

# Karakteristike sedimenta odabranih zaljeva i ušća jadranskih rijeka Hrvatske

---

Šimić, Elena

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

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:217:964836>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-28**



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematički fakultet  
Geološki odsjek

Elena Šimić

**KARAKTERISTIKE SEDIMENTA ODABRANIH  
ZALJEVA I UŠĆA JADRANSKIH RIJEKA  
HRVATSKE**

Seminar III

Preddiplomski studij geologije

Mentor:

izv. prof. dr. sc. Kristina Pikelj

Zagreb, 2023.

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu

Prirodoslovno-matematički fakultet

Geološki odsjek

### Seminar III

#### Karakteristike sedimenta odabranih zaljeva i ušća jadranskih rijeka Hrvatske

Elena Šimić

**Rad je izrađen:** Prirodoslovno-matematički fakultet, Geološko-paleontološki zavod, Horvatovac 102a; Mineraloško-petrografski zavod, Horvatovac 95, Zagreb

**Sažetak:** Poznavanje karakteristika sedimenta mora važno je radi općeg razumijevanja taložnog prostora, ali i radi poznavanja i predviđanja bioloških karakteristika morskog dna, te raspoređivanja zagađivala. Uz hrvatsku obalu odabrane su četiri lokacije s kojih je grabilom prikupljen morski sediment. Njemu su određivanjem veličine zrna, udjela karbonata te mikroskopskim pregledom definirane osnovne sedimentološke karakteristike. Svi uzorci sedimenta klasificirani su kao muljevi, s različitim udjelima pijeska i šljunka. Ove dvije frakcije čine uglavnom biogeni ostaci. Udio karbonata kreće se oko 30-60%, što ukazuje na prisustvo siliciklastične komponente u muljevitoj frakciji, a u njoj se vjerojatno nalazi i dio usitnjenih karbonatnih čestica. Svi analizirani uzorci su u skladu s taložnim okolišima uzimajući u obzir dubinu mora, zaštićenost od valova i donos terigenog materijala.

**Ključne riječi:** Jadransko more, karbonatni sedimenti, mulj

**Rad sadrži:** 26+ IV stranica, 16 slika, 3 tablice i 24 literaturna navoda

**Jezik izvornika:** hrvatski

**Rad je pohranjen u:** Srednja geološka knjižnica, Geološki odsjek, PMF

**Mentor:** izv.prof. dr. sc. Kristina Pikelj

**Ocjenivači:** izv.prof. dr.sc. Kristina Pikelj, doc. dr.sc. Igor Felja, doc.dr.sc. Frane Marković

**Datum završnog ispita:** 22.09.2023.

## **BASIC DOCUMENTATION CARD**

University of Zagreb

Faculty of Science

Department of geology

### **Seminar III**

#### **Sediment characteristics of selected bays and river mouths of Croatian Adriatic**

**Elena Šimić**

**Thesis completed in:** Faculty of Science, Division of Geology and Paleontology, Horvatovac 102a; Division of Mineralogy and Petrology, Horvatovac 95, Zagreb

**Abstract:** Knowledge of the characteristics of sea sediment is important for the general understanding of the depositional space, but also for the knowledge and prediction of the biological characteristics of the seabed, as well as the distribution of pollutants. Along the Croatian coast, four locations were selected from which marine sediment was collected with a grab. The basic sedimentological characteristics were defined by determining grain size, carbonate content and microscopic examination. All sediment samples were classified as silts, with varying proportions of sand and gravel. These two fractions consist mainly of biogenic remains. The proportion of carbonate ranges around 30-60%, which indicates the presence of siliciclastic components in the muddy fraction, and it probably also contains a part of crushed carbonate particles. All analyzed samples are consistent with depositional environments, taking into account the depth of the sea, protection from waves and the delivery of terrigenous material.

**Keywords:** Adriatic Sea, carbonate sediment, mud

**Seminar contains:** 26+ IV, 16 figures, 3 tables and 24 references

**Original in:** Croatian

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

**Supervisor:** Kristina Pikelj, Phd, Assoc. Prof.

**Reviewers:** Kristina Pikelj, Phd, Assoc. Prof., Igor Felja, Phd, Assist. Prof., Frane Marković, Phd, Assist. Prof.

**Date of the final exam:** 22.09.2023.

## Sadržaj

1. Uvod.....	1
2. Geološka situacija .....	2
3. Pregled dosadašnjih istraživanja sedimenta istočne jadranske obale.....	4
4. Materijali i metode.....	5
4.1. Uzorkovanje.....	5
4.2. Laboratorijska mjerenja .....	8
4.2.1. Analiza veličine zrna mokrim sijanjem.....	8
4.2.2. Određivanje udjela karbonatne komponente.....	9
4.2.3. Mikroskopska analiza sedimenta .....	10
5. Rezultati .....	11
5.1. Rezultati analize veličine zrna .....	11
5.2. Rezultati određivanja udjela karbonata.....	16
5.3. Rezultati mikroskopske analize sedimenta .....	17
5.3.1. Uzorak iz centra Riječkog zaljeva (BB029).....	17
5.3.2. Uzorak iz jezera Prokljan (P13B) .....	18
5.3.3. Uzorak iz Limskog zaljeva (049).....	19
5.3.4. Uzorak iz Kvarnera u užem smislu (042) .....	20
6. Rasprava.....	21
7. Zaključak.....	23
8. Literatura.....	24

## 1. Uvod

Istočna je obala Jadranskog mora specifičan tip obale s mnoštvom zaljeva, uvala, otoka i poluotoka. Jedan od bitnih razloga razvedenosti jeste činjenica da je ovaj prostor područje djelomično potopljenog krškog terena, koje je za vrijeme zadnjeg glacijala bilo kopno (PIKELJ i JURACIĆ, 2013). Zbog krškog terena, riječna je mreža na istočnoj obali znatno manje razvijena u odnosu na zapadnu, pa je i donos terigenog materijala na istočnoj obali Jadranskog mora značajno manji. U takvim uvjetima postoji mogućnost za taloženje biogenog karbonatnog materijala (PIKELJ, 2010). Zbog različitih dubina mora i postojanja rijeka koje donose različite količine terigenog materijala, različiti faktori utječu na sedimentaciju na prostoru Jadranskog mora. Na sedimentaciju u ušćima posebice imaju značajan utjecaj rijeke te njihovi nanosi sedimenta, a sedimentacija u zaljevima ovisi o specifičnoj cirkulaciji mora te promjenama morske razine. Prema BENAC i sur. (2017) većina sedimenta do ušća dolazi u obliku suspenzije te na sedimentaciju u ušćima utječe i promjena globalne morske razine tijekom geološke prošlosti. Dolazi do promjene prostornog rasporeda i intenziteta akumulacije i erozije, a spomenuti čimbenici utječu na količinu i sastav sedimenta u ušćima. Na mjestima koja su zatvorena i izoliranija od djelovanja valova i morskih struja mogu se nakupljati veće količine sitnozrnastog materijala. Slično vrijedi i za veće dubine (PIKELJ, 2010; FIKET i sur., 2017; PIKELJ i sur, 2016).

Razumijevanje i poznavanje sedimentnog pokrivača na nekom prostoru, osim u geološke svrhe, pomaže razumjeti i predvidjeti i druge procese kao što su primjerice raspored i promjena rasporeda organizama na morskome dnu, ponašanje zagađivala u pojedinoj vrsti sedimenta ovisno o njegovom sastavu, te dugoročno za proučavanje nastanka stijena.

Cilj je ovog istraživanja odrediti karakteristike sedimenta odabranih zaljeva i ušća jadranskih rijeka, od kojih su u Hrvatskoj za svrhe ovoga rada odabrani Riječki zaljev, Prokljansko jezero na rijeci Krki, područje između Cresa i Istarskog poluotoka (Kvarner u užem smislu) i Limski zaljev.

Glavne metode istraživanja su analiza veličine zrna kojom se željela odrediti vrsta sedimenta na odabranim zaljevima i ušćima jadranskih rijeka te određivanje udjela karbonatne komponente u uzorkovanome sedimentu.

## 2. Geološka situacija

Istočna jadranska obala okarakterizirana je jako dobrom razvedenošću te se ovakav tip obale može pronaći i na drugim lokalitetima u svijetu, a naziva se dalmatinskim tipom obale (KELLETTAT, 2005). Razlog ovako dobre razvedenosti obale leži u činjenici da je tijekom pleistocena i holocena došlo do porasta morske razine i potapanje prethodno okršenog kopna. Istočna jadranska obala prepoznatljiva je po svojim krškim oblicima te većinu sedimenta ovog područja čini materijal s karbonatnim udjelom (PIKELJ, 2010; PIKELJ i JURACIĆ, 2013).

Tijekom dalje geološke prošlosti, na jadranskoj se karbonatnoj platformi tijekom mezozoika i dijela paleogena odvijala plitkomorska sedimentacija značajnih količina biogenog materijala, pa dolazi do nastanka vapnenaca i dolomita koji su prekriveni paleogenskim karbonatima. Na prijelazu iz krede u rani paleogen, pojačana kompresijska tektonika uzrokovala je prestanak sedimentacije u plitkim bazenima te izdizanjem Dinarida, a tijekom eocena dolazi do produblivanja prvotno plitkih bazena u kojima se odvijalo taloženje karbonatne i siliciklastične komponente u obliku turbiditnih struja. Danas se takve naslage mogu pronaći na manjim dijelovima obale kao fliš (PIKELJ i JURACIĆ, 2014; PIKELJ i sur., 2016). Fliš koji je pod utjecajem mora, troši se radom morskih valova (PIKELJ, 2010), te se kao i druge klastične stijene troše mehanički periodičnom denudacijom jakim kišama i padinskim procesima (PIKELJ i sur., 2016; BANAK i sur., 2021), morskom abrazijom (PIKELJ i sur., 2014) ili površinskim otjecanjem (BENAC i sur., 2013). Na ponekim se otocima i dijelovima obale mogu pronaći lesne naslage kvartarne starosti (DURN i sur., 1990).

Svaki od lokaliteta uzorkovanja ima svoje specifičnosti što se tiče litologije stijena kopna i terigenog donosa. Limski zaljev okružen je vapnencima gornje jure i krede (POLŠAK i ŠIKIĆ, 1963). Zaljev je potopljena dolina paleorijeke koja danas u svom suhom dijelu doline sadrži tlo, pretežito crvenicu (POLŠAK i ŠIKIĆ, 1963). Unos terigenog materijala moguć je tijekom puhanja bure (MEISCHNER, 1973; FÜTTERER i PAUL, 1969) ili spiranjem direktno s bokova usječene doline.

Područje Kvarnera u užem smislu okruženo je sa creske strane krednim karbonatima. Iste stijene prevladavaju i sa zapadne, istarske strane, s tim da na obali Istre u manjoj mjeri izdanjuju i paleogeni (foraminiferski) vapnenci kao i eocenski fliš (ŠIKIĆ i sur., 1967a).

Unos materijala s kopna iz Plominskog zaljeva ne smatra se značajnim i pretpostavlja se da većina materijala ostaje istaložena u samom zaljevu.

Područje Riječkog zaljeva okruženo je s kopnene i s otočne strane pretežito krednim vapnencima. U manjoj mjeri izdanjuju paleogenske naslage foraminiferskih vapnenaca i fliša (ŠIKIĆ i sur., 1967a; ŠIKIĆ i sur., 1967b; ŠUŠNJAR i sur, 1969). Rijeka Rječina koja se ulijeva u zaljev nema značajan donos materijala i on je uglavnom lokaliziran na samom ušću, barem što se tiče krupnozrnaste komponente (JURAČIĆ i sur, 1999; BENAC i sur, 2017).

Utjecaj rijeke Krke u protočnom Prokljanskom jezeru u smislu unosa terigenog sedimenta se ne smatra velikim, jer većina materijala ostaje zarobljena iza sedrenih barijera uzvodno. Veći utjecaj na taloženje u jezeru ima rijeka Guduča, koja uzvodno drenira područje prekriveno flišem. Taj donos materijala nije fizički ničim spriječen (PROHIĆ i JURAČIĆ, 1989). Većina jezera okružena je krednim vapnencima i u vrlo malom dijelu obale paleogenkim vapnencima (MAGAŠ, 1965; MAMUŽIĆ, 1965).



### 3. Pregled dosadašnjih istraživanja sedimenta istočne jadranske obale

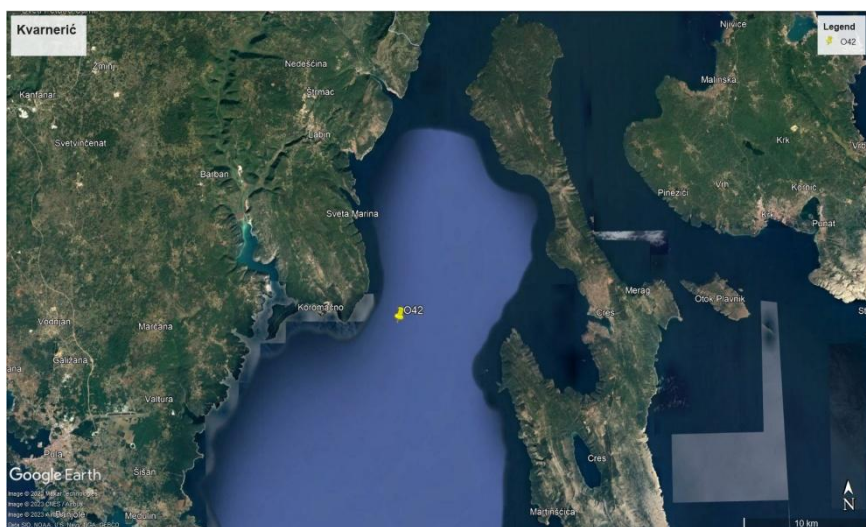
Budući da na istočnoj obali Jadrana prevladavaju krški oblici, riječna je mreža u obalnom području slabo razvijena, stoga je riječni terigeni donos nizak, a *in situ* proizvodnja biogenog karbonatnog materijala visoka. Siliciklastična komponenta koja je pronađena u muljnoj frakciji sedimenta uglavnom potječe iz fliša, te u manjoj mjeri vrlo lokalno iz pleistocenskih klastita koji izdanjuju uz samu obalu (PIKELJ i JURAČIĆ, 2014; BANAK i sur., 2021). Prema PIKELJ (2010) dno istočno-jadranskog šelfa prekriveno je uglavnom krupnozrnatim i srednjezrnatim miješanim karbonatno-siliciklastičnim sedimentom kojeg u najvećoj mjeri sačinjavaju pijesci koji su najzastupljeniji na području između otoka i na području otvorenog mora jugozapadno od kvarnerskih i dalmatinskih otoka. Udio karbonatne komponente u njima je nešto više od 60%.

Na području Kvarnera prevladavaju muljevi koji su recentnog terigenog postanka, a njihov postanak je vezan za direktno trošenje stijena, a osim toga i za donos materijala s kopna vruljama ili stalnim i povremenim tokovima (JURAČIĆ i sur., 1999). Sedimenti s većim udjelom frakcije mulja sadrže u pravilu manji udio karbonata, što dovodi do zaključka da tu frakciju najviše sačinjava siliciklastična komponenta (PIKELJ, 2010). Ona se sastoji od kvarca, muskovita, plagioklasa, amfibola, piroksena, klorita i minerala glina. Osim siliciklastične komponente, prema novijim istraživanjima JAKŠIĆ (2012) u kanalskome području u muljevitoj frakciji značajnu ulogu imaju karbonati, a prosječna vrijednost udjela karbonata na tom području iznosi 47%. Na području otvorenog mora, prema BRUNOVIĆ (2013), karbonatni udio mulja iznosi 38%.

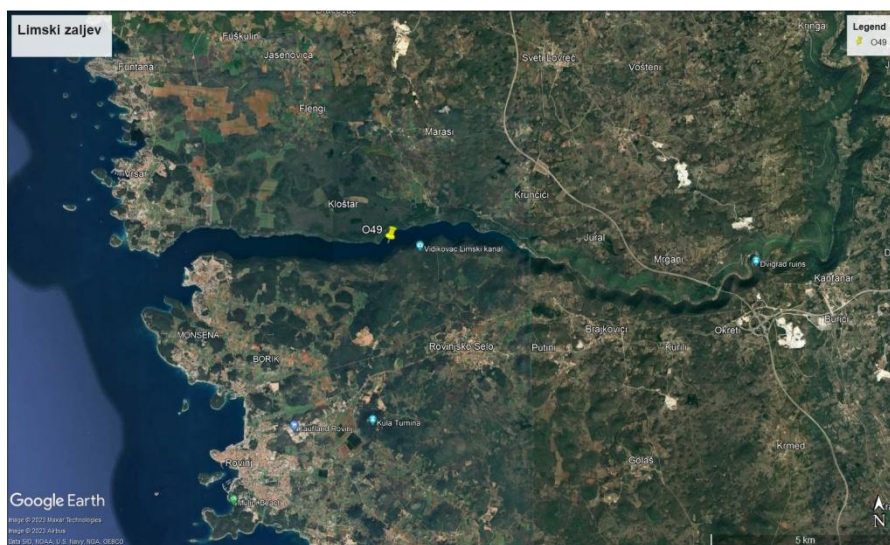
## 4. Materijali i metode

### 4.1. Uzorkovanje

Uzorci 042, 049, BB039 i P13B uzeti su grabilom sa četiri lokacije direktnim uzorkovanjem s broda. Uzorak 042 uzet je s područja između Istarskog poluotoka i otoka Cresa, točnije s Kvarnera u užem smislu (Slika 1), 049 s područja Limskog zaljeva (Slika 2), BB039 iz sredine Riječkog zaljeva (Slika 3) te P13b iz sredine jezera Prokljan (Slika 4). Koordinate i dubine uzorkovanja prikazane su u tablici 1.



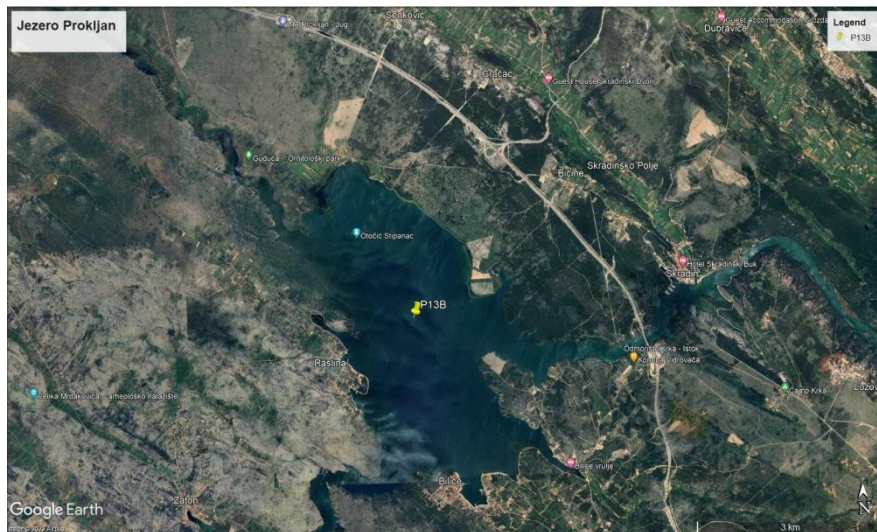
Slika 1: Satelitska snimka područja uzorkovanja uzorka 042 (Izvor: Google Earth).



Slika 2: Satelitska snimka područja uzorkovanja uzorka 049 (Izvor: Google Earth).



Slika 3: Satelitska snimka područja uzorkovanja uzorka BB039 (Izvor: Google Earth).



Slika 4: Satelitska snimka područja uzorkovanja uzorka P13B (Izvor: Google Earth).

Tablica 1: Koordinate i dubine uzorkovanja analiziranih uzoraka.

<b>Uzorak</b>	<b>042- Kvarner</b>	<b>049- Linski zaljev</b>	<b>BB039- Riječki zaljev</b>	<b>P13b- Prokljansko jezero</b>
<b>Dubina (m)</b>	51,1	26,9	64,2	17,9
<b>Sjeverna geografska širina</b>	44°57'	45°7'	45°14'	43°48'
<b>Istočna geografska dužina</b>	14°11'	13°41'	14°25'	15°52'

## 4.2. Laboratorijska mjerenja

### 4.2.1. Analiza veličine zrna mokrim sijanjem

Analiza veličine zrna četiriju uzoraka određena metodom mokrog sijanja u laboratoriju Geološko-paleontološkog zavoda Geološkog odsjeka Prirodoslovno- matematičkoga fakulteta u Zagrebu. Metoda je mokrog sijanja pogodna za sve čestice čiji je promjer zrna veći od 0,063 mm. Za čestice mulja je korišten laserski granulometar, te su za ovaj završni rad korišteni ustupljeni podaci tih mjerenja. Prije samog sijanja, izvagano je 70 g suhog uzorka te je potom razmućen u destiliranoj vodi. Takav razmućeni uzorak prosijan je kroz 7 Retsch® ASTM laboratorijskih sita uz pomoć tresilice Fritsch Analysette® (Slika 5). Korištena su sita čije su granice od sitnog šljunka do vrlo sitnog pijeska, odnosno s promjerima otvora 4 mm, 2 mm, 1 mm, 0,5 mm, 0,25 mm, 0,125mm i 0,063 mm. Za točnije i preciznije rezultate, tijekom sijanja je potrebno često i temeljito ispiranje uzorka destiliranom vodom. Svaka se frakcija zaostala na situ ispiranjem destiliranom vodom premješta u staklene posudice za kristalizaciju. Višak se vode izdvaja postupkom dekantiranja iz staklenih posudica, a sediment se stavlja na sušenje. Postupak se ponavlja za svaku frakciju zaostalu na sitima. Nakon sušenja svaka frakcija se važe kako bi se izračunao maseni udio svake frakcije u uzorku, a izvagani i osušeni uzorci svake frakcije spremaju se u papirnate vrećice te se kasnije pregledaju pod mikroskopom.

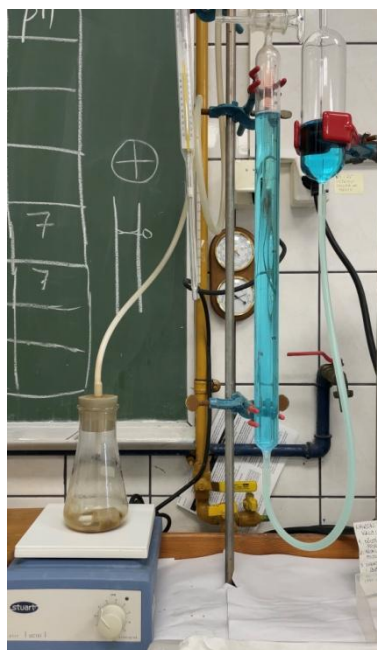


Slika 5: Tresilica i dio seta sita za mokro sijanje.



#### 4.2.2. Određivanje udjela karbonatne komponente

Pomoću Scheiblerove aparature u laboratoriju Mineraloško-petrografskog zavoda Geološkog odsjeka Prirodoslovno- matematičkog fakulteta u Zagrebu, određen je udio karbonatne komponente za svaki uzorak. Ova metoda funkcionira na principu određivanja volumnog udjela ugljikovog dioksida ( $\text{CO}_2$ ) koji nastaje prilikom otapanja karbonata u klorovodičnoj kiselini ( $\text{HCl}$ ) (Slika 6).



Slika 6: Scheiblerova aparatura za kalcimetriju.

Uzorci cjelovitih uzoraka zdrobljeni su u prah te su potom izvagana po dva poduzorka od 300 mg. Prije određivanja udjela karbonatne komponente u uzorcima, učinjeno je mjerenje standarda, odnosno čistog  $\text{CaCO}_3$ . Odvagano je oko 300 mg standarda na analitičkoj vagi te je odvagani standard premješten iz prvotne plastične posudice u Erlenmeyerovu tikvicu uz minimalnu količinu destilirane vode koja je bila potrebna za ispiranje posudice od uzorka. U Erlenmeyerovu tikvicu, osim uzorka, dodano je i 5 ml 37%-tne  $\text{HCl}$  koja je razrijeđena s destiliranom vodom u omjeru 1:1 te magnetič. Tikvica se čvrsto zatvara gumenim čepom te uz pomoć magnetne mješalice, u vremenskom trajanju od 5 min, standard reagira s klorovodičnom kiselinom. Tijekom reakcije razvija se plin  $\text{CO}_2$ , a njegov se volumen mjeri i očitava u ml.

Maseni se udio karbonata računa prema zadanoj formuli:

$$w(\text{CaCO}_3) = \frac{V(\text{CO}_2) \cdot F_{T,P} \cdot 2,274 \cdot 100\%}{m(\text{uzorka})}$$

Vrijednos  $F_{T,P}$  očitava se iz tablice (ÖNORM, 1989). Ovisi o tlaku i temperaturi prostorije u kojoj se radi analiza. Za svaki je uzorak mjerenje napravljeno dva puta te odstupanja rezultata dvaju mjerenja nisu prelazila 3%. Isti postupak se ponavlja za sve uzorke kao i sa standardom, a za konačan rezultat, uzeta je aritmetička sredina dobivenih vrijednosti.

#### **4.2.3. Mikroskopska analiza sedimenta**

Pod svjetlosnim mikroskopom u reflektiranom svjetlu s povećanjem od 2,5x pregledane su sve frakcije sedimenta raspona vrlo sitnog pijeska do sitnog šljunka te su potom fotografirane kako bi se utvrdio okvirni sastav količina skeletnih i neskeletnih čestica (bioklasti i litoklasti). Mikroskopiranje je odrađeno na Mineraloško- petrografskom zavodu Geološkog odsjeka na Prirodoslovno- matematičkom fakultetu.

## 5. Rezultati

### 5.1. Rezultati analize veličine zrna

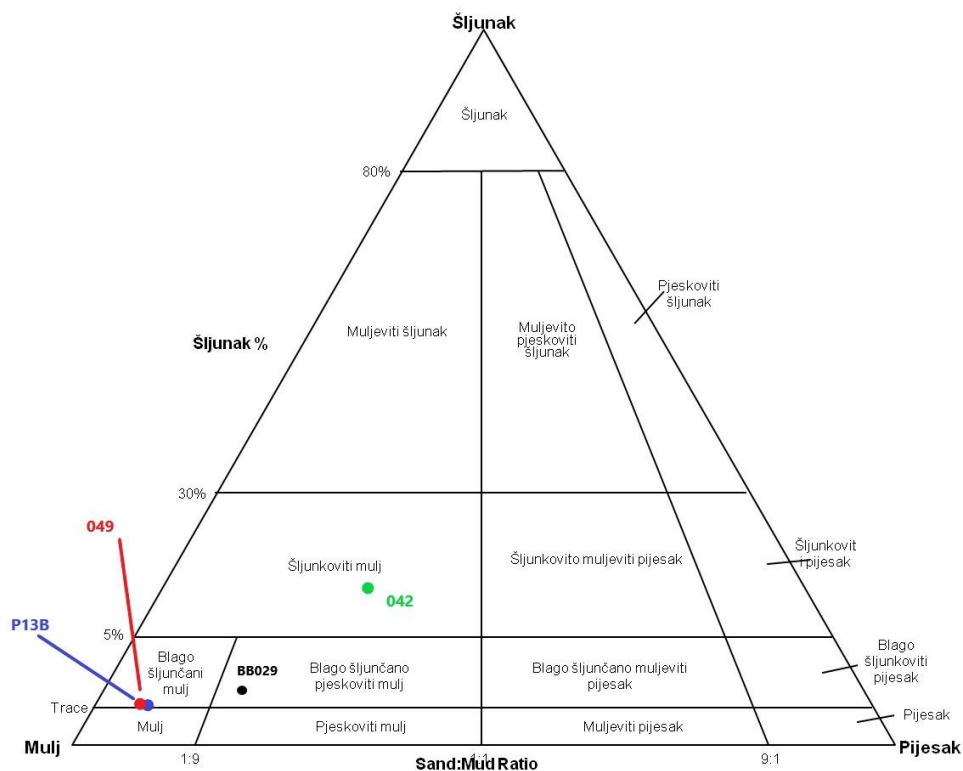
Analizom četiriju uzoraka (042, 049, BB039 i P13B) dobiveni su podaci o vrsti sedimenta, srednjoj i prosječnoj veličini zrna i podaci o sortiranosti sedimenta koji su sažeti u tablici na kraju ovog poglavlja.

Rezultati su dobiveni i obrađeni u statističkom paketu Gradistat (BLOTT i PYE, 2001), te prikazani grafički: histogramima, Folkovim (1954) trokomponentnim dijagramom šljunak-pijesak-mulj i krivuljom učestalosti.

Svi su analizirani uzorci određeni kao mulj. Uzorci P13B i 049 određeni su kao blago šljunkoviti mulj, uzorak 042 kao šljunkoviti mulj, a uzorak BB029 kao blago šljunkovito pjeskoviti mulj (Slika 7).

Udio šljunčane frakcije u uzorku 042 iznosi 14,7%, pjeskovite 22,3%, a muljevite 63,0%. U uzorku 049, udio je šljunčane frakcije 0,6%, pjeskovite 2,3%, a muljevite 97,1%. Vrlo slične brojke se nalaze i u analizi uzorka P13B, gdje je udio šljunčane frakcije 0,8%, pjeskovite 3,3%, a muljevite 95,9%. U uzorku BB029, udio šljunčane frakcije odnosi 2,0%, pjeskovite 11,6%, a muljevite 86,4%.



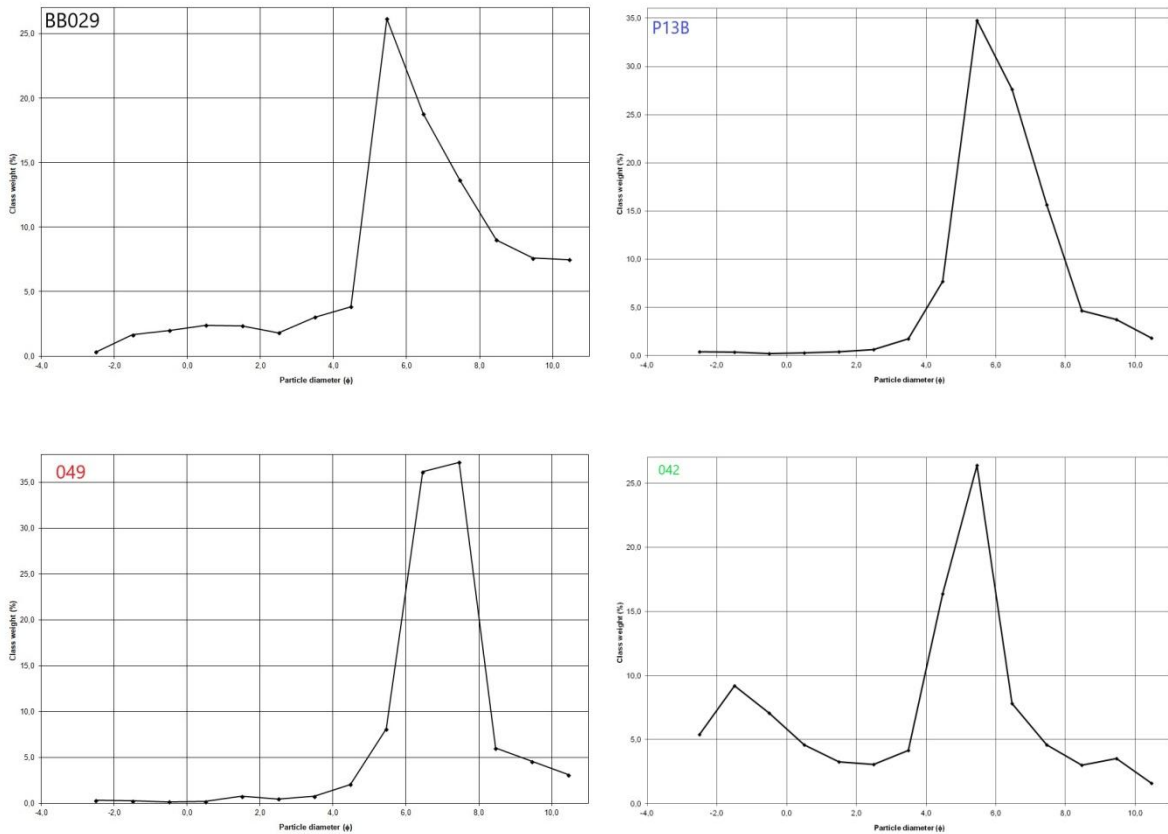


Slika 7: Tipovi sedimenta za uzorke BB029, P13B, 049 i 042.

Srednja veličina zrna ( $D_{50}$ ) za uzorak BB029 iznosi 12,55  $\mu\text{m}$ , za uzorak 042 iznosi 36,18  $\mu\text{m}$ , za uzorak 049 iznosi 7,87  $\mu\text{m}$ , a za uzorak P13B iznosi 14,62  $\mu\text{m}$ . Prosječna veličina zrna uzoraka BB029 (10,27  $\mu\text{m}$ ), P13B (13,02  $\mu\text{m}$ ) i 049 (7,92  $\mu\text{m}$ ) odgovara prahu srednje veličine. Prosječna veličina zrna za uzorak 042 (87,81  $\mu\text{m}$ ) odgovara vrlo sitnom pijesku.

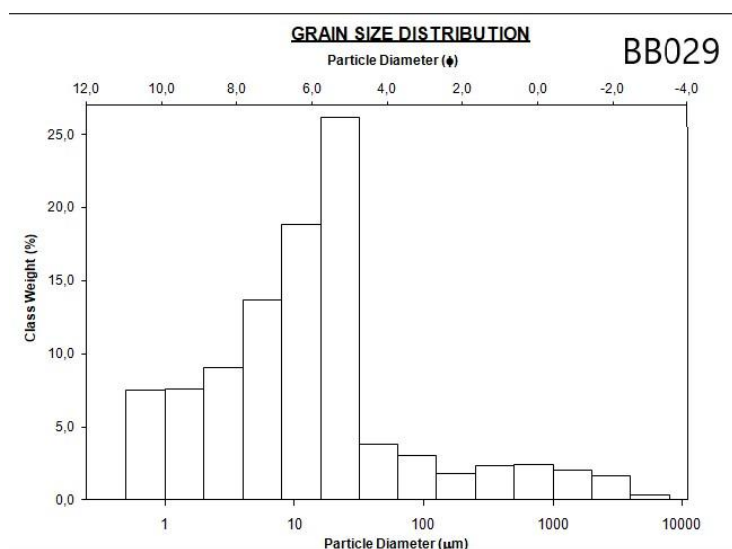
Sortiranost ( $\sigma$ ) je za uzorke BB029 (2,55  $\phi$ ) i 042 (3,52  $\phi$ ) opisana kao vrlo loša sortiranost, a za uzorke 049 (1,16  $\phi$ ) i P13B (1,39  $\phi$ ) kao loša sortiranost.

Sortiranost je grafički prikazana krivuljama učestalosti za svaki pojedini uzorak (Slika 8). Na apscisi se nalazi veličina zrna ( $\phi$ ), a na ordinati udio pojedine frakcije u uzorku (%).

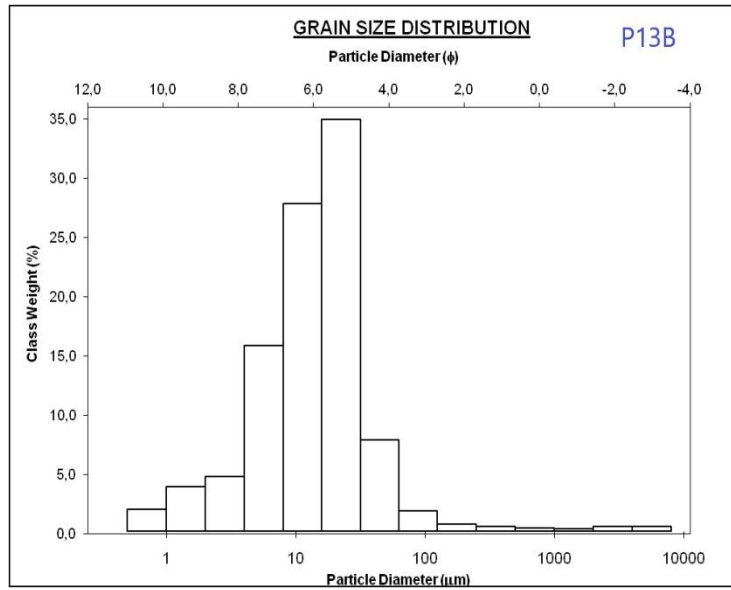


Slika 8: Krivulje učestalosti za uzorke BB029, P13B, 049 i 042.

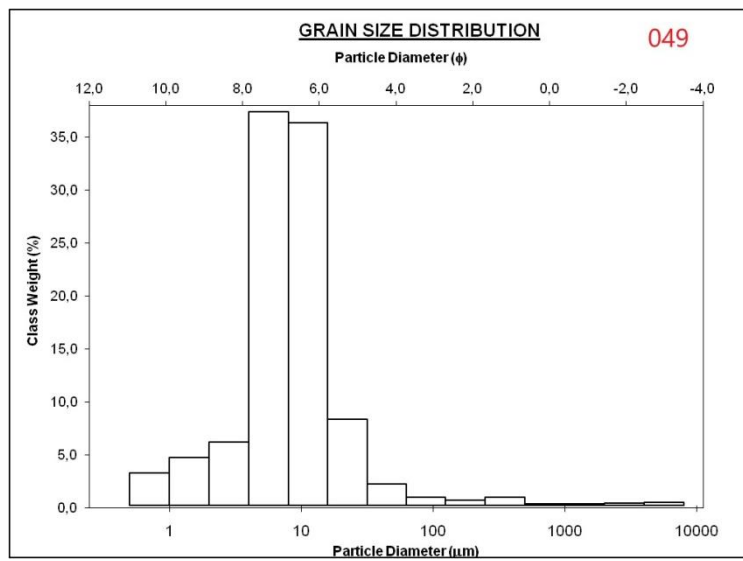
Udio pojedinih frakcija u ispitanim uzorcima prikazan je i histogramima. Na apscisi se nalazi veličina čestica ( $\phi$ ), a na ordinati maseni udio frakcije u uzorku (%) (Slike 9, 10, 11, 12).



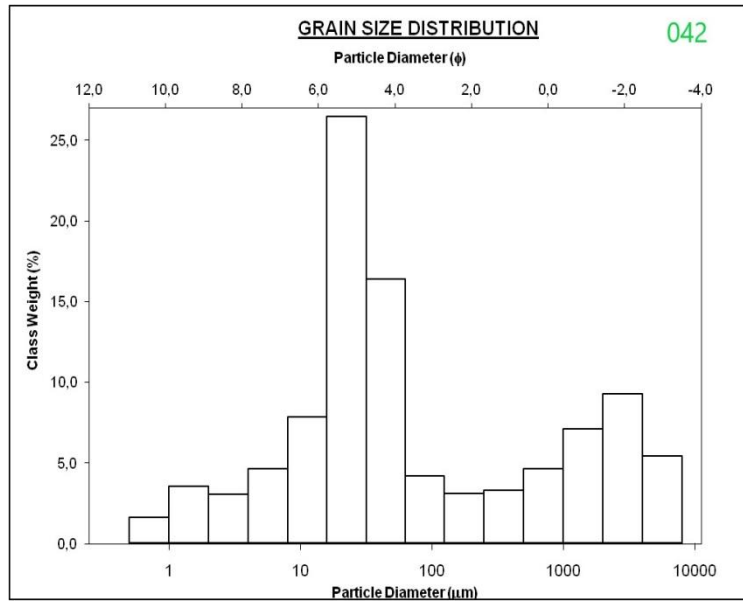
Slika 9: Histogram uzorka BB029.



Slika 10: Histogram za uzorak P13B.



Slika 11: Histogram za uzorak 049.



Slika 12: Histogram za uzorak 042.

Tablica 2.: Granulometrijski parametri i tip sedimenta za analizirane sedimente.

Uzorak	Š (%)	P (%)	M (%)	D <sub>50</sub> (μm)	( $\phi$ )	$\sigma$ ( $\phi$ )	Vrsta sedimenta
<b>BB029</b>	2,0	11,6	86,4	12,55	10,27	2,55	Blago šljunkovito pjeskoviti mulj
<b>P13B</b>	0,8	3,3	95,9	14,62	13,02	1,16	Blago šljunkoviti mulj
<b>049</b>	0,6	2,3	97,1	7,87	7,92	1,39	Blago šljunkoviti mulj
<b>042</b>	14,7	22,4	63,0	36,18	87,81	3,52	Šljunkoviti mulj

## 5.2. Rezultati određivanja udjela karbonata

S obzirom da su uzorci uzeti s različitih geografskih područja i različitih dubina, rezultati određivanja udjela karbonata su također različiti. Maksimalni udio karbonatne frakcije nađen je u sedimentu jezera Prokljan i iznosi 58,39 %, a minimalni na području Limskog zaljeva, 32,12%. Sve su vrijednosti prikazane u tablici 3.

Tablica 3. Udio karbonatne komponente u analiziranim uzorcima.

<b>UZORAK</b>	<b>BB029</b>	<b>P13B</b>	<b>049</b>	<b>042</b>
<b>CaCO<sub>3</sub> (%)</b>	42,26	58,39	32,12	56,49

### 5.3. Rezultati mikroskopske analize sedimenta

#### 5.3.1. Uzorak iz centra Riječkog zaljeva (BB029)

U najkrupnijim frakcijama, od 4 mm do 1 mm, opaženi su brojni fragmenti ljušturica školjkaša i ljušturica puževa. U frakcijama pijeska, točnije, od 1 mm do 0,063 mm, mogu se prepoznati mahovnjaci, ljušturice puževa, fragmenti ljušturica školjkaša i velik broj bentičkih foraminifera (Slika 13). Nema značajnih količina terigenih čestica.



Slika 13: Mikroskopski prikaz frakcija uzorka BB029.

### 5.3.2. Uzorak iz jezera Prokljan (P13B)

Među najkrupnijim zrnima frakcija od 4 do 1 mm posebno se izdvajaju ljuštore školjkaša i puževa. Osim toga u frakciji od 2 do 1 mm pronalaze se ostaci ježinaca i mahovnjaka. U frakcijama od 1 mm do 0,063 mm pronalaze se fragmenti ljuštura školjkaša, ljušturice puževa, planktonske i bentičke foraminifere od kojih se izdvajaju miliolide, globigerine i globorotalie (Slika 14). Terigene čestice nisu primjećene u značajnoj količini.

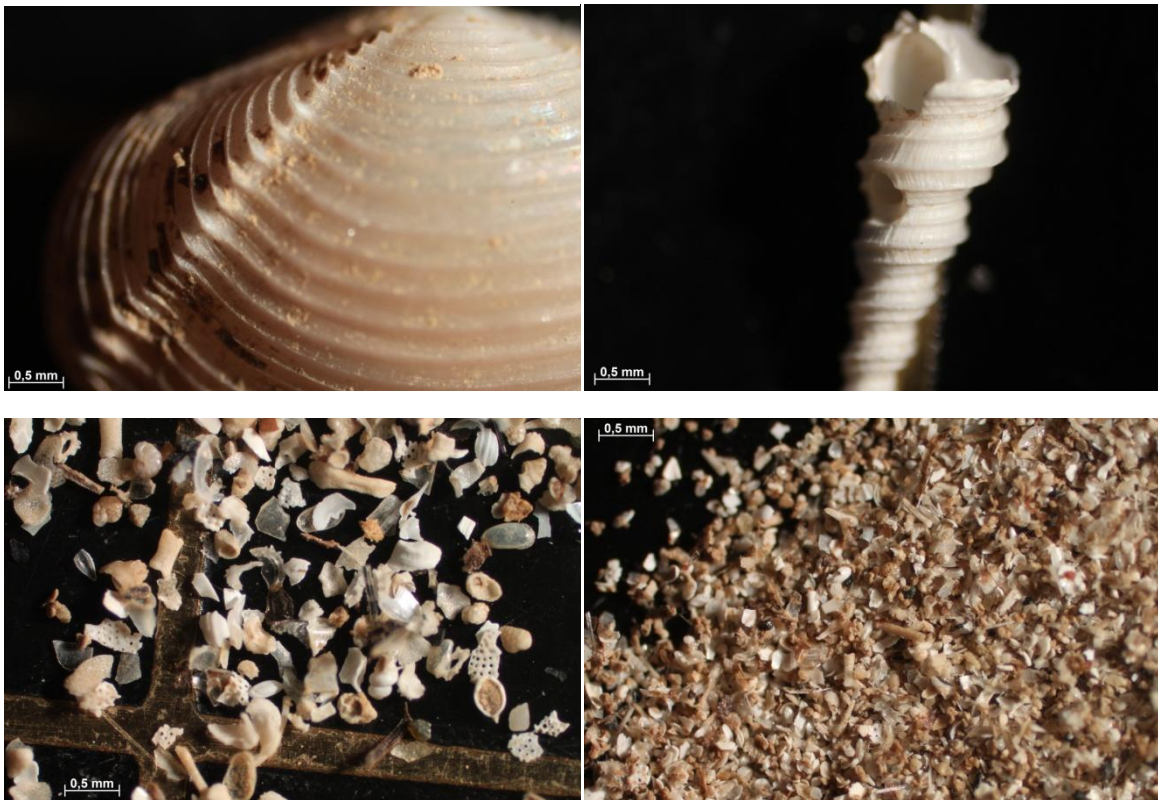


Slika 14: Mikroskopski prikaz frakcija uzorka P13B.



### 5.3.3. Uzorak iz Linskog zaljeva (049)

U ovom uzorku u najkrupnije čestice, odnosno u frakcije od 4 do 1 mm, ubrajaju se ljuštore školjkaša i puževa. U frakcijama pijeska, od 1 do 0,063 mm, mogu se prepoznati fragmenti ljušturica školjkaša i puževa, prisutne su i spikule spužvi te se vrlo dobro uočavaju bentičke foraminifere od kojih se izdvajaju miliolide i globorotalie (Slika 15). Nisu primjećene terigene čestice.



Slika 15: Mikroskopski prikaz frakcija uzorka 049.



#### 5.3.4. Uzorak iz Kvarnera u užem smislu (042)

Među najkrupnijim zrnima frakcija od 4 do 1 mm izdvajaju se fragmenti ljuštura školjkaša, puževa, rodolita crvenih alga, koralja i ježinaca. U frakcijama od 1 do 0,063 mm, uz spomenute fragmente ljuštura, pronalaze se i spikule spužvi, te velik udio bentičkih i planktonskih foraminifera. Prepoznate su foraminifere iz skupina miliolide, rotaline, globigerine, te nisu opažene terigene čestice (Slika 16).



Slika 16: Mikroskopski prikaz frakcija uzorka 042.

## 6. Rasprava

Iz trokomponentnog se dijagrama šljunak-pijesak-mulj (slika) može zaključiti da u uzorcima BB029, P13B, 049 i 042 dominira frakcija mulja. Analizirani su uzorci uzeti s različitim dubina, pa je tako uzorak BB029 uzet s dubine od 64,2 m, uzorak P13B s dubine od 17,3m, uzorak 049 s dubine od 26,9 m, a uzorak 042 s 51,1 m. Geografska raspodjela uzorka P13B (jezero Prokljan) i uzorka 049 (Limski zaljev) ukazuje na slične taložne režime. U ovom slučaju blizina ušća rijeka: Guduča (P13B) i nekadašnje korito Pazinčice (049). Na području rijeke Guduče može se uočiti stalan i neprekidan donos materijala odnosno značajan terigeni utjecaj. Rijeka Guduča donosi značajne količine sitnozrnastog materijala odnosno drenira prostor fliša, pa je uzorkovani sediment u skladu s taložnim okolišem. Iako je dubina uzorkovanja relativno mala, očekivani muljeviti sediment je odraz mirnog taložnog prostora i u skladu je s rezultatima prethodnih istraživanja (PROHIĆ i JURAČIĆ, 1989). Na prostoru Limskog zaljeva bilo je nekadašnje korito rijeke Pazinčice koja je nanosila terigeni materijal, vjerojatno i iz područja fliša u unutrašnjosti Istre (POLŠAK i ŠIKIĆ, 1989). Danas je to zaljev, odnosno vrlo mirno područje, bez direktnog unosa materijala rijekom. Upravo zaštićenost zaljeva može objasniti veliku količinu muljevite frakcije u analiziranome uzorku. Rezultati dobiveni u ovome radu su u skladu s rezultatima prethodnih istraživanja (MARTINČIĆ i sur., 1990).

Budući da su uzorci BB029 i 042, područje Riječkog zaljeva i Kvarnera u užem smislu, uzeti s prilično velikih dubina (64,2 m i 51,1 m). Velik udio muljevite frakcije može se objasniti taloženjem sitnozrnastih čestica u vrlo mirnom i relativno dubokom području. Unosa terigenog materijala rijekama ovdje nema, odnosno takav je unos lokaliziran na ušću primjerice rijeke Rječine. Dobiveni rezultati su i ovdje u skladu s prethodnim istraživanjima (JURAČIĆ i sur., 1999).

Prema PIKELJ (2010), većinu sedimenta na području istočnoga Jadrana čini materijal sa karbonatnim udjelom  $> 60\%$ , što je više od rezultata koji su dobiveni analizom karbonatnog udjela za uzorke ovog rada (Tablica 3). Uzorci P13B i 042 imaju približno slične vrijednosti udjela karbonatne komponente s prosjekom istočnog dijela Jadrana. Za uzorak P13B (Prokljansko jezero) su ti udjeli nešto manji od prosjeka, što je očekivano s obzirom na blizinu ušća rijeke Guduče. Ona donosi terigeni materijal iz područja na kojemu izdanjuje fliš, te se smatra da karbonatni materijal potječe u najvećoj mjeri iz ljušturica organizama.

Budući da je područje uzorkovanja uzorka 042 (Kvarner) s prilično velike dubine (51,1 m), miran i dubok okoliš utječu na taloženje sitno-zrnastog materijala. Takav materijal u sebi uglavnom sadrži siliciklastične čestice, dok je karbonatni materijal vjerojatno manjim dijelom zastupljen.

Prilično male udjele karbonatne komponente imaju uzorci BB029 i 049 koji su uzorkovani na području Riječkog i Linskog zaljeva. U oba slučaja povećana količina mulja u sedimentu znači i povećani udio siliciklastične komponente, a manji udio karbonatne komponente u cjelokupnom uzorku. No, kako su udjeli karbonatne komponente veći od udjela pijeska i šljunka u kojima je karbonatni materijal viđen, očito je da se dio karbonata i ovdje može naći u muljevitoj frakciji. Ovakvi rezultati su u skladu s prethodnim istraživanjima.

## 7. Zaključak

Analizom prikupljenih četiriju uzoraka odabranih zaljeva i ušća jadranskih rijeka s različitih lokaliteta i različitih dubina uzorkovanja pokazala se sličnost u sastavu sedimenta. Svi su uzorkovani sedimenti prema Folku (1954) opisani kao mulj s različitim i relativno malim udjelima pijeska i šljunka.

Na povišen udio muljevite frakcije u uzorcima BB029 i 049 utječe dubina na kojoj se sediment istaložio. U uzorku PB13, visok udio muljevite frakcije se objašnjava utjecajem rijeke Guduče koja drenira fliš i nanosi velike količine sitnozrnastog materijala, dok je za uzorak 042 karakteristično taloženje u vrlo mirnim i zaštićenim uvjetima gdje je omogućeno taloženje najsitnijih čestica.

Karbonatna je komponenta u analiziranim uzorcima manja od prosjeka čime se može zaključiti da je većinski dio mulja sastavljen od siliciklastične komponente. Karbonatna komponenta potječe iz ljuštura mekušaca, foraminifera i ostalih mikroorganizama i vjerojatno je dio nje usitnjen i nalazi se također u muljevitoj frakciji.

Iako su odabrani uzorci na geografski različitim lokalitetima, svi su određeni kao mulj te imaju sličnosti u svom sastavu sedimenta. Svi dobiveni su rezultati potvrdili prethodna istraživanja.

## 8. Literatura

BANAK, A., PIKELJ, K., LUĐAR-OBERITER, B., KORDIĆ, B. (2021): The sedimentary record of the Pleistocene aeolian-alluvial deposits on Vrgada island (eastern Adriatic Coast). *Geologia Croatica* 74/2, 127-137.

BENAC, C.; JURAČIĆ, M., BLAŠKOVIĆ, I. (2017): Tidal notches in Vinodol Channel and Bakar Bay, NE Adriatic Sea: indicators of recent tectonics. *Marine Geology*, 248(3–4), 151–160.

DURN, G., OTTNER, F., SLOVENEK, F. (1999): Mineralogical and geochemical indicators of the polygenetic nature of terra rossa in Istria, Croatia. *Geoderma*, 91, 125- 150.

FOLK, R. L. (1954): The distinction between grain size and mineral composition in sedimentary rock nomenclature. *Journal Geology* 62, 344-356

FÜTTERER, D., PAUL, J. (1976): Recent and Pleistocene sediments off the Istrian Coast (Northern Adriatic, Yugoslavia). *Senckenbergiana Maritima.*, 8, 1-21.

JURAČIĆ, M., BENAC, Č., CRMARIĆ, R. (1999): Seabed and surface sediment map of the Kvarner Region, Adriatic Sea, Croatia (Lithological Map, 1:500 000). *Geologia Croatica*, 52/2, 131-140.

KELLETTAT, D.H. (2005): Dalmatian coasts. In: Schwartz, M. (ed.), *Encyclopedia of Coastal Science. Encyclopedia of Earth Sciences Series*. Dordrecht, The Netherlands: Springer, pp. 355–356.

MAGAŠ, N. (1965): Osnovna geološka karta SFRJ M1:100 000 list Cres K-33-113. Institut za geološka istraživanja, Zagreb.

MAGAŠ, N. (1965): Osnovna geološka karta SFRJ M1:100 000 list Cres K-33-113. Institut za geološka istraživanja, Zagreb.

MAMUŽIĆ, P. (1965): Osnovna geološka karta SFRJ M1:100 000 list Šibenik K-33-8. Institut za geološka istraživanja, Zagreb.

MAMUŽIĆ, P. (1965): Osnovna geološka karta SFRJ M1:100 000 list Šibenik K-33-8. Institut za geološka istraživanja, Zagreb.

MARTINČIĆ, D., KWOKAL, Ž., BRANICA, M. (1990): Distribution of zinc, lead, cadmium and copper between different size fractions of sediments I. The Limski kanal (North Adriatic Sea).

MEISCHNER, D. (1973): Formation processes and dispersal patterns of the sediments along the Istrian coast of the Adriatic. Rapport de Committee international de la Mer Mediterranee 21, 11, 843 – 846.

ÖNORM L 1084 (1989): Chemical analyses of soils — Determination of carbonate, Österreichisches Normungsinstitut, Beč.

PIKELJ K., M. JURAČIĆ (2013): Eastern Adriatic Coast (EAC): geomorphology and coastal vulnerability of a karstic coast. J. Coast. Res., 29 (4), 944-957.

PIKELJ K., M. JURAČIĆ (2014): Coastal typology and related seabed sediments along the eastern Adriatic coast (Croatia), CNR-IBIMET Florence, 697-703.

PIKELJ, K. (2010): Sastav i porijeklo površinskih sedimenata dna istočne strane Jadranskog mora (Composition and origin of seabed sediments of the eastern part of the Adriatic Sea (in Croatian). Ph. D. Thesis, University of Zagreb, 239 str.

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 57/2, 195-208.

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 57/2, 195-208.

POLŠAK, A., ŠIKIĆ, D. (1963): Osnovna geološka karta SFRJ M1:100 000 list Rovinj K-33-100, Institut za geološka istraživanja, Zagreb.

POLŠAK, A., ŠIKIĆ, D. (1963): Osnovna geološka karta SFRJ M1:100 000 list Rovinj K-33-100, Institut za geološka istraživanja, Zagreb.

PROHIĆ, E., JURAČIĆ, M. (1989): Heavy metal sin sediments – problems concerning determination of the anthropogenic influence. Study in the Krka River estuary, Eastern Adriatic Coast, Yugoslavia. Environmental Geology and Water Sciences 13/2, 145-151.

ŠIKIĆ, D., PLANIČAR, M., ŠPARICA, M. (1967b): Osnovna geološka karta SFRJ M1:100 000 list Ilirska Bistrica L-33-89. Institut za geološka istraživanja, Zagreb i Geološki zavod Ljubljana.

ŠIKIĆ, D., POLŠAK, A., MAGAŠ, N. (1967a): Osnovna geološka karta SFRJ M1:100 000 list Labin K-33-101, Institut za geološka istraživanja, Zagreb.

ŠUŠNJAR, M., BUKOVAC, J., NIKLER, L., CRNOLATAC, I., MILAN, A., ŠIKIĆ, D., GRIMANI, I., VULIĆ, Ž., BLAŠKOVIĆ, I. (1969): Osnovna geološka karta SFRJ M1:100 000 list Crikvenica L-33-102. Institut za geološka istraživanja, Zagreb.