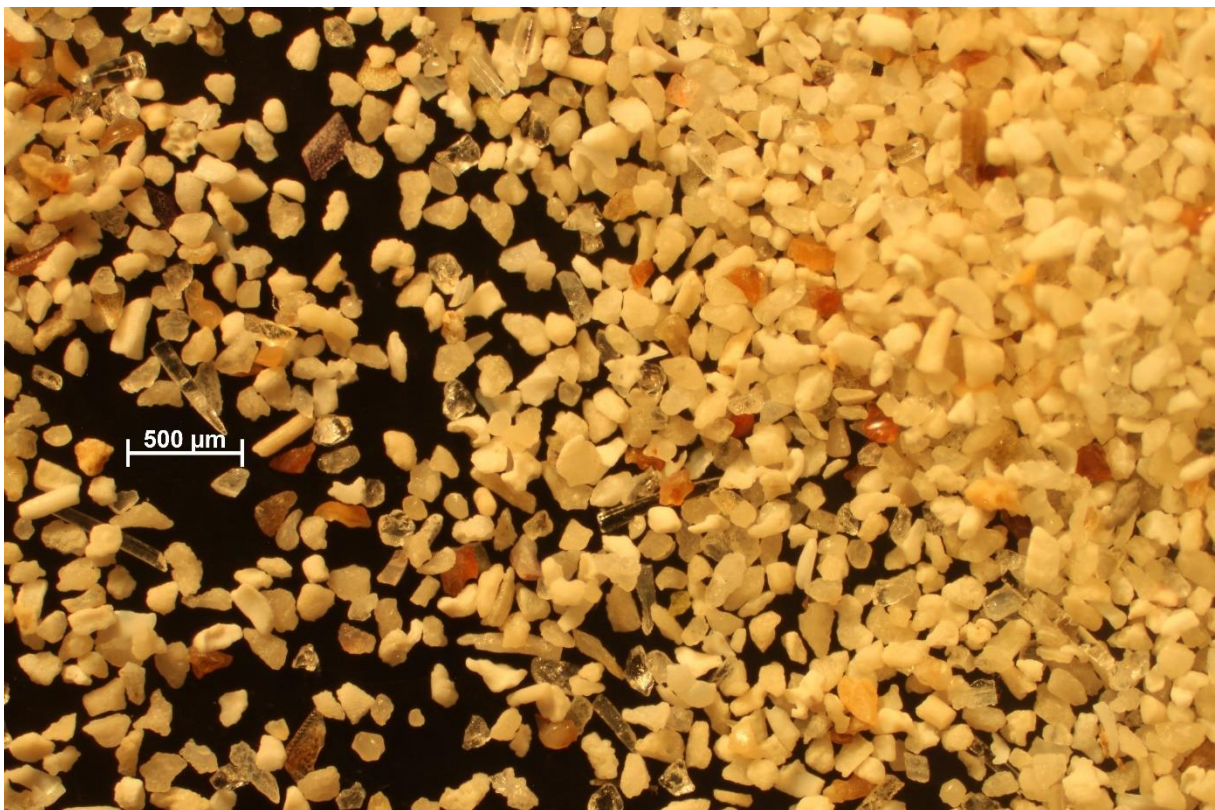
**Slika 10.** Uzorak **LOJ2**, frakcija 0,5-1 mm. Skeleti mekušaca i foraminifera.



**Slika 11.** Uzorak LOJ2, frakcija 0,25-0,5 mm. Foramnifere i fragmenti skeleta mekušaca.



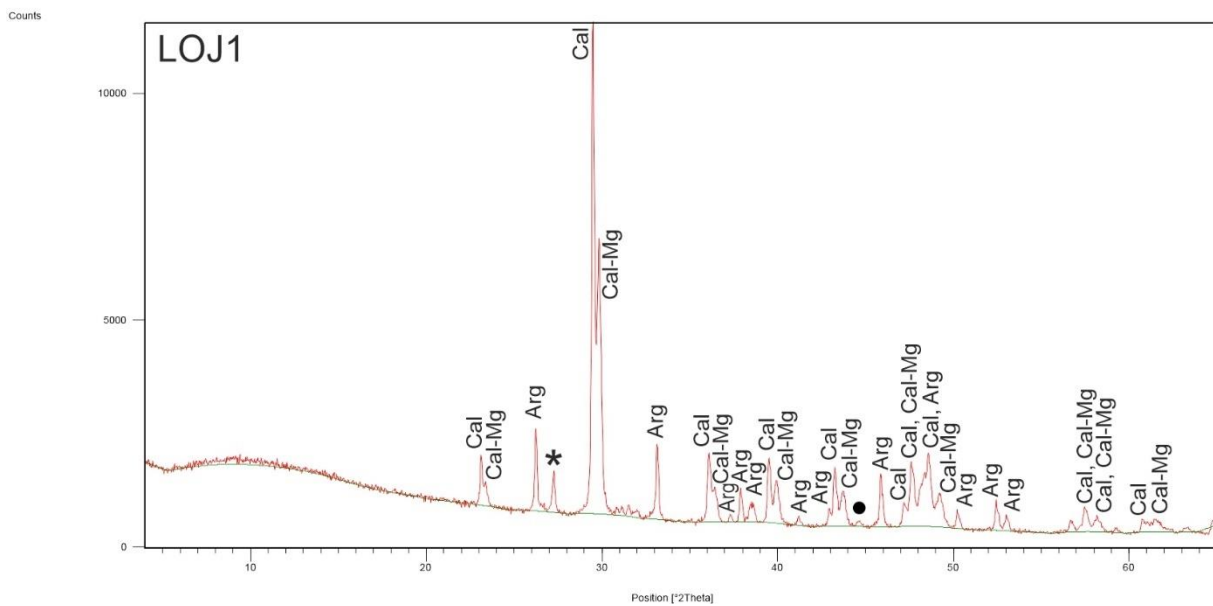
**Slika 12.** Uzorak LOJ2, frakcija 0,125-0,25 mm. Foraminifere, bodlje ježinaca, te fragmenti skeleta mekušaca.



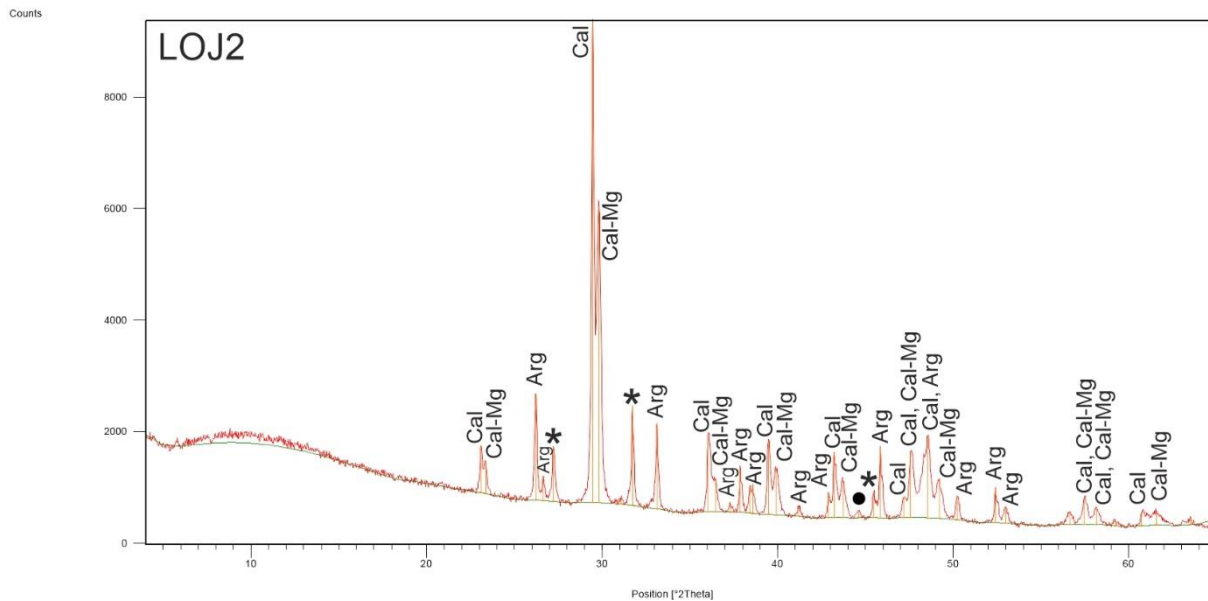
**Slika 13.** Uzorak LOJ3, frakcija 0,063-0,125 mm. Pretežno kalcificirani tvrdi fragmenti (skeletne čestice raznih) organizama s fragmentima spikula spužvi.

### 3.4. Rezultati određivanja mineralnog sastava

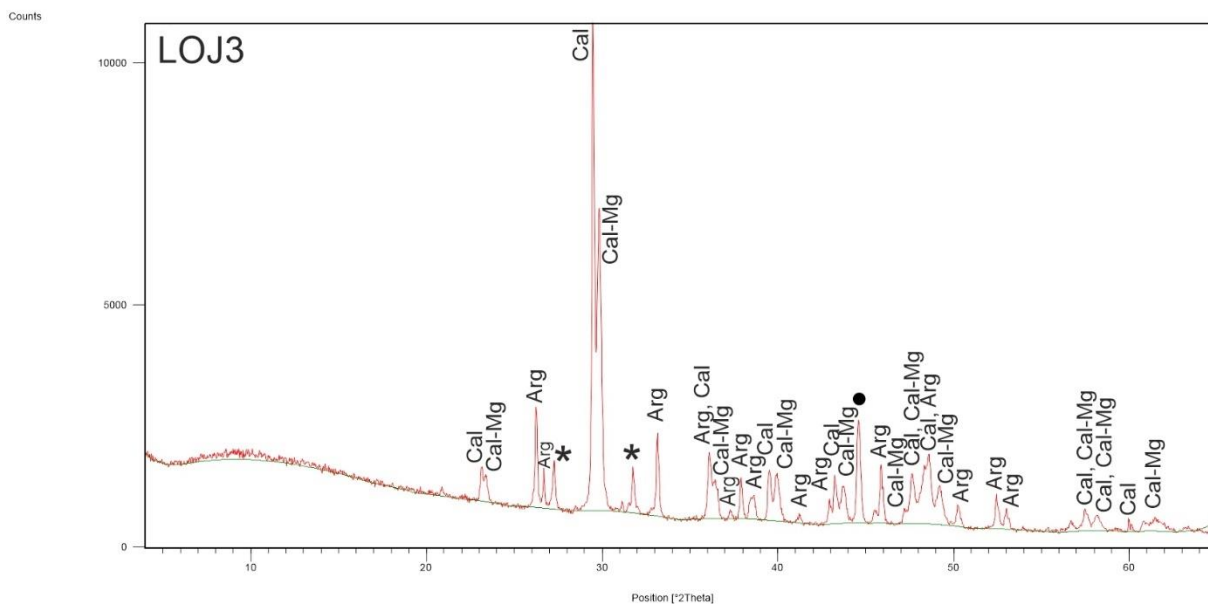
Za sva tri uzorka (**LOJ1**, **LOJ2** i **LOJ3**) analiziran je mineralni sastav. Utvrđeno je da su prisutni kalcit, magnezijev kalcit te aragonit. Kalcit i magnezijev kalcit su nešto obiljniji u odnosu na aragonit (slike 14-16). Osim navedenih minerala detektiran je i aluminij od nosača uzorka (prikazano crnom točkom) te halit (prikazano zvjezdicom).



**Slika 14.** Mineralni sastav uzorka **LOJ1**.



**Slika 15.** Mineralni sastav uzorka **LOJ2**.



**Slika 16.** Mineralni sastav uzorka **LOJ3**.

#### 4. RASPRAVA

Analizom veličine zrna utvrđeno je da je ispitani sediment u sa tri uzorka slabo šljunkoviti pijesak. Šljunkovitu frakciju čini uglavnom skeletni materijal s veličinama zrna  $> 2$  mm. U našim uzorcima pijesak je najzastupljenija frakcija (0,063-2 mm). Svi uzorci su umjereno sortirani što upućuje na to da je originalni sediment bio izložen radu valova. Sličan sediment po svojim granulometrijskim karakteristikama pronađen je također i na plaži Sakarun na Dugom otoku (Godec, 2021).

Određivanjem udjela karbonatne frakcije je ustanovljeno da se radi o gotovo čistom karbonatnom materijalu. Ovakav sastav ukazuje na to da bi se moglo raditi o sedimentu porijeklom iz mora, s obzirom na to da karbonatni sedimenti u pravilu potječu iz marinskih okoliša. Iako je obala Dugog otoka karbonatnog sastava (kredni vapnenci i dolomiti), poznato je da su ovakve stijene sklonije otapanju, a ne mehaničkom usitnjavanju. Između ostalog, stvaranje biogenog karbonata u hrvatskom dijelu Jadranskog mora posljedica je niskog unosa terigenog sedimenta (Pikelj & Juračić, 2014). Originalni biogeni karbonatni sediment može imati različite veličine zrna u frakcijama pijeska i šljunka. Radom valova čestice se zaobljavaju, usitnjavaju, sortiraju i troše. Brojni okolišni faktori (npr. temperatura, dubina vode, salinitet, rad valova), kontroliraju raspodjelu i razvoj organizama u različitim karbonatnim okolišima. No najpovoljniji okoliš nastanka su fotičke zone plitkih mora gdje žive organizmi s karbonatnim skeletom. Upravo takav okoliš je uvala Lojišće. Pomoću batimetrijske karte (slika 2) ustanovljeno je da je podmorski reljef uvale tvori svojevrsni plato s kojeg vire oba otoka Garmenjaka. Dubina platoa je puno manja od ostatka južne obale Dugog otoka (uz još neke izuzetke, kao što je uvala Sakarun na sjeverozapadnom dijelu otoka). Tako formirano plitko područje bez donosa materijala s kopna idealan je okoliš za razvoj livada morskih trava (*Posidonia oceanica*), a po čijim je livadama podmorje otoka poznato (Godec, 2021; Kružić, 2007). Poznato je da su livade posidonije tvornice i mjesta nakupljanja karbonatnog (i drugog) sedimenta. S obzirom na izloženost platoa valovima juga, može se pretpostaviti da oni efikasno nanose stvoreni morski sediment u uvalu Lojišće i na njoj istoimenu plažu. Obzirom da u prostoru PP Telašćice postoje i druge uvale od kojih u nijednom nije razvijena plaža, pretpostavlja se da osim platoa ispred uvale Lojišće vjerojatnu ulogu na stvaranje platoa mora imati i sam oblik uvale i njena moguća strukturna i geomorfološka predispozicija, što je potrebno dalje istražiti.

Mikroskopiranjem je ustanovljeno da su u uzorcima prisutni gotovo u potpunosti skeletni ostaci morskih organizama te organska tvar (ostaci posidonije). Neskeletnih čestica nije bilo, osim rijetkih vrpce mikroplastike primijećenih rijekom pregledavanja frakcija uzoraka.

Analiza mineralnog sastava potvrdila je isključivu prisutnost karbonata i to kalcita, magnezijeva kalcita i aragonita. Izlučivanje ovih minerala odvija se u području hrvatskog Jadrana posredovanjem životnih procesa mikroorganizama (Pikelj, 2010), stoga uz rezultate drugih analiza potvrđuju da se na plaži Lojišće radi o biogenom sedimentu morskog porijekla.

## **5. ZAKLJUČAK**

Analizom rezultata svih provedenih sedimentoloških analiza ustanovljeno je da je plaža Lojišće prekrivena biogenim sedimentom i to pijeskom s vrlo malim udjelom šljunkovite frakcije. Sve frakcije sedimenta rezultat su nakupljanja i usitnjavanja morskog biogenog karbonata, odnosno plažni sediment je porijeklom iz mora. Konačna potvrda biogenog porijekla bile su slike mikroskopiranja u kojima su uočeni skeletni ostaci morskih organizama. U prilog da je sediment uistinu morskog porijekla ide i činjenica da je u uzorcima prisutan iznimno visoki udio karbonatnih minerala, karakterističan za marinske okoliše. Pretpostavlja se da geomorfologija podmorja ispred plaže pogoduje nakupljanju morskog sedimenta, a da ga valovi juga efikasno transportiraju, akumuliraju i dalje prerađuju na plaži.



## 6. LITERATURA

- Blott, S. J. & Pye, K. (2001): GRADISTAT: a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments, *Earth Surface Processes and Landforms* 26, 1237-1248.
- Džaja, K. (2003): Geomorfološke značajke Dugog otoka. *Geoadria*, 8(2), 5-44.
- Fiket, Ž., Mlakar, M., & Kniewald, G. (2018): Distribution of rare earth elements in sediments of the marine lake Mir (Dugi Otok, Croatia). *Geosciences*, 8(8), 301.
- Folk, R. L. & Ward, W.C. (1957): Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology* 27, 3-26.
- Fuček, L., Gušić, I., Jelaska, V., Korolija, B., & Oštrić, N. (1990): Stratigrafija gornjokrednih naslaga jugoistočnog dijela Dugog otoka i njihova korelacija s istovremenim naslagama otoka Brača. *Geol. vjesnik*, 43, 23-33.
- Godec, P. (2021): Sedimentološke i geomorfološke posljedice uklanjanja naslaga morske cvjetnice *Posidonia oceanica* na primjeru plaže Sakarun. Doktorska dizertacija, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Geološki odsjek, Zagreb.
- Kružić, P. (2007): Anthozoan fauna of Telašćica nature park (Adriatic sea, Croatia). *Natura Croatica: Periodicum Musei Historiae Naturalis Croatici*, 16(4), 233-266.
- Mamužić, P., & Nedela-Devide, D. (1968): Osnovna geološka karta SFRJ 1: 100.000, List Biograd K33-7.
- Mamužić, P., & Nedela-Devide, D. (1973): Tumač za list Biograd K 33-7. *OGK, Zagreb*.
- Pikelj, K. (2010): Sastav i porijeklo površinskih sedimenata dna istočne strane Jadranskog mora. Doktorska dizertacija, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Geološki odsjek, Zagreb.
- Pikelj, K., Jakšić, L., Aščić, Š., & Juračić, M. (2016): Characterization of the fine-grained fraction in the surface sediment of the eastern Adriatic channel areas. *Acta Adriatica: International Journal of Marine Sciences*, 57(2), 195-207.
- Pikelj, K., & Juračić, M. (2013): Eastern Adriatic Coast (EAC): geomorphology and coastal vulnerability of a karstic coast. *Journal of coastal research*, 29(4), 944-957.
- Pikelj, K., & Juračić, M. (2014): Coastal typology and related seabed sediments along the Eastern Adriatic Coast (Croatia)
- Şenlikci, A., Doğu, M., Eren, E., Çetinkaya, E., & Karadağ, S. (2015): Pressure calcimeter as a simple method for measuring the CaCO<sub>3</sub> content of soil and comparison with Scheibler calcimeter. *Toprak Su Dergisi*.

## INTERNETSKI IZVORI

1. URL1 <https://emodnet.ec.europa.eu/en/bathymetry> (pristupljeno 10.8.2022.)
2. URL2 <https://education.nationalgeographic.org/resource/bathymetry> (pristupljeno 10.8.2022.)
3. URL3 <https://pp-telascica.hr/> (pristupljeno 12.8.2022.)
4. URL4 <https://www.navionics.com/fin/> (pristupljeno 10.6.2022.)

## 7. ŽIVOTOPIS

Ana Tišljar rođena je 2000. godine u Zagrebu te je ondje završila osnovnu školu i stekla glazbeno obrazovanje pohađajući Osnovnu glazbenu školu Ivana Zajca gdje je svirala klavir. Pohađala je opću, XI. Gimnaziju u Zagrebu te se paralelno bavila volontiranjem u Hrvatskom Crvenom križu. Nakon državne mature 2018. godine upisala je preddiplomski sveučilišni studij Znanosti o okolišu na Prirodoslovno – matematičkom fakultetu. U sklopu fakulteta bila je dio Udruge studenata biologije. Stručnu praksu obavila je u Zoološkom vrtu grada Zagreba pod mentorstvom Ane Milković Opašić, mag. oecol. et prot. nat.

2022. godine primljena je na diplomski studij Sveučilišta u Kopenhagenu, smjer Klimatske promjene.