

Granulometrijske karakteristike sedimenta iz uvala Funtana i Saline (Istra)

Jergović, Filip

Master's thesis / Diplomski rad

2019

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:217:916514>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-08-28**



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Geološki odsjek

Filip Jergović

**GRANULOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE
SEDIMENTA IZ UVALA FUNTANA I SALINE
(ISTRA)**

Diplomski rad

Zagreb, 2019.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET
GEOLOŠKI ODSJEK

Filip Jergović

GRANULOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE
SEDIMENTA IZ UVALA FUNTANA I SALINE
(ISTRA)

Diplomski rad predložen Geološkom odsjeku
Prirodoslovno-matematičkog fakulteta
Sveučilišta u Zagrebu
radi stjecanja akademskog stupnja
magistar geologije zaštite okoliša

Mentor:

doc. dr. sc. Kristina Pikelj

Zagreb, 2019

Ovaj diplomski rad izrađen je na Geološko - paleontološkom zavodu Geološkog odsjeka, pod vodstvom doc. dr. sc. Kristine Pikelj i neposrednim vodstvom dr. sc. Igora Felje u sklopu diplomskog studija Geologije, smjera Geologije zaštite okoliša, na Prirodoslovno–matematičkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu.

Zahvale

Veliko hvala...

...doc. dr. sc. Kristini Pikelj na strpljenju, savjetima i pomoći pri izradi rada u svim trenucima kada je to bilo potrebno.

...dr. sc. Igoru Felji na savjetima i susretljivosti kod mnogobrojnih pitanja tijekom izrade rada.

...kolegama s fakulteta koji su mi uljepšali sve godine tijekom studiranja.

...mojoj obitelji na podršci koju sam imao svakog trenutka tijekom studiranja

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu

Diplomski rad

Prirodoslovno-matematički fakultet

Geološki odsjek

GRANULOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE SEDIMENTA IZ UVALA FUNTANA I SALINE (ISTRA)

Filip Jergović

Rad je izrađen na Geološkom odsjeku, Prirodoslovno-matematičkog fakulteta, Horvatovac 102 a, 10 000 Zagreb.

Sažetak: U ovom diplomskom radu istraživane su granulometrijske karakteristike sedimenta iz uvala Funtana i Saline koje se nalaze na zapadnoj obali Istarskog poluotoka. Istraživanje je rađeno na 5 sedimentnih jezgara od kojih su 3 uzete u uvali Funtana, a 2 u uvali Saline. Metode koje su se koristile obuhvaćale su promatranje uzoraka svjetlosnom lupom, metodu mokrog sijanja i analizu sedigrafom. Dobiveni rezultati prikazani su pomoću tablica, trokomponentnih dijagrama te kumulativnih krivulja. U završnom dijelu rada prikazana je granulometrijska analiza rezultata, međusobna usporedba rezultata te podrijetlo i sastav sedimenta u uvalama Funtana i Saline. Analizom rezultata utvrđeno je da u sedimentima uvale Funtana prevladava pješčana frakcija, a u uvali Saline frakcija mulja. Prilikom promatranja uzoraka svjetlosnom lupom uočeno je da je sediment u obje uvale miješanog biogenog i terigenog podrijetla. Na raspored i sastav sedimenta utječe rasprostranjenost alge *Caulerpa racemosa*, donos čestica eolskim putem i antropogenom djelatnošću u obje uvale te donos čestica vodotocima, poglavito u uvali Saline.

Ključne riječi: Funtana, Saline, granulometrija, sediment

Rad sadrži: 44 + XIV stranica, 18 slika, 10 tablica, 40 priloga, 43 literaturna navoda, 2 internetska izvora

Jezik izvornika: hrvatski

Rad je pohranjen u: Središnja geološka knjižnica, Geološki odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Horvatovac 102a, 10 000 Zagreb

Mentor: doc. dr. sc. Kristina Pikelj

Ocjenjivači: izv. prof. dr.sc. Marijan Kovačić

doc. dr. sc. Katarina Gobo

doc. dr. sc. Kristina Pikelj

Datum završnog ispita: 21. 2. 2019.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Geology

Master Thesis

GRANULOMETRIC CHARACTERISTICS OF SEDIMENTS FROM THE FUNTANA AND SALINE BAYS (ISTRIA)

Filip Jergović

Thesis completed at the Department of Geology, Faculty of Science Horvatovac 102a, 10 000 Zagreb.

Abstract: This master thesis investigated granulometric characteristics of sediments in Funtana and Saline bays which are located on the west coast of the Istrian peninsula. The study was made on 5 sediment cores of which 3 were taken in Funtana bay and 2 in Saline bay. Methods which were used are microscopical examination, wet-sieving method and sedigraph analysis. Results which were obtained are presented with tables, gravel-sand-mud diagrams and cumulative curves. In the final part of this master thesis is displayed granulometric analysis of results, comparison between the results and origin and composition of sediments in Funtana and Saline bays. Analysis of the results showed that in sediments of Funtana bay fraction of sand is the dominant fraction and in Saline bay dominant fraction is mud. During the microscopical examination it was observed that sediment from both bays is of mixed biogenic and terrestrial origin. Placement and composition of sediments is influenced by distribution of *Caulerpa racemosa* algae, transport of particles by wind and antropogenic activities in both bays and transport of particles by watercourses, especially in Saline bay.

Key words: Funtana, Saline, granulometry, sediment

Thesis contains: 44 + XIV pages, 18 figures, 10 tables, 40 appendices, 43 references, 2 internet sources

Original in: Croatian

Thesis deposited in: Central geological Library, Department of Geology, Department of Science, Horvatovac 102 a, 10 000 Zagreb, Croatia

Supervisor: doc. dr. sc. Kristina Pikelj

Reviewers: izv. prof. dr.sc. Marijan Kovačić

doc. dr. sc. Katarina Gobo

doc. dr. sc. Kristina Pikelj

Date of the final exam: 21. 2. 2019.

Sadržaj

1. UVOD	1
2. TEORIJSKA OSNOVICA	3
2.1 POSTANAK JADRANSKOG BAZENA	3
2.2 SEDIMENTACIJA U ISTOČNOM JADRANU	3
2.3 SEDIMENTACIJA U PODRUČJU ISTARSKOG POLUOTOKA	5
3. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA	6
3.1 GELOŠKI PREGLED PROSTORA ZAPADNE ISTRE	10
4. METODE I MATERIJALI	13
4.1. BROJ UZORAKA I OPIS JEZGRI	13
4.2 METODE	13
4.3 GRANULOMETRIJSKI PARAMETRI	17
5. REZULTATI	20
6. RASPRAVA	35
7. ZAKLJUČAK	39
8. LITERATURA	41
9. PRILOZI	VII

1. UVOD

Jedan od temeljnih parametara sedimenata i stijena je veličina zrna. Veličina zrna daje niz informacija o uvjetima transporta, podrijetlu, taloženju i sortiranju čestica, te ujedno ukazuje na procese koji su se odvijali na mjestima taloženja. Veličina zrna koristi se u sedimentologiji za razlikovanje facijesa i okoliša taloženja, utvrđivanje mehanizama transporta te dobivanje informacija o taložnim procesima i energiji okoliša (Halfar et al., 2004; Goosens, 2008). Važan je abiotski čimbenik te utječe i na fizikalne, kemijske i biološke procese koji se odvijaju u sedimentima. U geologiji mora i oceanografiji se određuje kao opisna karakteristika ukoliko je predmet proučavanja sam sediment, ali i kao indikator karakteristika smjera i jačine gibanja vodenih masa (Bianchi et al., 1999). Kako bi se podatci vezani za veličinu zrna točno interpretirali, potrebno je razumjeti metode sakupljanja sedimenta, prirodu i morfologiju čestica sedimenta, tretiranje sedimenta prije granulometrijske analize, točno i precizno primjenjivanje analitičke tehnike i statističkih metoda korištenih pri prikazu rezultata (Pikelj, 2010). Klasifikacija sedimenata na temelju veličine zrna obično se radi kategorizacijom s obzirom na relativne masene udjele frakcija u sedimentu, šljunka, pijeska i gline ili pijeska, praha i gline u trokomponentnim dijagramima. Tri najčešće korištena dijagrama su predložili Folk (1954) i Shepard (1954).

Prvi cilj ovog diplomskog rada je utvrditi koji tipovi sedimenta su prisutni na lokacijama uzorkovanja (u uvalama Funtana i Saline), postoji li kakva promjena granulometrijskih karakteristika s obzirom na prostorni raspored i lokacije uzorkovanja, te postoje li vertikalne promjene tipova sedimenta u svakoj od uzorkovanih jezgara. Obje uvale nalaze se na zapadnoj strani Istarskog poluotoka te su međusobno udaljene nešto manje od 7 km. Istraživanje je obavljeno na ukupno pet sedimentnih jezgara od kojih su tri uzete u uvali Funtana, a dvije u uvali Saline. Svaka jezgra je podijeljena na osam poduzoraka na kojima je napravljena granulometrijska analiza, te su frakcije uzoraka dodatno pregledane i pod lupom, kako bi se utvrdio izgled i donekle i priroda sedimenta. Poduzorci su podijeljeni na segmente od po 1 cm po dubini jezgre.

Drugi cilj ovog rada je na temelju dobivenih rezultata pokušati objasniti mehanizme transporta i taloženja sedimenta na lokacijama uzorkovanja te njegovo podrijetlo, odnosno pokušat će se utvrditi je li sediment biogenog ili terigenog podrijetla, postoji li mogućnost antropogenog utjecaja na proučavani sediment, te uklapaju li se dobiveni rezultati u opću sliku sedimenata dna istočne obale Jadrana. Nakon što se analizom dobiju potrebne informacije o

sedimentu, pokušat će se utvrditi sličnosti i razlike koje postoje između sedimenata unutar samih uvala te razlike koje postoje u građi sedimenta jedne uvale u odnosu na drugu. Pokušat će se dokučiti imaju li zajednice morskih trava te algalne zajednice pronađene na lokacijama uzorkovanja utjecaja na sastav sedimenta te postoji li terigeni donos materijala u uvale Funtana i Saline.

Ovaj diplomski rad je dio projekta "*Micro-seagrass*" kojeg vodi doc. dr. sc. Paolo Paliaga s Instituta Ruđer Bošković u Rovinju. Cilj tog projekta je proučavanje bakterijskih zajednica u sedimentima te kako one utječu na sediment.

2. TEORIJSKA OSNOVICA

2.1 POSTANAK JADRANSKOG BAZENA

Jadran je izduženo, epikontinentalno i u kopno uvučeno more koje se prostire u smjeru sjeverozapad-jugoistok između planinskih lanaca Dinarida, Apenina i Južnih Alpa. Na dubinama manjim od 200 m nalazi se 73,9 % površine Jadrana (šelf) (Riđanović, 2002). Nastanak i razvoj Jadrana može se pratiti već od donje jure, ali za razumijevanje odnosa bitan je i razvoj Adrie, mikroploče na kojoj se nalazi. Adriu mnogi smatraju zasebnom pločom s obzirom da ima različitu brzinu i smjer pomicanja od Afričke ploče (Battaglia et al., 2004; Vlahović et al., 2005; Korbar 2009). Nakon što se Adria u srednjem trijasu otvaranjem Tethysa odvojila od Gondvane, nastavila je pomicanje prema budućem euroazijskom kopnu te na njoj počinje taloženje sedimenta i dolazi do stvaranja tzv. Južne tetijske megaplatforme (Vlahović et al., 2005). Tijekom donje jure dolazi do pojave ekstenzijske tektonike i vulkanizma unutar Južne tetijske megaplatforme i njene dezintegracije. Dezintegracijom megaplatforme nastale su tri manje platforme, Jadranska, Apulijska i Apeninska prilikom čega su nastala i intraplatformna korita, odnosno bazeni. Početkom paleogena dolazi do promjene smjera kretanja afričke ploče prema sjeveru/sjeveroistoku te njene konvergencije prema euroazijskoj ploči, što dovodi do postupnog zatvaranja Tethysa (Prelogović i Kranjec, 1983). Kolizijom te dvije ploče dolazi do boranja i rasjedanja u jadranskom prostoru i postupnog izdizanja Južnih Alpi, Apenina i Dinarida tijekom paleogena (Steckler et al., 2007; Scisciani & Calamita, 2009). Prestanak taloženja na prostoru AdCP, završna kolizija nekadašnje platforme i izdizanje Dinarida kulminiralo je u oligocenu (Vlahović et al., 2002; 2005). U današnje vrijeme na ovom prostoru postoje kompleksne borane i rasjedne strukture pružanja sjeverozapad-jugoistok (dinarski pravac pružanja). Te strukture su preplavljene morem za vrijeme gornjopleistocenske-holocenske transgresije (Surić et al., 2005; Pikelj & Juračić, 2013). Pri tome su antiklinale u pravilu postale otoci, a sinklinale kanali (Alfirević, 1960).

2.2 SEDIMENTACIJA U ISTOČNOM JADRANU

Istočno-jadranski šelf predstavlja primjer neravnotežnog miješanog karbonatno-siliciklastičnog šelfa na kojemu se odvija karbonatna sedimentacija u umjerenim širinama (Pikelj, 2010). Detaljnije karakteristike miješanih sedimenata u Jadranu ispred zapadne obale Istre opisali su Fütterer (1969), Paul (1970) i Fütterer & Paul (1976), a potvrdila su ih i novija istraživanja (Pikelj, 2010). U radovima koji pojašnjavaju porijeklo, raspored, transport i sastav sedimenata

Jadrana, za područje istočno-jadranskog šelfa najčešće se navodi da je terigeni donos zanemariv uslijed karbonatne podloge zaleđa (Brambati, 1990). Značajne količine terigenog materijala od rijeka istočnog Jadrana donosi jedino Neretva (Juračić, 1998). Matijević et al. (2008) navode da je razvedeno područje istočne obale Jadrana idealno za razvoj različitih okoliša taloženja što rezultira velikom varijabilnosti granulometrijskih karakteristika, a karbonatna komponenta pripisana je i terigenom i biogenom izvoru. Općenito, u skeletnim zajednicama karbonata umjerenih širina prisutni su najčešće ostaci školjkaša, puževa, bentičkih foraminifera, mahovnjaka i bodljikaša (Flügel, 2004). Sličan sastav zajednica biogenih ostataka u površinskom dijelu sedimenta istočnog Jadrana potvrdila je Pikelj (2010), pri čemu navodi i da većinu tog sedimenta u prosjeku čini biogeni materijal.

Rijeke su najznačajniji izvor klastičnih sedimenata u Jadranu, a glavnina izvora riječnog materijala se nalazi na sjevernom i zapadnom dijelu bazena (Frignani et al., 2005; Cattaneo et al., 2007). U području sjeverno-jadranskog šelfa postoji snažan utjecaj terigenog donosa talijanskim rijekama koje dreniraju područje Alpa i Apenina te je sedimentni pokrivač ovog dijela Jadrana odraz tog terigenog donosa i promjene razine mora u holocenu (Brambati, 1990; Frignani et al., 2005). Muljeviti materijal ovog područja je u najvećoj mjeri donesen rijekom Po te je prvo istaložen u njejoj prodelti (Van Straaten, 1970; Frignani et al., 2005). Taj materijal je naknadnom resuspenzijom strujama i valovima raznošen duž obale zapadnom jadranskom strujom gdje se usput taložio (Frignani et al., 2005; Cattaneo et al., 2007). Smatra se da su pijesci na ovom dijelu šelfa reliktni sedimenti. Taložili su se iz tzv. paleo Po koja je tekla sve do Jabučke kotline u vrijeme posljednjeg glacijala, dok je sjeverni dio Jadrana bio aluvijalna ravnica (Trincardi et al., 1994; Correggiari et al., 1996). Ti pijesci su tijekom porasta razine mora više puta prerađivani, a prerađivanje je nastavljeno i nakon stabilizacije razine mora (Correggiari et al., 1996). Do miješanja reliktnog i recentnog materijala dolazi bioturbacijom i utjecajem valova (u područjima iznad valne baze) (Pikelj, 2010). U područjima u kojima nema značajnog terigenog donosa, a prevladava muljevita frakcija radi se vjerojatno o materijalu resuspendiranom s dubina gdje je dno iznad valne baze te je taj materijal istaložen na većim dubinama (Pikelj, 2010). Dno istočno-jadranskog šelfa, kojemu pripada i priobalje Istre, uglavnom prekrivaju krupnozrnati sedimenti u kojima je pjeskovita frakcija u različitim omjerima pomiješana sa šljunkovitom i muljevitom (Pikelj, 2010). Na raspored tipova sedimenata ovog prostora prvenstveno utječu valovi koji sediment resuspendiraju, a utjecaj struja i morskih mijena je manje značajan (Pikelj, 2010). Sitnozrnati materijal je resuspendiran valovima te morskim strujama naknadno transportiran u dublje dijelove bazena. Taloženje

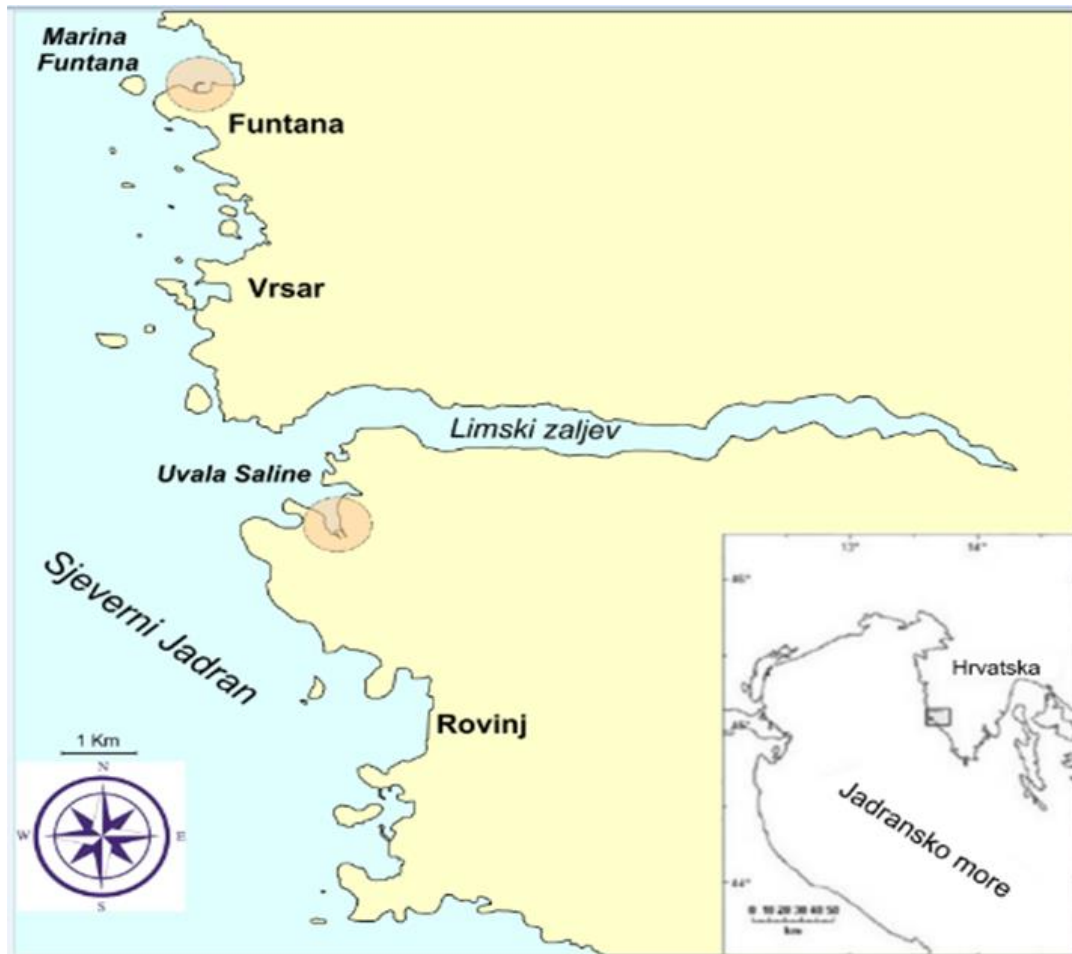
sitnozrnatog materijala iznad valne baze je moguće samo u područjima snažnog terigenog donosa te u zaštićenim uvalama i zaljevima gdje je moguća resuspenzija, ali zbog niske energije mora i zatvorenosti bazena nema iznošenja materijala (Pikelj, 2010).

2.3 SEDIMENTACIJA U PODRUČJU ISTARSKOG POLUOTOKA

U sedimentima uz obalu gdje je terigeni donos malen, taloži se uglavnom materijal biogenog porijekla. Udaljavanjem od obale sediment je prvo obogaćen dolomitičnim pa siliciklastičnim materijalom koji je uglavnom veličine pijeska (Fütterer & Paul, 1976; Pikelj, 2010). Takav sastav je objašnjen utjecajima podloge u kojoj se nalaze pijesci koje su taložile talijanske rijeke Soča, Po, Adige, Tagliamento i Piave. Danas je utjecaj tih rijeka na sedimentaciju ispred zapadne obale Istre sveden na minimalnu mjeru te se smatra da su to reliktni pijesci, taloženi za niže razine mora na aluvijalnoj ravnici (Meischner, 1973; Fütterer & Paul, 1976; Pikelj, 2010). Vdović i Juračić (1993) razlikuju dvije osnovne vrste sedimenta ispred obale Istre: pjeskovite na sjevernom i južnom dijelu i muljevite koji se nalaze između njih. U ranijem istraživanju Pigorini (1968) objašnjava da središnji muljeviti dio pripada modernoj prodelti rijeke Po. Što se tiče donosa materijala rijekama s istarskog poluotoka, rijeka Mirna drenira područje koje je u većoj mjeri prekriveno flišnim naslagama, za razliku od Raše koja pretežito drenira karbonatne naslage. Donos terigenog sitnozrnatog materijala Mirnom je stoga značajan, ali se odvija neposredno uz ušće zbog neznatnog utjecaja struja i valova (Janeković et al., 1995; Pikelj, 2010). U Istri su, kao i na cijeloj istočnoj strani Jadrana, tijekom posljednje transgresije potapanjem krškog reljefa formirani relativno plitki, zatvoreni i zaštićeni prostori (uvale i zaljevi). Oni su posljedica izrazito razvedenog reljefa podloge, a povezani su uskim kanalima s otvorenim morem (Pikelj, 2010). Sedimenti ispred zapadne obale Istre predstavljaju primjer miješanih karbonatno-siliciklastičnih sedimenata (Fütterer & Paul, 1976).

3. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

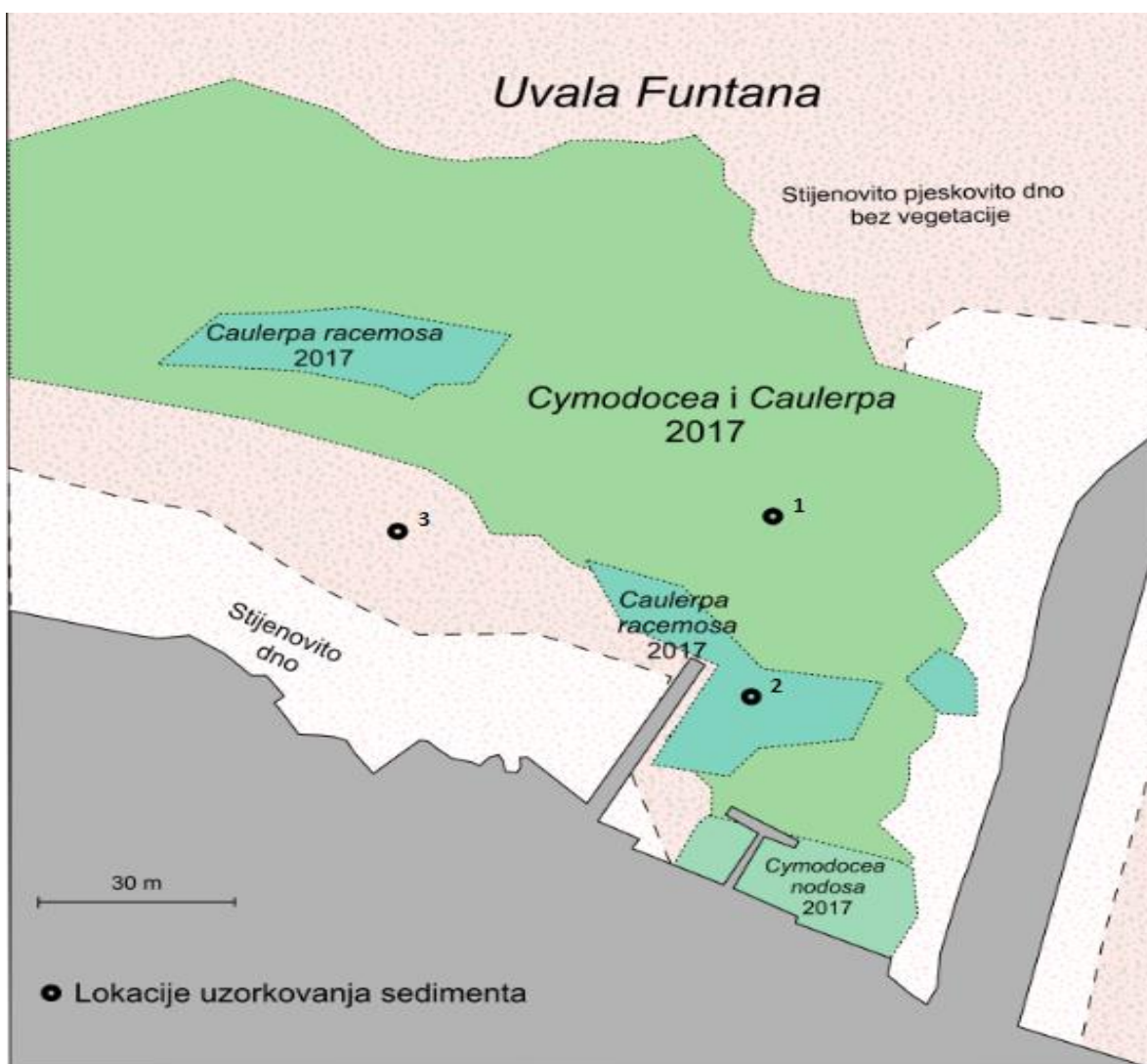
Jezgre sedimenta koje su obrađene u ovom diplomskom radu su izvađene u uvalama Funtana i Saline u Istri koje se nalaze na zapadnoj obali istarskog poluotoka (Slika 1). Jezgre je ronjenjem i upotrebom ručnih jezgrila izvadio doc. Paolo Paliaga u sklopu projekta "*Micro-seagrass*" u svrhu proučavanja bakterijske zajednice u sedimentu.



Slika 1. Geografski položaj uvala Funtana i Saline u Istri (izradio doc. Paolo Paliaga).

UVALA FUNTANA

Uvala Funtana nalazi se otprilike 3,2 km prema sjeveru-sjeverozapadu od Vrsara (Slika 2 i 3), a dobila je ime po općini i mjestu u kojemu se nalazi. Uvala je većim dijelom otvorena prema moru na zapadnoj strani. S njene istočne strane na relativno uskom obalnom području nalazi se plitko zamočvareno područje koje prema položaju vodotoka vidljivih na satelitskoj snimci (Slika 3) u manjoj mjeri drenira dio obalnog područja. Iz uvale Funtana izvađene su tri jezgre sedimenta s tri različite lokacije koje su nazvane **Funtana caulerpa** (1), **Funtana mix** (2) i **Funtana izvana** (3). Sve tri jezgre izvađene su s dubina mora između 2,5-3 m i to na južnoj strani uvale, zapadnije od lučice (Slika 2).



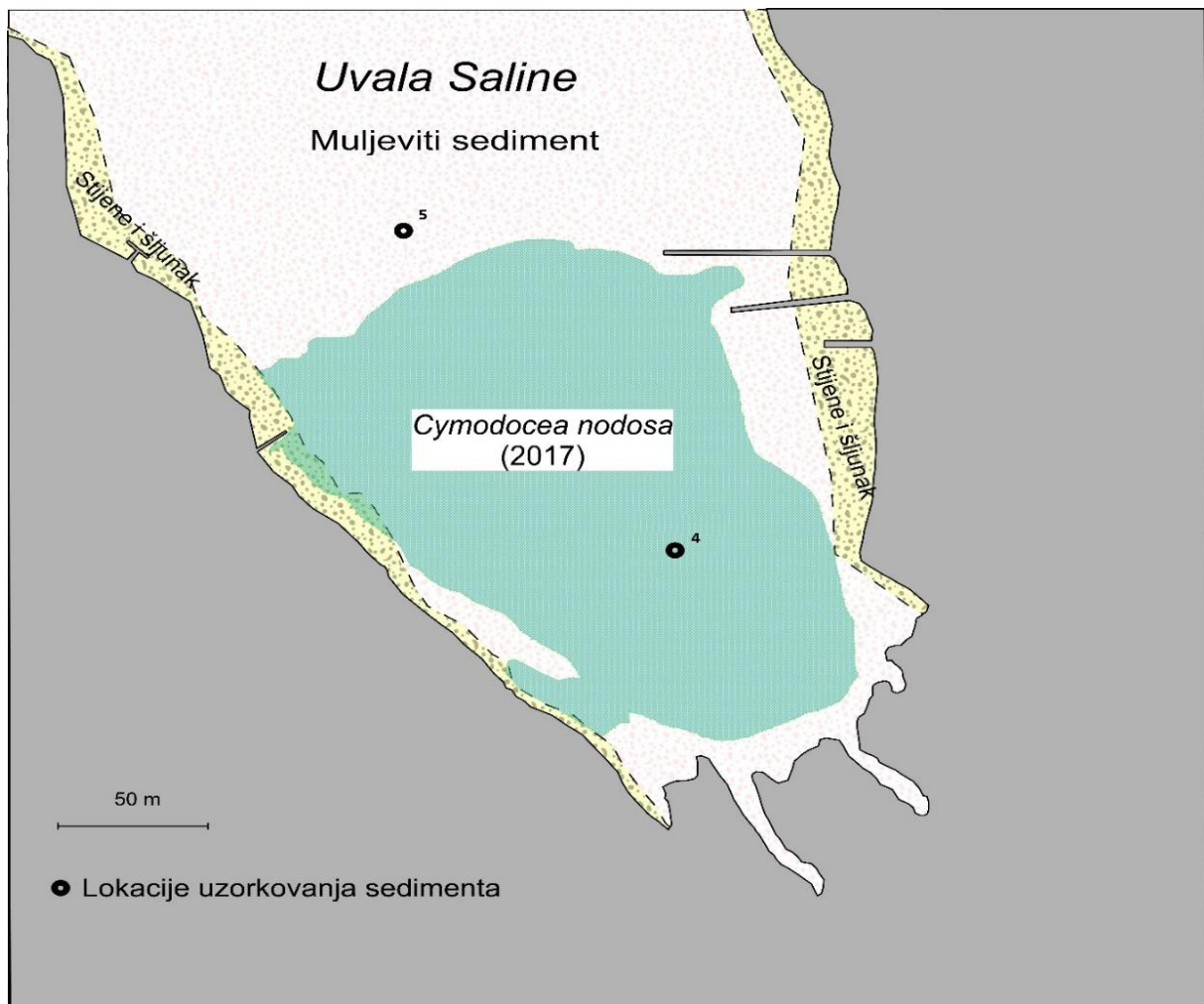
Slika 2. Lokacije vađenja jezgri u uvali Funtana (izradio doc. dr. sc. Paolo Paliaga).



Slika 3. Satelitska snimka uvale Funtana (Google Earth).

UVALA SALINE

Uvala Saline se nalazi otprilike 4,1 km prema sjeveru-sjeverozapadu od Rovinja. Smještena je na samom početku Limskog zaljeva s južne strane (Slika 4 i 5) Jugoistočni dio uvale čini djelomično zamočvareno priobalno područje na kojem se može identificirati nekoliko vodotoka koji dreniraju područje na kojem se rasprostire *terra rossa*, no s obzirom na izgrađenost područja nije jasno definirano područje s kojeg se voda slijeva u more (Slika 5). Iz uvale Saline izvađene su dvije jezgre s dvije različite lokacije koje su nazvane **Saline unutar** (4) i **Saline izvana** (5) (Slika 4). Jezgre su izvađene s dubina mora od 1,5-2 m.



Slika 4. Lokacije vađenja jezgri u uvali Saline (izradio doc. Paolo Paliaga).



Slika 5. Satelitska snimka uvale Saline (Google Earth).

3.1 GELOŠKI PREGLED PROSTORA ZAPADNE ISTRE

Područje istraživanja kojemu pripadaju uvale Funtana i Saline obuhvaćeno je listom Rovinjske Osnovne geološke karte te se nalazi između 45° i $45^{\circ}20'$ sjeverne geografske širine i 14° i $14^{\circ}20'$ geografske dužine po Greenwichu. Ukupna površina prostora koji obuhvaća list Rovinjske je 1480 km^2 , a od toga na kopneni dio potpada cca 1200 km^2 . Geografski ovo područje pripada zapadnom dijelu srednje Istre (Slika 1). To je prostrano, razvijeno krško područje i najvećim dijelom zastupljeno je zatvorenim krškim reljefom s brojnim ponikvama, manjim dolinama, ponorima i spiljama. Velik dio ovog prostora pokriven je zemljom crvenicom pa se stoga zove i "Crvena Istra" (Polšak & Šikić, 1973).

Područje zapadnog dijela srednje Istre izgrađeno je od jurskih, krednih i paleogenskih naslaga. U juri i kredi dominantne su karbonatne naslage, vapnenac i dolomit, dok je paleogen predstavljen klastičnim naslagama (lapori i pješčenjaci). Ovakav stijenski sastav rezultat je prvenstveno plitkomorske (neritske) sedimentacije uz povremena litoralna i lagunarna obilježja (Polšak & Šikić, 1973).

Najstarije otkrivene naslage u Istri pripadaju periodu jure. Javljaju se na prostoru između Poreča i Rovinja, u jezgri zapadnoistarske antiklinale (Polšak & Šikić, 1973).

Krajem kimeridža u Istri dolazi do emerzije i kopnene faze. Na prijelazu iz jure u kredu sedimentacija se kontinuirano nastavlja. Debljina naslaga donje krede varira od 1200-1600 m. Donjokrende naslage kontinuirano prelaze u gornju kredu. Te naslage su pretežno zastupljene plitkomorskim, debelo uslojenim ili masivnim rudistnim vapnencima. U gornjem senonu dolazi do uzdizanja i emerzija traje sve do paleocena. Marinska transgresija ponovno počinje taloženjem foraminiferskih vapnenaca koje se odvija na prijelazu iz paleocena u eocen sve do početka srednjeg eocena. U donjem eocenu dolazi do naglog produbljivanja i taloženja lapora s globigerinama. Ove naslage predstavljaju prijelaz prema klastičnoj sedimentaciji (Polšak & Šikić, 1973).

Vremenu emerzije na prijelazu između krede i paleogena odgovara vrijeme stvaranja boksitnih ležišta. Naslage starijeg paleogena predstavljene su u početku kopnenim naslagama, zatim postupno prevladava razvoj sa slatkovodnim, brakičnim i marinskim liburnijskim i foraminiferskim vapnencima. Paleogen se taložio na različite kredne članove. Izostanak pojedinih članova paleogena uvjetovano je nastupanjem transgresija i emerzija. Naslage mlađeg paleogena zastupljene su klastičnim razvojem (Polšak & Šikić, 1973).

Sastav flišolikih naslaga predstavljaju lapori i pješčenjaci te među njih uložene breče, konglomerati, numulitne breče i slojevi vapnenaca. Utvrđena je brojna fosilna zajednica, a neki od fosila su *Globigerina*, *Dentalina*, *Nummulites perforatus* i drugi (Polšak & Šikić, 1973).

U prostranom krškom području zapadne Istre prostire se zemlja crvenica holocenske starosti. Njena debljina uglavnom iznosi od 0,5-1 m, a pokrivač crvenice često je probijen izdancima matičnih karbonatnih stijena. Osim hidrokemijskog procesa na taloženje crvenice utjecali su i drugi egzogeni faktori poput vjetra i tekuće vode. Naslage crvenice rijetko sadržavaju geološki značajne fosile, osim recentnih kopnenih gastropoda i kostiju recentnih sisavaca (Polšak & Šikić, 1973).

U pukotinama i spiljama karbonatnih naslaga javljaju se koštane breče i naslage spiljske ilovače. Ove naslage razvijene su u ukupno maloj količini, a njihovi izdanci na površini se rijetko nalaze, tako da ih nije moguće izdvojiti na geološkoj karti, ali su interesantne u paleoklimatološkom i paleogeografskom pogledu jer često sadrže mnogobrojne i dobro očuvane fosilne fragmente pleistocenskih životinja (Polšak & Šikić, 1973).

Dolina rijeke Mirne i doline drugih potoka u području Pazinskog paleogenskog bazena (potoci Fojba, Botonega i dr.) značajno su ispunjene aluvijalnim nanosom. Taj nanos je uglavnom sastavljen od gline i ilovače koja je sive do sivoplave boje. Ovdje prisutne glina i

ilovača nastale su trošenjem eocenskih lapora te nanošenjem mulja u doline rijeka. U manjoj mjeri u sastav ovih naslaga ulaze i pijesak i šljunak (Polšak & Šikić, 1973; Felja et al., 2015).

U obalnom području uvala Funtana i Saline iz kojih su vađene jezgre korištene u izradi ovog diplomskog rada prevladavaju vapnenačke stijene jurske starosti (malm) uz mjestimičnu pojavu slojeva crvenice koja je kvartarne starosti.

4. METODE I MATERIJALI

4.1. BROJ UZORAKA I OPIS JEZGRI

Jezgre korištene u istraživanju izradio je doc. dr. sc. Paolo Paliaga (Sveučilište u Puli) iz uvala Funtana i Saline na ukupno 5 lokacija: 2 lokacije su iz uvale Saline, a 3 iz uvale Funtana. Lokacije su nazvane **Saline unutar**, **Saline izvana**, **Funtana caulerpa**, **Funtana mix** i **Funtana izvana**. Od svake jezgre uzeto je po 8 poduzoraka. Svi uzorci su bili rastresiti. Svaki uzorak je debljine 1 centimetar, tako da su sa svake lokacije postoje uzorci prikupljeni s dubina jezgri od 0-1, 1-2, 2-3, 3-4, 4-5, 5-6, 6-7 i 7-8 centimetara. Uzorci su bili prosijani kroz set od 7 standardnih ASTM sita (4 do 0,063 mm otvor rupica) s intervalom od 1 Φ . Početna masa većine uzoraka je bila 30g, osim za svih 8 uzoraka **Funtana izvana** i 1 uzorak **Funtana mix** s dubine od 2-3 centimetra kod kojih je početna masa iznosila 20g, jer nije bilo više uzorka.

4.2 METODE

Metode korištene pri izradi ovog diplomskog rada u svrhu određivanja granulometrijskog sastava sedimenta iz prikupljenih uzoraka su kombinirana metoda mokrog sijanja (za čestice > od 0,063 mm) i sedigrafa (za čestice < od 0,063 mm). Određivanje granulometrijskog sastava prethodno navedenim metodama obavljeno je u laboratoriju Geološko-paleontološkog zavoda.

METODA MOKROG SIJANJA:

Granulometrijski sastav čestica većih od 0,063 mm određen je pomoću metode mokrog sijanja. Najprije je svaki uzorak izvagan te je zatim svakom od 40 uzoraka dodana destilirana voda kako bi se uzorci razmočili te kako bi se slijepljeni sediment raspao. Svi uzorci su prosijani u standardnim Retsch[®] ASTM sitima od nehrđajućeg čelika uz pomoć tresilice Fritsch Analysette[®] (Slika 6). Ukupno je korišteno 7 sita s rasponom promjera otvora od 4 mm do 0,063 mm kako je definirano Wentworthovom klasifikacijom (1922). Tijekom sijanja upotrebljavana je destilirana voda kako bi se zaostali sediment ispirao sa sita. Proces mokrog sijanja trajao je otprilike od 45-60 minuta. Frakcije koje su ostajale na određenim sitima su nakon sijanja stavljene u zasebne posudice na sušenje nekoliko dana. Osušene frakcije su nakon toga pojedinačno vagane na preciznoj vagi. Izvagani sediment je zatim stavljen u papirnate vrećice s oznakama dubine i lokacije uzorka, veličina frakcija i njihove mase.



Slika 6. Tresilica Fritsch Analysette®.

SEDIGRAF:

Dio svakog uzorka koji je prošao kroz sito najmanjeg promjera (0,063 mm) je u suspenziji skupljen u zasebnu posudu. Posude su bile odložene i ostavljene 2 tjedna kako bi i najsitnije čestice sedimenta bile istaložene na dno posude i spremne za analizu sedigrafom, a zatim su se uzorci dekantirali da budu odgovarajuće gustoće za analizu na sedigrafu.

Korišteni uređaj za sedimentacijsku analizu je SediGraph 5100 (Slika 7). Sastoji se od analizatora, sučelja i računala. Rad analizatora i njegovo upravljanje obavlja se pomoću računalnog programa SediGraphWin 5100 (Micromeritics, 2002).

Rad sedigrafa temeljen je na principima dva fizička fenomena: gravitacijske sedimentacije i apsorpcije nisko-energetskih rendgenskih zraka. Sedimentaciju čestica uvjetovanu gravitacijom objašnjava Stokes-ov zakon, prema kojemu stoji da je:

$$V = (\rho - \rho_0)d^2g/18\mu;$$

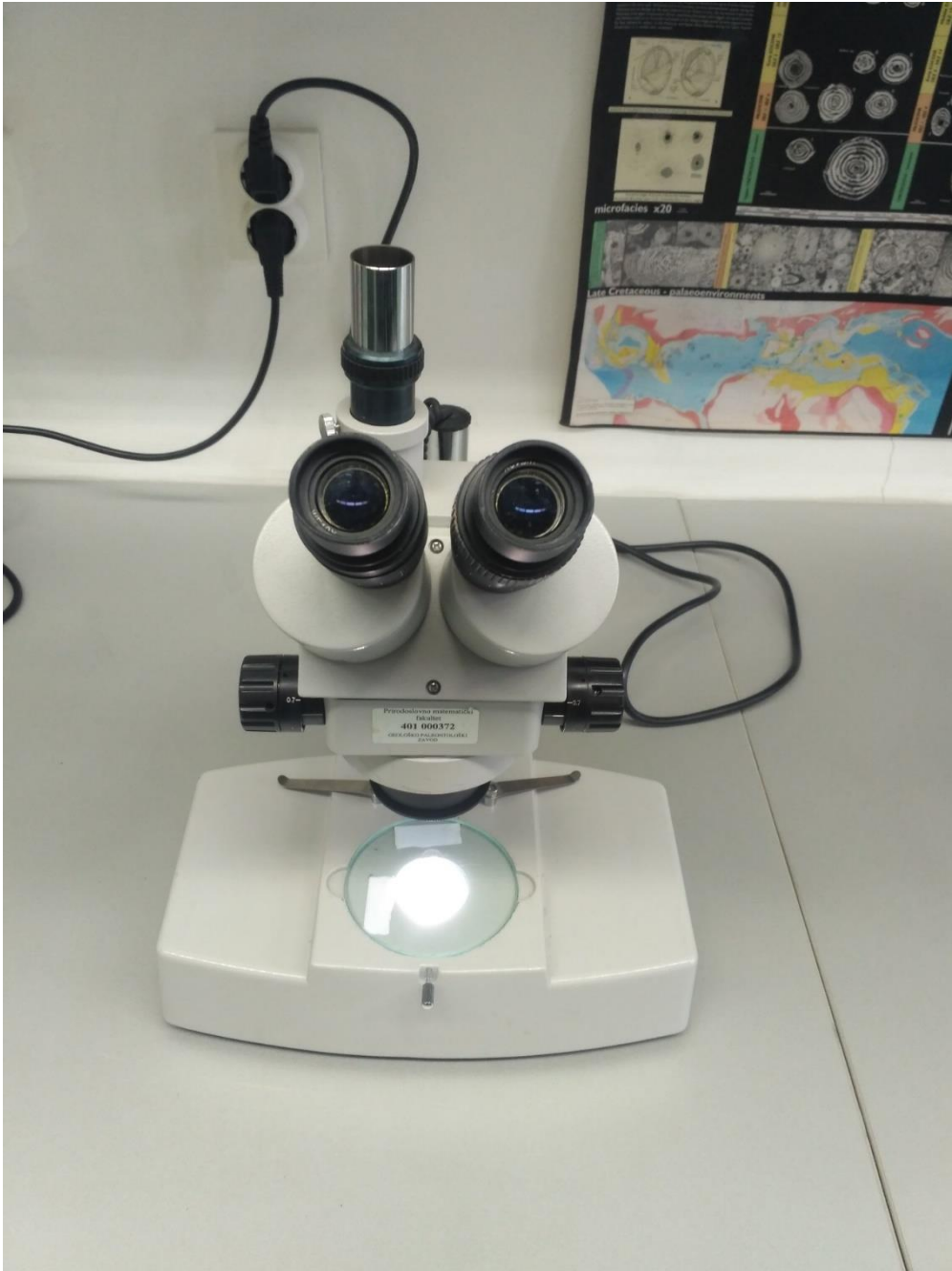
gdje V predstavlja brzinu padanja čestica, $\rho - \rho_0$ razliku u gustoći između čestica i fluida, d promjer zrna, a μ predstavlja dinamički viskozitet. Najprije je izmjeren intenzitet rendgenskog zračenja koje je prošlo kroz čistu otopinu demineralizirane vode i deionizirane vode u koju je kao antikoagulans dodan natrij heksametafosfat ($\text{NaPO}_3)_6$. Nakon toga je dodan suspendirani uzorak koji je miješanjem postao homogen, nakon čega je izmjeren najmanji intenzitet prolaznog rendgenskog zračenja. To se dogodilo jer je dio zračenja apsorbiran na čestice u suspenziji. Nakon nekog vremena čestice u homogenoj suspenziji su se počele taložiti, a prolaznost rendgenskog zračenja koje se mjeri na različitim dubinama se počela povećavati ovisno o brzini taloženja. Čestice su se u ćeliji razdvojile prema veličini, tj. prema brzini taloženja: prvo su se istaložile krupne, zatim sitnije čestice. Tako su dobiveni maseni udjeli pojedinih frakcija od vrlo krupnog praha do gline (Pikelj, 2010).



Slika 7. SediGraph 5100.

SVJETLOSNA LUPA:

Fracije osušenih i izvaganih uzoraka promatrane su pod svjetlosnom lupom pod različitim povećanjima, kako bi se utvrdilo porijeklo te općenito priroda i izgled čestica. Korištena lupa bila je binokularna svjetlosna lupa Stereo Zoom Microscope XTL (Slika 8).



Slika 8. Svjetlosna lupa Stereo Zoom Microscope XTL.

4.3 GRANULOMETRIJSKI PARAMETRI

Podatci koji su dobiveni metodom mokrog sisanja te sedigrafom uneseni su u Microsoft Excell tablice te su obrađeni u programu GRADISTAT Ver. 6.0. (Blott & Pye, 2001). Na taj način su dobiveni podatci o količini pojedine frakcije u uzorku, sortiranosti uzorka, prosječne i srednje veličine čestica te asimetričnost raspodjele i zaoštrenost krivulje. Tip sedimenta određen je prema Folkovoj (1954) klasifikaciji. Svi analizirani uzorci prikazani su pomoću trokomponentnih dijagrama i kumulativnih krivulja.

Na kumulativnim krivuljama veličina zrna prikazana je u Φ jedinicama na osi x i raste s lijeva na desno, a masa je prikazana na osi y u postocima. Očitavanjem vrijednosti veličine zrna u Φ jedinicama iz kumulativne krivulje kod kumulativnih postotaka: 5, 16, 15, 25, 50, 75, 84, 95 izračunati su sljedeći granulometrijski parametri (Folk & Ward, 1957):

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

$$M_d = \Phi 50$$

Prosječna veličina zrna (*mean*):

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

Koeficijent sortiranosti (*sorting*) pokazuje jednoličnost distribucije:

$$S_o = \frac{(\Phi 84 - \Phi 16)}{4} + \frac{(\Phi 95 - \Phi 5)}{6.6}$$

Kategorije sortiranosti sedimenta:

< 0,35 - vrlo dobro sortirano

0,35-0,50 - dobro sortirano

0,5-0,70 – 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*) je vrijednost koja pokazuje devijacije u raspodjeli čestica. Pozitivne vrijednosti ukazuju da prevladava krupnija frakcija, odnosno da je krivulja iskošena prema sitnijim sedimentima, a negativne vrijednosti da prevladava sitnija frakcija, odnosno da je krivulja iskošena prema krupnijim sedimentima.

$$Sk = \frac{\Phi_{16} + \Phi_{84} - 2\Phi_{50}}{2(\Phi_{84} - \Phi_{16})} + \frac{\Phi_5 + \Phi_{95} - 2\Phi_{50}}{5(\Phi_{95} - \Phi_5)}$$

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 materijala. Ukoliko je krivulja zaoštrena, materijal je raspoređen oko jedne veličine zrna, a ukoliko je zaravnjena, prisutno je više granulometrijskih frakcija.

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

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

5. REZULTATI

Funtana caulerpa

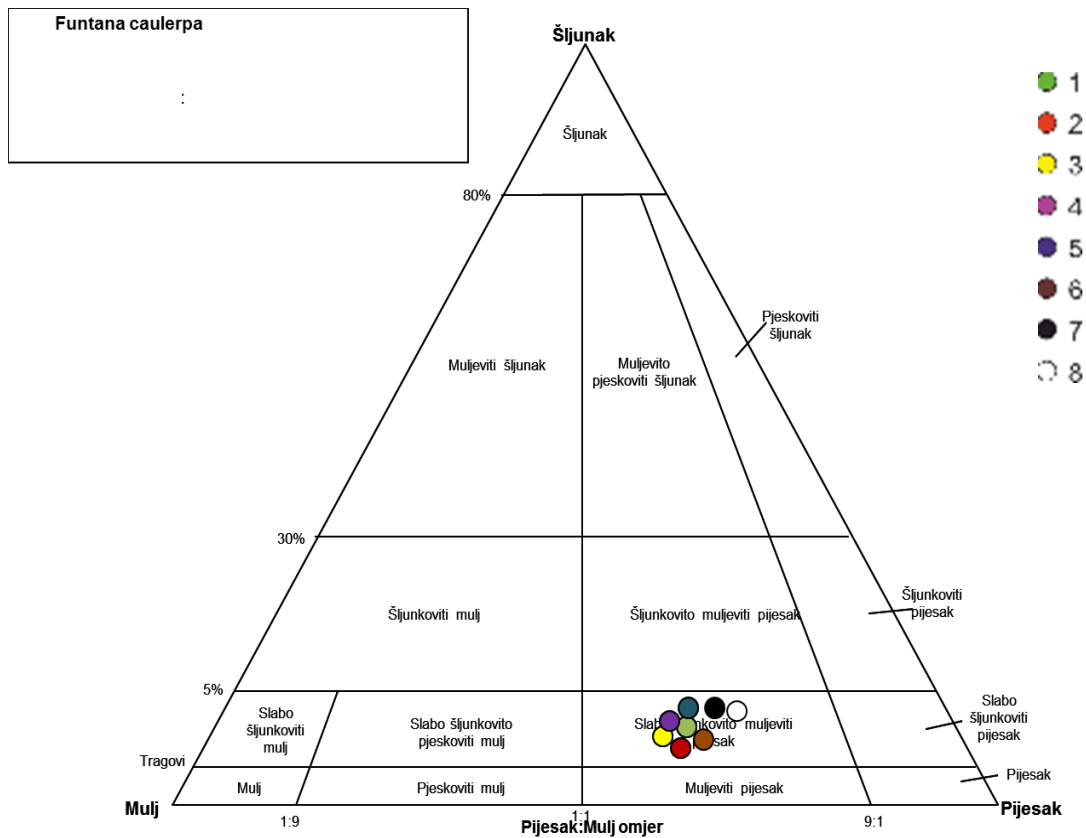
Udio pijeska u analiziranim uzorcima s lokacije **Funtana caulerpa** iznosi 57,8-76,4% (Tablica 1.). U frakciji mulja ima više čestica veličine praha u odnosu na čestice veličine gline. Udio gline u uzorcima je između 2,1-5,1 % (Tablica 1). Analizirani uzorci **Funtana caulerpa** svrstavaju se u grupu *slabo šljunkovito muljeviti pijesak* (Slika 9).

Tablica 1. Udio frakcija sedimenta po dubini u uzorcima **Funtana caulerpa**.

Dubina (cm)	Šljunak (%)	Pijesak (%)	Prah (%)	Glina (%)
0-1	3,70	61,50	30,10	4,70
1-2	1,90	62,00	31,70	4,40
2-3	2,60	57,80	34,50	5,10
3-4	3,30	63,20	29,40	4,10
4-5	4,20	64,70	27,50	3,60
5-6	2,80	69,30	24,50	3,40
6-7	4,50	72,10	20,70	2,70
7-8	4,70	76,40	16,80	2,10

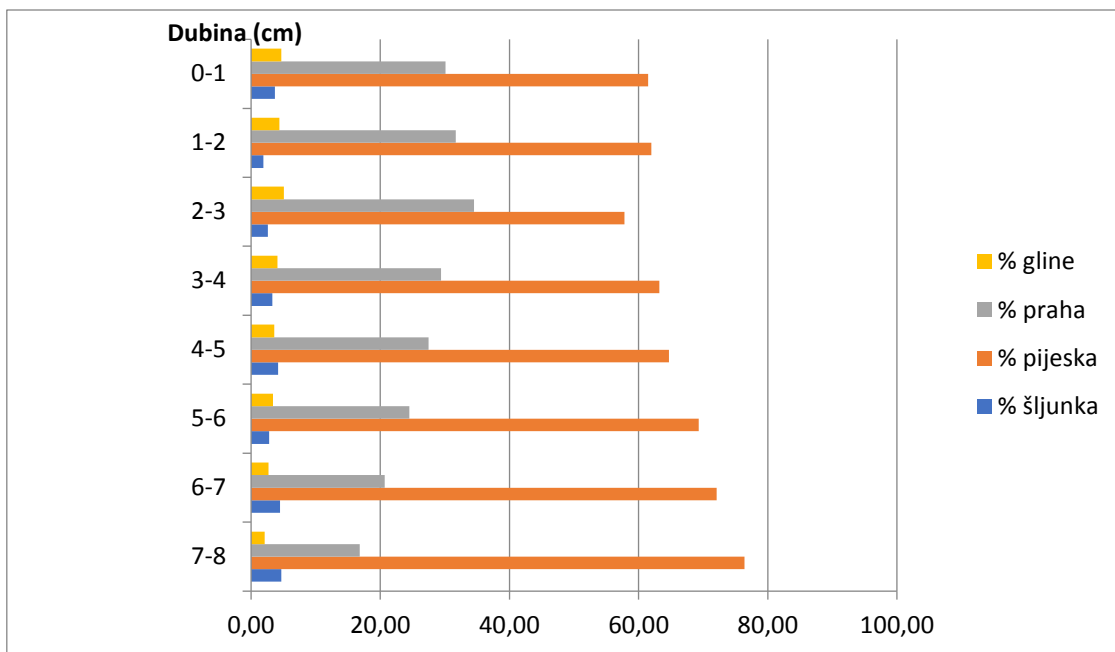
Tablica 2. Granulometrijski parametri uzoraka **Funtana caulerpa**.

Dubina (cm)	So	M (μm)	Md (μm)	Sk	Kg
0-1	5,413	65,87	107,8	-0,388	1,176
1-2	4,946	70,59	114,9	-0,464	1,023
2-3	5,962	69,68	119,4	-0,414	1,033
3-4	6,040	88,12	134,7	-0,323	1,162
4-5	6,114	95,09	144,8	-0,305	1,257
5-6	5,508	101,2	149,8	-0,339	1,254
6-7	5,242	133,8	176,8	-0,241	1,488
7-8	4,560	155,2	205,2	-0,284	1,677



Slika 9. Trokomponentni dijagram uzoraka Funtana caulerpa (Zeleno: Funtana caluerpa 0-1, crveno: Funtana caluerpa 1-2, žuto: Funtana caluerpa 2-3, ljubičasto: Funtana caluerpa 3-4, plavo: Funtana caluerpa 4-5, smeđe: Funtana caluerpa 5-6, crno: Funtana caluerpa 6-7, bijelo: Funtana caluerpa 7-8).

Iz prethodno analiziranih uzoraka s lokacije **Funtana caulerpa** vidljivo je da je pijesak najzastupljenija frakcija u uzorcima (Slika 10). Frakcija pijeska pokazuje trend povećavanja u uzorcima s povećanjem dubine. Frakcije gline i praha pokazuju trend smanjenja u uzorcima s povećanjem dubine. Frakcija pijeska u uzorcima varira od 57,8% do 76,4%, frakcija praha od 16,8% do 34,5% , frakcija gline od 2,1 do 5,1 % , a frakcija šljunka od 1,9% do 4,7% (Tablica 1).



Slika 10. Grafikon s udjelima pojedinih frakcija u uzorcima **Funtana caulerpa**.

Najveću prosječnu veličinu čestica ima uzorak s dubine 7-8 cm (155,2 μm), a najmanju uzorak s dubine 0-1 cm (65,87 μm). Najveću srednju veličinu čestica ima također uzorak s dubine 7-8 cm (205,2 μm), a najmanju uzorak s dubine 0-1 cm (107,8 μm). Svi analizirani uzorci su izrazito loše sortirani (Tablica 2). Vrijednosti asimetričnosti raspodjele pokazuju da uzorci s dubina od 0-6 cm imaju vrlo negativno zakošenu krivulju, dok uzorci s dubina 6-8 cm imaju negativno zakošene krivulje. Vrijednosti zaoštrenosti krivulje pokazuju da uzorci s dubina 1-2 i 2-3 cm imaju srednje zaoštrenu krivulju, uzorci s dubina 0-1, 3-4, 4-5, 5-6 i 6-7 cm imaju zaoštrenu krivulju, a uzorak s dubine 7-8 cm ima vrlo zaoštrenu krivulju (Tablica 2).

Funtana mix

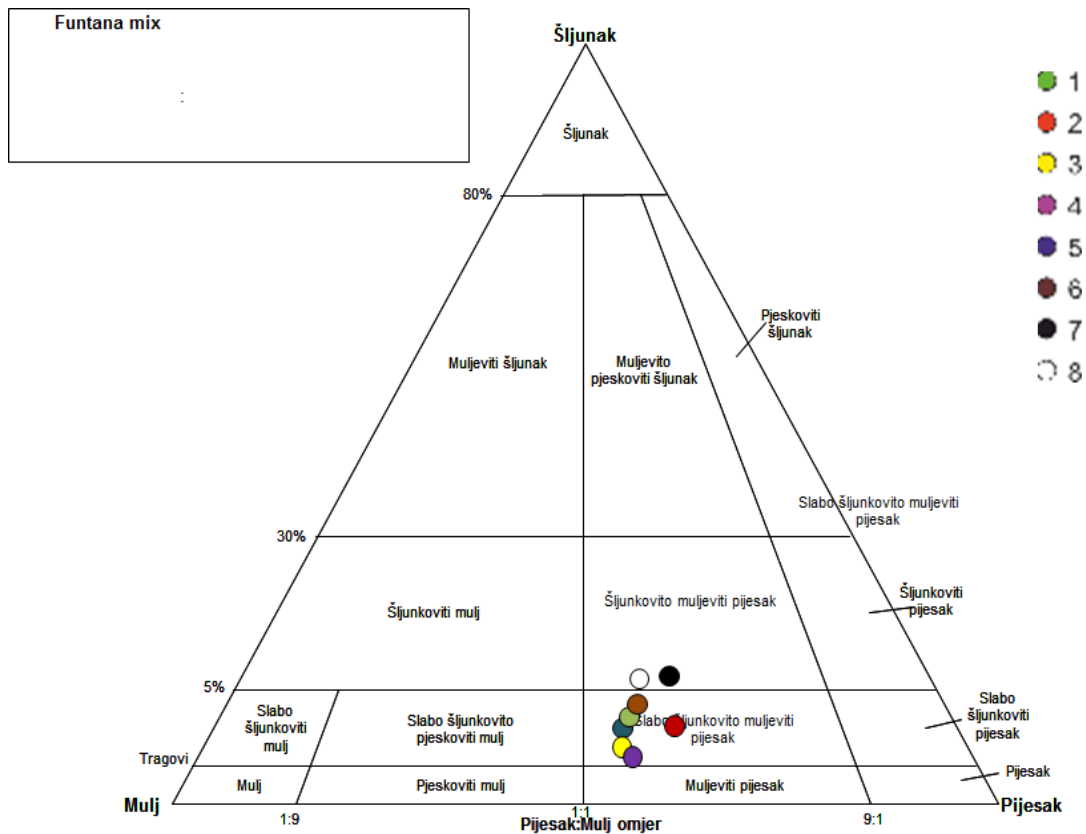
Udio pijeska u uzorcima s lokacije **Funtana mix** iznosi između 52,6-60,9% (Tablica 3). U frakciji mulja ima više čestica veličine praha u odnosu na čestice veličine gline. Udio gline u uzorcima je između 3,1-7,6 % (Tablica 3). Šest uzoraka **Funtana mix** svrstavaju se u grupu slabo šljunkovito muljeviti pijesak, a dva u grupu šljunkovito muljeviti pijesak (Slika 11).

Tablica 3. Udio frakcija sedimenta po dubini u uzorcima **Funtana mix**.

Dubina (cm)	Šljunak (%)	Pijesak (%)	Prah (%)	Glina (%)
0-1	3,70	53,70	35,00	7,60
1-2	3,30	60,90	29,60	6,20
2-3	1,90	53,30	38,20	6,60
3-4	1,40	55,10	37,60	5,90
4-5	3,20	54,50	37,40	4,90
5-6	4,50	55,10	37,30	3,10
6-7	7,40	57,00	32,30	3,30
7-8	5,00	52,60	35,50	6,90

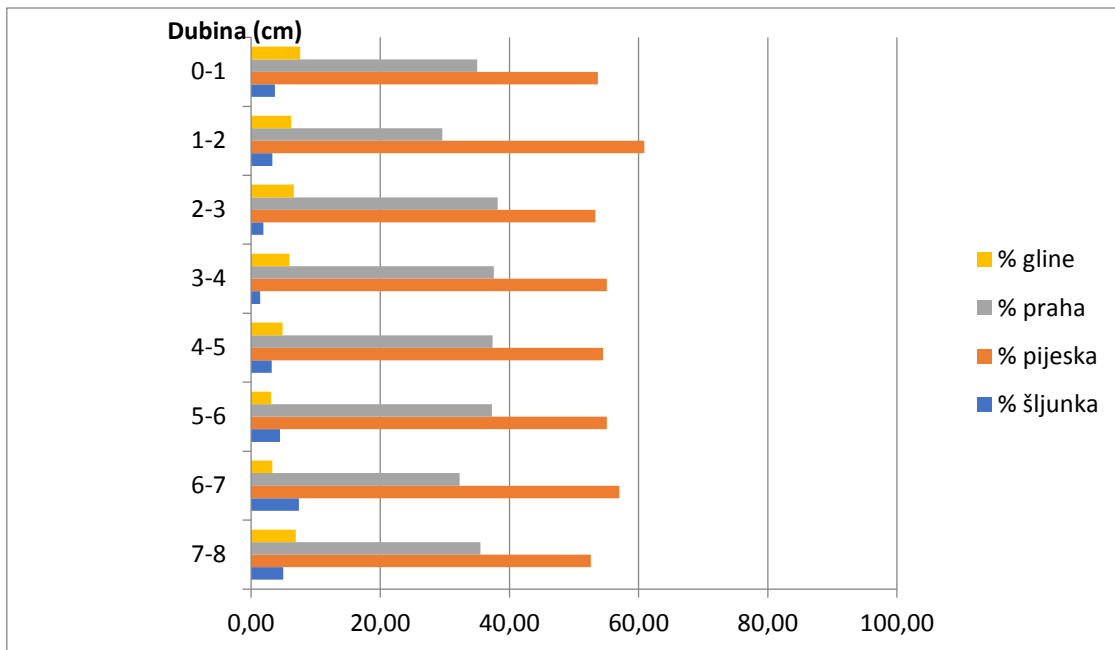
Tablica 4. Granulometrijski parametri uzoraka **Funtana mix**.

Dubina (cm)	So	M (μm)	Md (μm)	Sk	Kg
0-1	6,597	56,24	87,87	-0,342	1,220
1-2	6,094	62,84	105,2	-0,405	1,253
2-3	6,290	48,66	73,71	-0,321	1,137
3-4	6,105	57,51	78,01	-0,276	1,103
4-5	6,273	66,15	85,83	-0,218	1,013
5-6	6,072	77,58	87,52	-0,079	1,127
6-7	7,169	92,26	114,2	-0,096	1,206
7-8	8,415	61,46	79,40	-0,162	1,241



Slika 11. Trokomponentni dijagram uzoraka Funtana mix (Zeleno: Funtana mix 0-1, crveno: Funtana mix 1-2, žuto: Funtana mix 2-3, ljubičasto: Funtana mix 3-4, plavo: Funtana mix 4-5, smeđe: Funtana mix 5-6, crno: Funtana mix 6-7, bijelo: Funtana mix 7-8).

Iz prethodno analiziranih uzoraka s lokacije **Funtana mix** vidljivo je da je pijesak najzastupljenija frakcija u uzorcima (Slika 12). Frakcija pijeska u uzorcima varira od 52,6% do 60,9 %, frakcija praha od 29,6 % do 37,6%, frakcija gline od 3,1% do 7,6 %, a frakcija šljunka od 1,4% do 7,4% (Tablica 3).



Slika 12. Grafikon s udjelima pojedinih frakcija u uzorcima **Funtana mix**.

Najveću prosječnu veličinu čestica ima uzorak s dubine 6-7 cm (92,26 μm), a najmanju uzorak s dubine 2-3 cm (48,66 μm). Najveću srednju veličinu čestica ima također uzorak s dubine 6-7 cm (114,2 μm), a najmanju uzorak s dubine 2-3 cm (73,71 μm). Svi analizirani uzorci su izrazito loše sortirani (Tablica 4). Vrijednosti asimetričnosti raspodjele pokazuju da uzorci s dubina 4-5, 6-7 i 7-8 cm imaju vrlo negativno zakošene krivulje dok svi ostali uzorci imaju negativno zakošene krivulje. Vrijednosti zaoštrenosti krivulje pokazuju da svi uzorci imaju vrlo zaoštrene krivulje (Tablica 6).

Funtana izvana

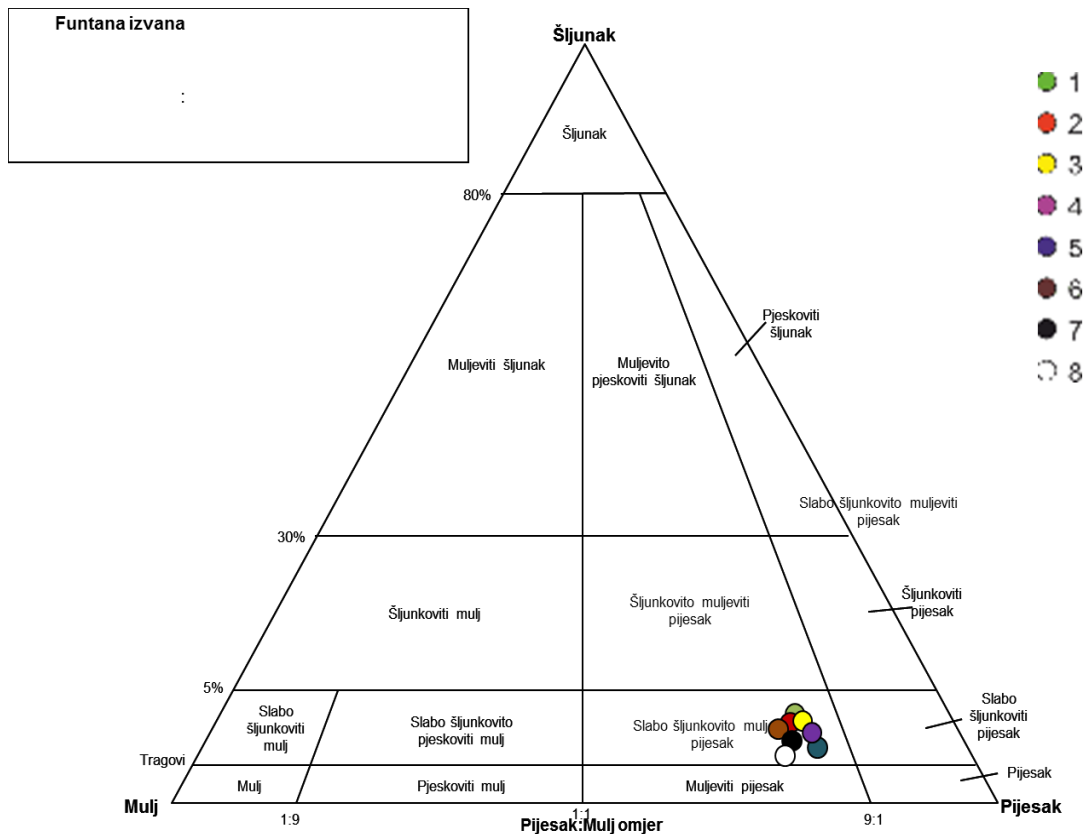
Udio pijeska u uzorcima s lokacije **Funtana izvana** iznosi između 75,7-82,5 % (Tablica 5). U frakciji mulja ima više čestica veličine praha u odnosu na čestice veličine gline. Udio gline u uzorcima je između 3,0-5,7 % (Tablica 5). Svih osam uzoraka **Funtana izvana** pripada grupi *slabo šljunkovito muljeviti pijesak* (Slika 13).

Tablica 5. Udio frakcija sedimenta po dubini u uzorcima **Funtana izvana**.

Dubina (cm)	Šljunak (%)	Pijesak (%)	Prah (%)	Glina (%)
0-1	3,90	79,80	12,30	4,00
1-2	3,80	79,70	13,10	3,40
2-3	4,00	78,90	13,60	3,50
3-4	3,00	82,50	11,50	3,00
4-5	2,20	81,20	13,20	3,40
5-6	3,40	78,40	15,00	3,20
6-7	2,50	79,40	13,80	4,30
7-8	1,50	75,70	17,10	5,70

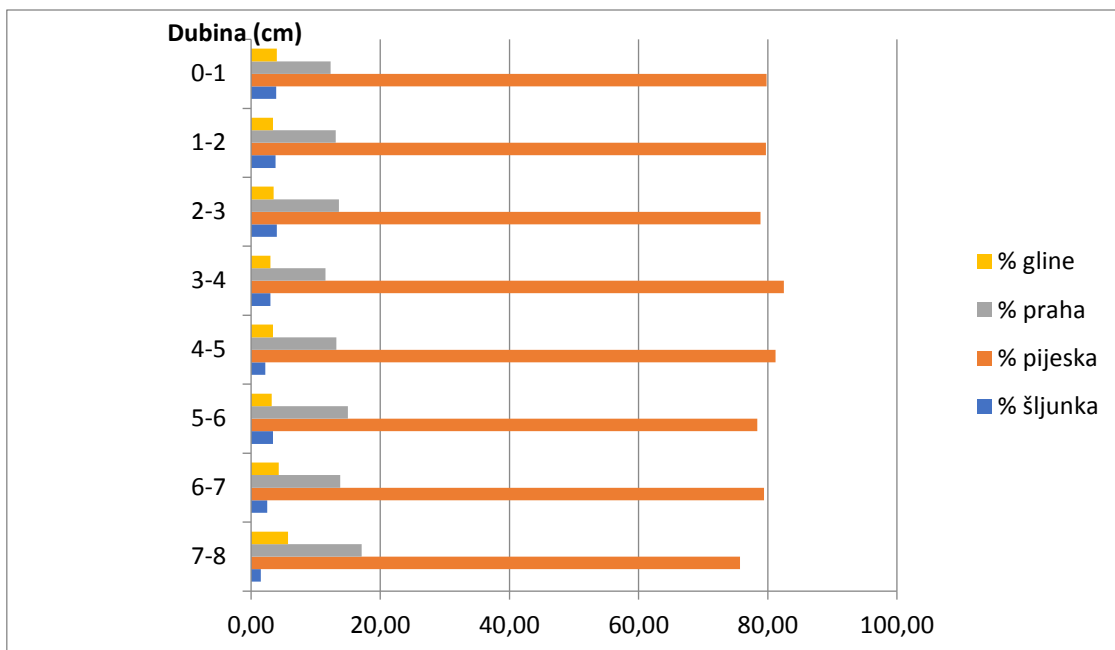
Tablica 6. Granulometrijski parametri uzoraka **Funtana izvana**.

Dubina (cm)	So	M (μm)	Md (μm)	Sk	Kg
0-1	4,341	176,5	193,0	-0,228	2,302
1-2	4,146	175,1	191,2	-0,220	1,913
2-3	4,284	161,7	180,7	-0,224	1,924
3-4	3,577	190,0	216,5	-0,318	1,990
4-5	4,037	173,9	196,0	-0,286	1,822
5-6	4,690	179,8	209,1	-0,255	1,664
6-7	5,077	179,3	237,6	-0,375	1,778
7-8	5,690	116,8	177,6	-0,447	1,626



Slika 13. Trokomponentni dijagram uzoraka Funtana izvana (Zeleno: Funtana izvana 0-1, crveno: Funtana izvana 1-2, žuto: Funtana izvana 2-3, ljubičasto: Funtana izvana 3-4, plavo: Funtana izvana 4-5, smeđe: Funtana izvana 5-6, crno: Funtana izvana 6-7, bijelo: Funtana izvana 7-8).

Iz prethodno analiziranih uzoraka s lokacije **Funtana izvana** vidljivo je da je pijesak najzastupljenija frakcija u uzorcima (Slika 14). Frakcija pijeska u uzorcima varira od 75,7% do 82,5%, frakcija praha varira od 11,5% do 17,1 %, frakcija gline varira od 3,0% do 5,7 %, a frakcija šljunka od 1,5% do 4,0% (Tablica 5).



Slika 14. Grafikon s udjelima pojedinih frakcija u uzorcima **Funtana izvana**.

Najveću prosječnu veličinu čestica ima uzorak s dubine 3-4 cm (190,0 μm), a najmanju uzorak s dubine 7-8 cm (116,8 μm). Najveću srednju veličinu čestica ima uzorak s dubine 6-7 cm (237,6 μm), a najmanju uzorak s dubine 7-8 cm (177,6 μm). Svi analizirani uzorci su izrazito loše sortirani, osim uzorka s dubine 3-4 cm koji je vrlo loše sortiran (Tablica 6). Vrijednosti asimetričnosti raspodjele pokazuju da uzorci s dubina 4-5, 6-7 i 7-8 cm imaju vrlo negativno zakošene krivulje dok svi ostali uzorci imaju negativno zakošene krivulje. Vrijednosti zaoštrenosti krivulje pokazuju da svi uzorci imaju vrlo zaoštrene krivulje (Tablica 6).

Saline izvana

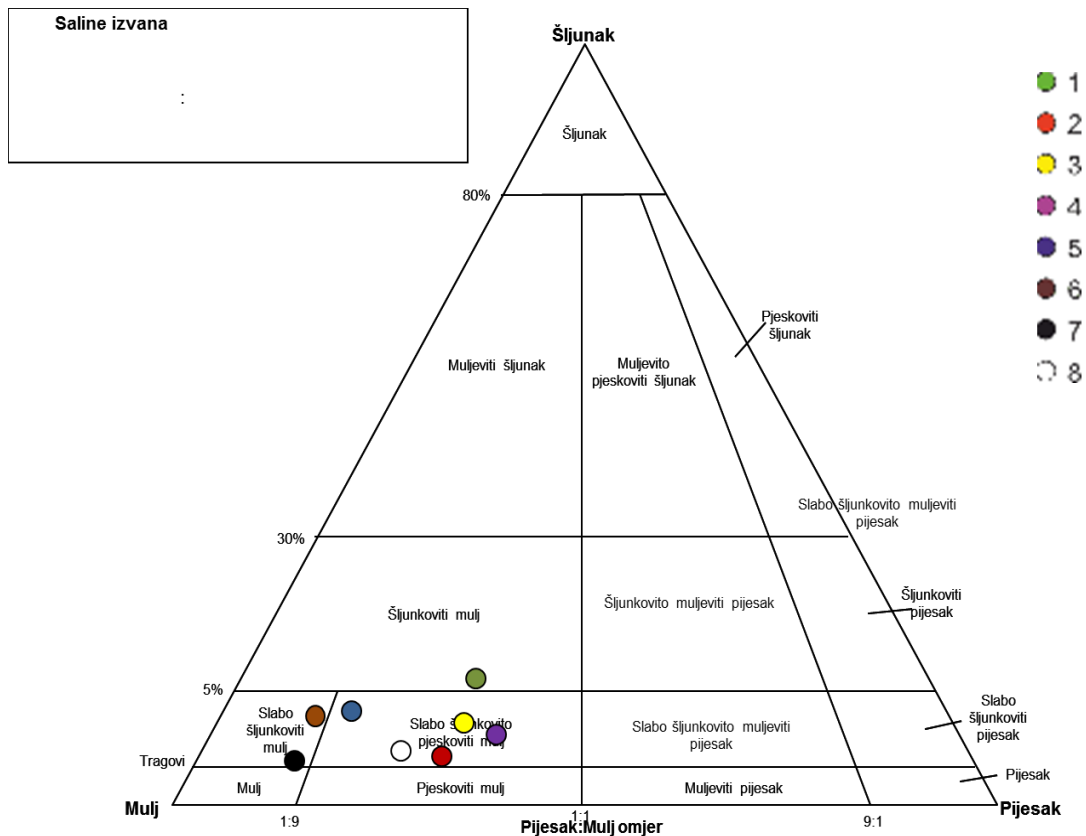
Udio mulja u uzorcima s lokacije **Saline izvana** iznosi 63,1-91,2 % (Tablica 7). U frakciji mulja ima više čestica veličine praha u odnosu na čestice veličine gline. Udio gline u uzorcima je između 15,7-29,1 % (Tablica 7). Uzorci **Saline izvana** svrstavaju se u grupu *slabo šljunkovito pjeskoviti mulj* (pet uzoraka), *slabo šljunkoviti mulj* (dva uzorka) i *šljunkoviti mulj* (jedan uzorak) (Slika 15).

Tablica 7. Udio frakcija sedimenta po dubini u uzorcima **Saline izvana**.

Dubina (cm)	Šljunak (%)	Pijesak (%)	Prah (%)	Glina(%)
0-1	5,00	29,10	50,20	15,70
1-2	1,70	26,70	47,00	24,60
2-3	3,80	28,00	45,90	22,30
3-4	2,80	34,10	46,30	16,80
4-5	4,00	9,70	59,50	26,80
5-6	3,70	8,60	60,30	27,40
6-7	1,00	7,80	62,10	29,10
7-8	1,70	20,10	54,60	23,60

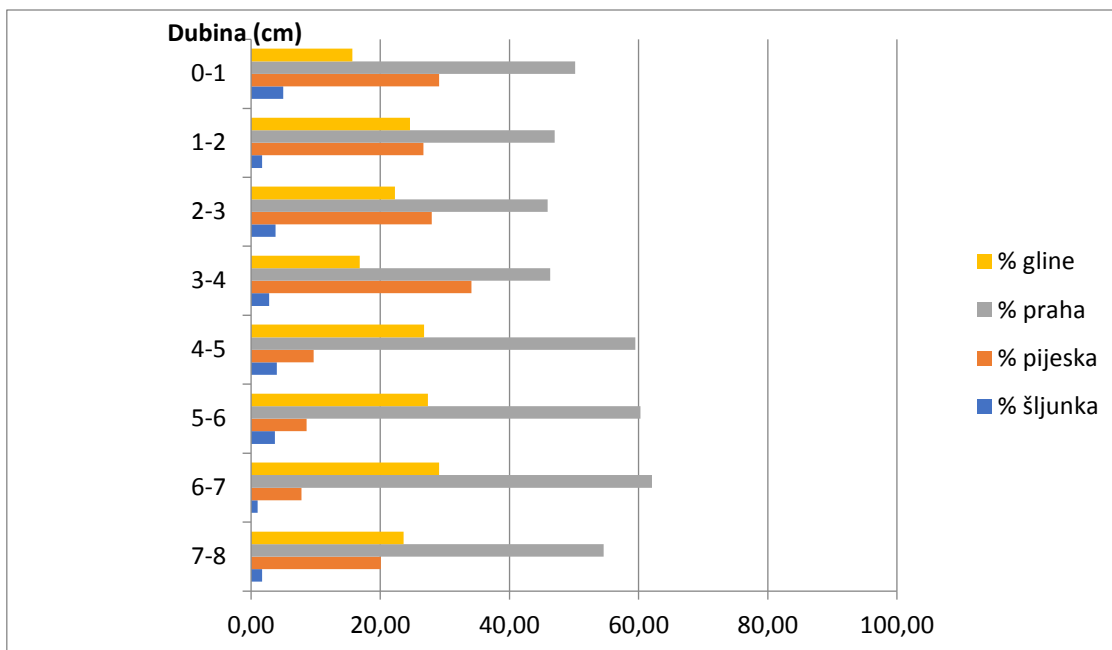
Tablica 8. Granulometrijski parametri uzoraka **Saline izvana**.

Dubina (cm)	So	M (μm)	Md (μm)	Sk	Kg
0-1	9,755	18,19	20,19	0,040	1,084
1-2	8,920	9,994	8,502	0,150	0,741
2-3	9,951	11,96	11,42	0,115	0,828
3-4	9,528	18,89	17,85	0,057	0,837
4-5	8,074	6,731	7,486	0,121	1,179
5-6	7,331	5,939	6,711	0,119	1,191
6-7	5,856	5,140	5,816	0,071	1,039
7-8	7,818	9,239	8,877	0,096	0,962



Slika 15. Trokomponentni dijagram uzoraka Saline izvana (Zeleno: Saline izvana 0-1, crveno: Saline izvana 1-2, žuto: Saline izvana 2-3, ljubičasto: Saline izvana 3-4, plavo: Saline izvana 4-5, smeđe: Saline izvana 5-6, crno: Saline izvana 6-7, bijelo: Saline izvana 7-8).

Iz prethodno analiziranih uzoraka s lokacije **Saline izvana** vidljivo je da je prah najzastupljenija frakcija u uzorcima (Slika 16). Frakcije gline i praha pokazuju povećanje udjela u uzorcima s dubine veće od 4 cm, dok se udio pijeska značajno smanjuje. Frakcija praha u uzorcima varira od 45,9% do 62,1%, frakcija gline varira od 15,7% do 29,1%, frakcija pijeska od 7,8% do 34,1%, a frakcija šljunka od 1,0-5,0% (Tablica 7).



Slika 16. Grafikon s udjelima pojedinih frakcija u uzorcima **Saline izvana**.

Najveću prosječnu veličinu čestica ima uzorak s dubine 3-4 cm (18,89 μm), a najmanju uzorak s dubine 6-7 cm (5,140 μm). Najveću srednju veličinu čestica ima uzorak s dubine 0-1 cm (20,19 μm), a najmanju uzorak s dubine 6-7 cm (5,816 μm). Svi uzorci su izrazito loše sortirani (Tablica 8). Vrijednosti asimetričnosti raspodjele pokazuju da uzorci s dubina 0-1, 3-4, 6-7 i 7-8 cm imaju gotovo simetrične krivulje, a uzorci s dubina 1-2, 2-3, 4-5 i 5-6 cm imaju pozitivno zakošene krivulje. Vrijednosti zaoštrenosti krivulje pokazuju da uzorci s dubina 4-5 i 5-6 cm imaju zaoštrene krivulje, uzorci s dubina 0-1, 6-7 i 7-8 cm imaju srednje zaoštrene krivulje, a uzorci s dubina od 1-4 cm imaju zaravnjene krivulje (Tablica 8).

Saline unutar

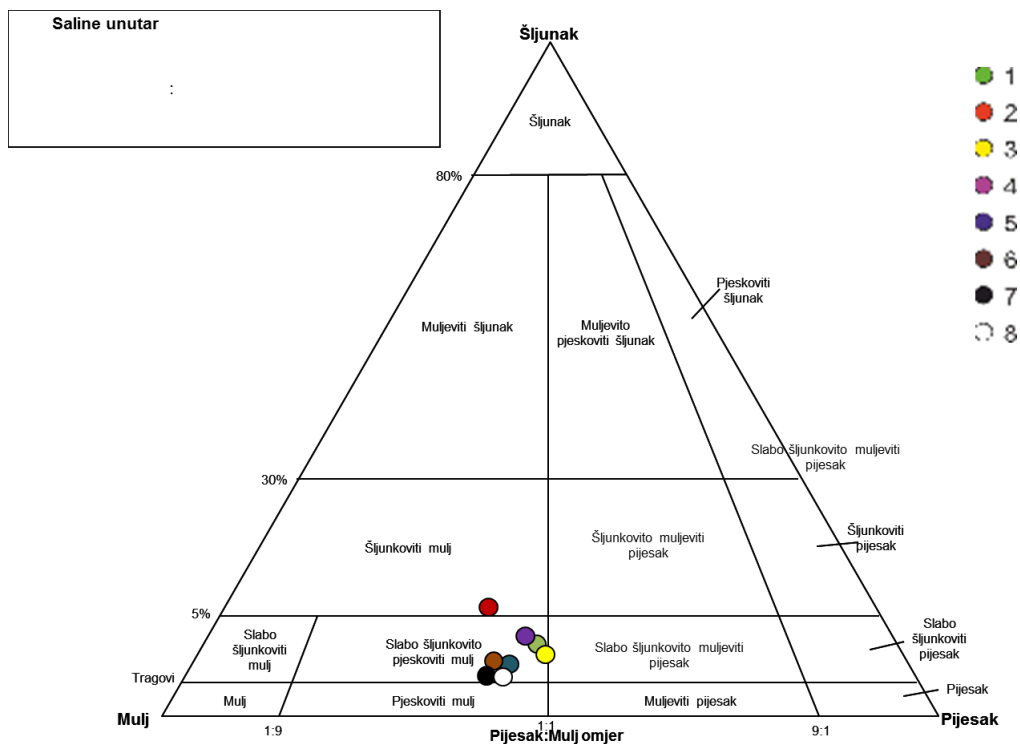
Udio mulja u uzorcima s lokacije **Saline unutar** iznosi od 49,1-61,1% (Tablica 9). U frakciji mulja ima više čestica veličine praha u odnosu na čestice veličine gline. Udio gline u uzorcima je između 5,5-13,0 % (Tablica 9). Uzorci **Saline unutar** svrstavaju se u grupu *slabo šljunkovito pjeskoviti mulj* (sedam uzoraka) i *šljunkoviti mulj* (jedan uzorak) (Slika 17).

Tablica 9. Udio frakcija sedimenta po dubini u uzorcima **Saline unutar**.

Dubina (cm)	Šljunak (%)	Pijesak (%)	Prah (%)	Glina (%)
0-1	3,50	46,30	43,40	6,80
1-2	5,10	35,30	50,90	8,70
2-3	3,30	47,60	43,60	5,50
3-4	3,80	44,00	44,10	8,10
4-5	2,40	39,20	47,30	11,10
5-6	2,30	39,50	45,20	13,00
6-7	1,30	37,60	50,00	11,10
7-8	1,20	39,20	46,90	12,70

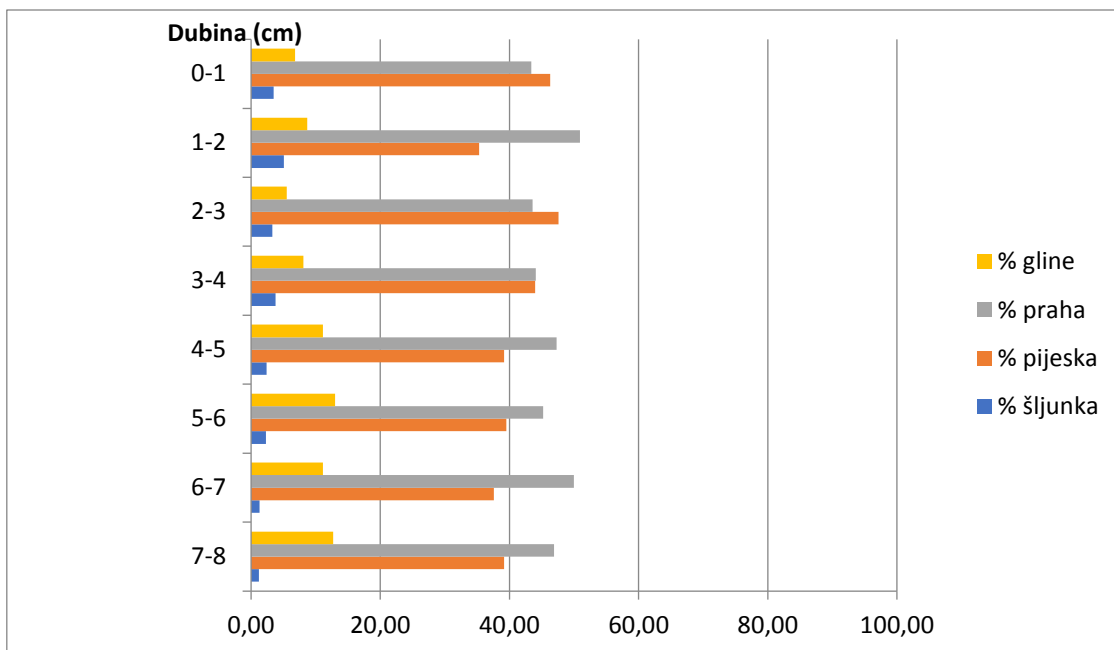
Tablica 10. Granulometrijski parametri uzoraka **Saline unutar**.

Dubina (cm)	So	M (μm)	Md (μm)	Sk	Kg
0-1	6,536	48,00	60,94	-0,199	1,155
1-2	8,200	30,23	27,85	0,089	1,255
2-3	6,418	60,02	65,55	-0,116	1,033
3-4	8,288	51,99	48,61	-0,017	1,025
4-5	7,883	27,73	26,55	0,005	0,986
5-6	8,580	24,91	24,13	0,004	0,917
6-7	7,666	25,43	23,42	0,017	0,897
7-8	8,031	24,37	23,02	-0,007	0,879



Slika 17. Trokomponentni dijagram uzoraka Saline unutar (Zeleno: Saline unutar 0-1, crveno: Saline unutar 1-2, žuto: Saline unutar 2-3, ljubičasto: Saline unutar 3-4, plavo: Saline unutar 4-5, smeđe: Saline unutar 5-6, crno: Saline unutar 6-7, bijelo: Saline unutar 7-8).

Iz prethodno analiziranih uzoraka s lokacije **Saline unutar** vidljivo je da je u šest uzoraka najzastupljenija frakcija prah, dok je u dva uzorka najzastupljenija frakcija pijesak (Slika 18). Udio frakcije pijeska se generalno smanjuje s dubinom, kao i frakcije šljunka, dok se udio frakcije gline povećava s dubinom. Frakcija praha u uzorcima varira od 43,4% do 50,9%, frakcija pijeska u uzorcima varira od 35,3 % do 47,6 %, frakcija gline varira od 5,5% do 13,0%, a frakcija šljunka od 1,2% do 5,1% (Tablica 9).



Slika 18. Grafikon s udjelima pojedinih frakcija u uzorcima **Saline unutar**.

Najveću prosječnu veličinu čestica ima uzorak s dubine 2-3 cm (60,02 μm), a najmanju uzorak s dubine 7-8 cm (24,37 μm). Najveću srednju veličinu čestica ima također uzorak s dubine od 2-3 cm (65,55 μm), a najmanju uzorak s dubine 7-8 cm (23,02 μm). Svi uzorci su izrazito loše sortirani (Tablica 10). Vrijednosti asimetričnosti raspodjele pokazuju da uzorci s dubina 0-1 i 2-3 cm imaju negativno zakošene krivulje, a svi ostali uzorci imaju gotovo simetrične krivulje. Vrijednosti zaoštrenosti krivulje pokazuju da uzorci s dubina 6-7 i 7-8 cm imaju zaravnjene krivulje, uzorci s dubina od 2-6 cm imaju srednje zaoštrene krivulje, a uzorci s dubina od 1-2 i 2-3 cm imaju zaoštrene krivulje (Tablica 10).

6. RASPRAVA

Analizom dobivenih podataka iz trokomponentnih dijagrama, grafikona (Slike 9-14) i tablica (Tablice 1-6) vidljivo je da u svim uzorcima iz uvale Funtana prevladava frakcija pijeska. Najviše pijeska je u uzorcima s lokacije **Funtana izvana**, u prosjeku gotovo 20 % više nego u uzorcima s lokacija **Funtana mix** i **Funtana caulerpa**. U uzorcima s te lokacije, frakcije gline i šljunka su praktički zanemarive dok je prah zastupljen do 17 %. U uzorcima s lokacija **Funtana mix** i **Funtana caulerpa** udio frakcije pijeska je smanjen, a povećan je udio frakcije praha naročito na lokaciji **Funtana caulerpa** gdje praha u uzorcima ima preko 30 % (Tablice 1-6). Kao i u uzorcima s lokacije **Funtana izvana**, i u uzorcima s ove dvije lokacije frakcije šljunka i gline su praktički zanemarive i njihovi udjeli se penju do maksimalno 7 % (Tablice 1-6). Takav sastav vidljiv je i na kumulativnim krivuljama (Prilozi 1-24). Iz izgleda krivulja vidljivo je da kod uzoraka s lokacije **Funtana izvana** krivulje imaju najstrmiji srednji dio upravo zbog najvećeg udjela pijeska u uzorcima s te lokacije. Uzorci s lokacije **Funtana caulerpa** također imaju strmiji srednji dio krivulje u odnosu na uzorke s lokacije **Funtana mix** jer također imaju veći udio pijeska. Analogno tome što u uzorcima s lokacija **Funtana mix** i **Funtana caulerpa** ima više čestica sitnijih od pijeska (praha i gline), završni dio kumulativnih krivulja tih uzoraka ima strmiji izgled od završnog dijela krivulja uzoraka s lokacije **Funtana izvana**. Početni dijelovi krivulja svih uzoraka su vrlo slični i imaju blagi nagib jer je u svim uzorcima vrlo mala količina šljunka (Prilozi 1-24).

Prilikom mikroskopiranja uzoraka uočeno je da u frakcijama mulja generalno dominiraju terigene čestice. U tim uzorcima vidljivi su i tinjci. S povećanjem veličine zrna dolazi do povećanja udjela biogenih čestica u sedimentu te se u sitnozrnatim pijescima nalaze uglavnom foraminifere. Već kod sitnozrnatih pijesaka se vidi da je udio biogenih čestica u postotku veći nego udio terigenih. Daljnjim povećavanjem veličine zrna, udio biogenih čestica se još više povećava te se u uzorcima nalaze fragmenti ostrakoda, školjkaša i gastropoda. U frakcijama krupnih pijesaka i šljunka se osim fragmenata školjkaša i gastropoda često nalaze i fragmenti morskih trava te terigenog bilja. Takav sastav sedimenta u kojemu je visok udio biogenih čestica i to naročito u krupnijim frakcijama odgovara općim karakteristikama sedimenata obale istočnog Jadrana (Pikelj, 2010).

Iako nisu velike, razlike u sastavu veličine zrna među uzorcima u uvali Funtana mogu imati nekoliko razloga. Najkrupnozrnatiji sedimenti lokacije Funtana izvana nalaze se blizu stjenovitog dna i to na preliminarno definiranoj pješćanoj podlozi bez vegetacije. Na takvim dnima pijesak je tipičan sediment (Pikelj, 2010). Na lokacijama uzorkovanja jezgara Funtana caulerpa i Funtana mix u većim su površinama na površini dna pronađene alge *Caulerpa racemosa* i morska trava *Cymodocea nodosa*, a s obzirom na vrlo plitko područje uzorkovanja (2,5-3 m) vrlo je vjerojatno da je dno pliće od valne baze valova. Livade morskih trava ublažavaju djelovanje valova, čime se sprječava resuspenzija sedimenta, odnosno njegovo remećenje, čime je na taj način povećana brzina njegovog taloženja (Marbà i Duarte, 2001). Sediment pronađen u livadama morskih trava na hrvatskoj obali (pr. *Posidonia oceanica*) na mjestima gdje je obala karbonatna i gdje nema značajnijeg ljudskog utjecaja najčešće je krupnozrnat (pijesak i šljunak) s velikim udjelom biogenog karbonata (Puhr & Pikelj, 2012). Holmer et al. (2009) i Piazzzi et al. (2005) navode da vrste iz roda *Caulerpa* djeluju na sediment na sličan način kao i morske cvjetnice, zadržavajući k tome veću količinu organske tvari u sedimentu nego što bi ona tu prirodno bila i smanjujući na taj način kvalitetu morskog okoliša na dnu mora te povećavajući vjerojatnost reduktivnih uvjeta u sedimentu. U slučaju reduktivnih uvjeta blizu ili na površini sedimenta smanjuje se bioraznolikost bentičkih zajednica, što za hrvatske prilike znači i smanjenje udjela biogenog sedimenta. Isti autori također navode da ukoliko je kvaliteta sedimenta dna s livadama morske trave prethodno pogoršana bilo kakvim procesom (najčešće antropogenim), bit će veća mogućnost da se umjesto livada trave počne širiti površina obrasla vrstom *Caulerpa racemosa*. Naime, ta alga lakše podnosi već narušene i često eutrofizirane podloge. S obzirom da se uvala Funtana nalazi pod utjecajem ljudskih aktivnosti (pomorski promet, turističke i druge prateće djelatnosti; terigeni donos vode i sedimenta s kopna vodotocima...), vrlo je vjerojatno da je inicijalni faktor pogoršavanja kvalitete sedimenta antropogen.

Što se tiče vertikalne promjene veličine zrna u jezgrama iz uvale Funtana, vidi se da su na lokacijama Funtana mix i Funtana caulerpa unutar livada cvjetnica i alge najdonji dijelovi jezgre ujedno i najkrupnozrnatiji, odnosno da se veličina zrna generalno smanjuje prema površini. Ovakav rezultat potvrđuje ideju o mogućem pogoršanju kvalitete morskog okoliša na dnu mora u novije vrijeme, smanjenju bentičke zajednice koja proizvodi biogeni sediment, odnosno općenito pogoršanju kvalitete morskog dna.

Kako je vidljivo iz trokomponentnih dijagrama i grafikona (Slike 15-18), uzorci iz uvale Saline pokazuju dominaciju frakcije veličine praha. U gotovo svim uzorcima frakcija praha je

zastupljena barem 45 %. Kod uzoraka s lokacije **Saline unutar** prah i glina čine otprilike dvije trećine, a pijesak jednu trećinu udjela. Uzorci s lokacije **Saline izvana** pokazuju još veću dominaciju sitnozrnatih čestica praha i gline u odnosu na čestice pijeska te u nekim uzorcima čine i 90 % ukupnog udjela. Frakcija praha je nešto zastupljenija u uzorcima s lokacije **Saline izvana**, a frakcija gline je znatno zastupljenija u uzorcima s te lokacije. Frakcija šljunka u uzorcima s obje lokacije je praktički zanemariva i čini do 5 % udjela u sedimentu. Iz kumulativnih krivulja (Prilozi 25-40) uzoraka s ove dvije lokacije također vidimo strukturne razlike u sedimentu. Kumulativne krivulje uzoraka s lokacije **Saline izvana** imaju znatno strmiji nagib završnog dijela krivulja zato što imaju veći udio sitnih čestica nego uzorci s lokacije **Saline unutar**. Isto tako, krivulje tih uzoraka imaju blagi nagib u početnom i srednjem dijelu zbog nižeg udijela šljunka i pijeska. Uzorci s lokacija **Saline unutar** imaju strmiji izgled srednjeg dijela krivulje zbog toga što je udio pijeska u tim uzorcima značajno veći nego u uzorcima **Saline izvana**, a isto tako imaju i blaži nagib završnog dijela krivulje jer je udio sitnijih čestica u njima manji nego kod uzoraka **Saline izvana**. Početni dijelovi krivulja svih uzoraka imaju blag nagib jer je udio šljunka u svim uzorcima vrlo malen (Prilozi 25-40).

U odnosu na sediment iz uvale Funtana, sediment iz uvale Saline je generalno sitnozrnatiji i radi se o muljevima. Oba su sedimenta izvađena s dubina dna koje su vjerojatno također iznad valne baze (1,5-2 m), pa bi bilo za očekivati da je sediment ovdje krupnozrnatiji i višestruko ispran. Također, jezgra s uzorcima Saline unutra je također uzorkovana unutar dna pokrivenog cvjetnicom *Cymodocea nodosa*, pa je iz istog razloga za očekivati biogeni krupnozrnatiji sediment. Međutim, u uvali Saline postoji značajan donos sedimenta s kopna vodotocima (Slika 5) u odnosu na okolnu karbonatnu obalu, pa je donos sitnozrnatog materijala vjerojatno i veći u odnosu na uvalu Funtana. Kvartarne naslage tog područja sačinjene su od crvenice te ti vodotoci u uvalu donose sitnozrnate čestice od kojih su izgrađene naslage crvenice.

Što se tiče promjene veličine zrna sedimenta duž jezgara u uvali Saline, na obje lokacije su površinski slojevi najkrupnozrnatiji. Moguće je da ovakve male razlike do određene mjere zaista i ukazuju na resuspenziju sedimenta valovima i odnošenje čestica u dublje dijelove, kao i pozitivan efekt livada morske cvjetnice na bentičku karbonatnu zajednicu.

Zimi preko Alpa i Dinarida iznad kontinentalnih dijelova Europe dotječe hladan i suh zrak (bura). Unatoč modifikatorskom utjecaju reljefa na vjetrove, iz dostupnih podataka je očito da u Istri najčešće pušu vjetrovi iz smjerova sjeveroistoka i istoka (bura), i jugoistoka (jugo). Bura je najčešća po zimi, jer je Jadran u to godišnje doba često u područjima niskog zračnog

tlaka. Jačina bure ovisi o lokalnim topografskim prilikama, a najveće brzine, čak i veće od 150 km/h. Vjetar takvog jačeg intenziteta također može biti bitan faktor u donosu sedimenta s obale u uvalu, naročito sitnozrnatog (<https://www.istramet.hr/klima-u-istri/>).

Goli tereni u zaleđu obiju uvala povećavanju mogućnost donosa materijala u more vjetrom. Tereni su u zaleđu uvala uglavnom ogoljeni zbog poljoprivrede i građevinskih zahvata i kao takvi mogu dati značajnu količinu sedimenta. Crveni materijal koji je uočen prilikom mikroskopiranja odgovara prijašnjim istraživanjima zapadne obale Istre gdje je u sedimentima obale pronađen takav materijal koji je podrijetlom iz crvenice donesene s kopna (Fütterer & Paul, 1976). U uvali Saline s njene istočne strane nalazi se veliki turistički kompleks s brojnim plažama koje ovdje nisu prirodne, već su nasipane, najčešće sitnozrnatijim karbonatnim materijalom iz kamenoloma. Prašina u svježije nasutom materijalu za vjetrovitijih vremenskih prilika također može sezonski biti izvor sitnozrnatijeg materijala koji se taloži u uvali.

Rubni dio lokacija uzorkovanja u uvali Funtana čini vanjski dio umjetno napravljenog lukobrana (Slika 3). Lukobran je dugačak preko 200 m te predstavlja veću antropogeno izgrađenu strukturu. Prilikom izgradnje takvih struktura uobičajeno se nasipavaju veći dijelovi mora radi omogućavanja pristupa teškoj mehanizaciji prilikom izgradnje ovakvih građevina. Svaka takva intervencija u okolišu direktno (nasipavanjem) i indirektno (eolskim transportom) može dati mjestimice i značajnije količine sedimenta različitih veličina zrna. Na mjestu uzorkovanja sedimenta u uvali Funtana ovakav je utjecaj donosa antropogenog sedimenta u recentno vrijeme vidljiv na satelitskoj slici (Slika 3). Vrlo je vjerojatno da je prilikom izgradnje dio livade cvjetnica i prekriven ovakvim sedimentom.

7. ZAKLJUČAK

Analizom uzoraka iz uvala Funtana i Saline utvrđene su razlike u građi sedimenta tih dviju uvala. Iz prethodno iznesenih rezultata vidljivo je da u uvali Funtana dominiraju čestice veličine pijeska, dok u uvali Saline čestice praha i gline čine većinu sedimenta.

Prilikom promatranja sedimenta svjetlosnom lupom jasno se vidi da je sediment u obje uvale miješanog biogenog i terigenog podrijetla te je mješavina karbonatnih i siliciklastičnih komponenata, uz veći udio terigenih i siliciklastičnih čestica u sitnozrnatijim frakcijama dok se s povećanjem veličine zrna povećava i udio biogenih i karbonatnih čestica.

Usporedbom uzoraka s lokacija iz uvala Funtana i Saline vidljivo je da postoji razlika u strukturi sedimenta te dvije uvale. Dok je u uzorcima iz uvale Funtana dominantna frakcija pijeska, uzorci iz uvale Saline pokazuju dominaciju sitnozrnatih čestica gline i praha. Općenito je u uzorcima s obje lokacije vidljivo smanjenje udjela krupnijih čestica s udaljavanjem od obale, ali to smanjenje vjerojatno nije uzrokovano povećanjem dubine i smanjenjem valne baze, odnosno smanjenjem utjecaja valova na dno mora, jer su sve jezgre izvađene s vrlo malih dubina dna (do 3 m). Uzrok tomu je vjerojatno pojačan terigeni donos čestica eolskim putem i vodotocima. Uvala Funtana, kao što je vidljivo na Slici 1, je blago uvučena u kopno i razmjerno otvorena prema ostatku mora dok uvala Saline već pripada početku Limskog zaljeva te je značajno uvučena u kopno. Uvala Saline je iz tog razloga više zaštićena od morskih struja i valova te su uvjeti sedimentacije mirniji nego oni u uvali Funtana gdje se više osjeti utjecaj otvorenog mora. Prirodan donos materijala vodotocima u uvalama također postoji, što nije tipična karakteristika istočne obale Jadrana. U uvali Saline je taj utjecaj nešto veći pa je sediment i generalno sitnozrnatiji. Na veličinu zrna sedimenta u uvali Funtana vjerojatno utjecaj ima i raspodjela invazivne alge *Caulerpa racemosa*, koja uspijeva na sedimentu pogoršane kvalitete, dodatno zadržava organsku tvar, smanjujući na taj način raznolikost bentičkih proizvođača karbonatnog sedimenta, kojeg najčešće na hrvatskoj obali nalazimo u krupnozrnatim frakcijama.

Izvor terigene komponente su u manjoj mjeri abradirane čestice koje grade obalne sedimente te zemlja crvenica koja se u većim količinama nalazi u obalnom području uvala, a donešena je uglavnom eolskim putem te djelomično vodotocima u uvali Saline. Biogene čestice građene su od foraminifera, ostrakoda, ostataka školjkaša i gastropoda te mali udio od fragmenata morskih trava i kopnenog bilja.

Na građu sedimenta utjecala je i antropogena aktivnost, naročito u uvali Funtana gdje su vršeni veći građevinski radovi u recentnije vrijeme. U uvali Saline antropogeni sediment može doći ispuhivanjem nasipanog materijala na umjetnim plažama.

8. LITERATURA

Alfirević, S. (1960): Rezultati morfoloških i geoloških istraživanja marinskih sedimenata u kanalima zadarskog arhipelaga, *Hidrografski godišnjak za 1960*, 67-104.

Battaglia, M., Murray, M. H., Serpelloni, E., Bürgmann, R. (2004): The Adriatic region: An independent microplate within the Africa-Eurasia collision zone. *Geophysical Research Letters* 31, L09605, 1-4.

Bianchi, G. G., Hall, I. R., Mccave, I.N. & Joseph, L. (1999): Measurement of the sortable silt current speed proxy using the Sedigraph 5100 and Coulter Multisizer II: precision and accuracy. *Sedimentology* 46/6, 1001-1014.

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.

Brambati, A. (1990): Origin and evolution of the Adriatic Sea. U: Colombo, G. (ur.): *The Adriatic Sea: 25th European Marine Biology Symposium*, University of Ferrara, 5-24.

Cattaneo, A., Trincardi, F., Asioli, A. & Correggiari, A. (2007): The Western Adriatic Shelf Clinof orm: energy-limited bottomset, *Continental Shelf Research* 27, 506-525

Correggiari, A., Roveri, M. & Trincardi, F. (1996): Late Pleistocene and Holocene evolution of the North Adriatic Seas. *Il Quaternario* 9/2, 697-704.

Felja, I., Fontana, A., Furlani, S., Bajraktarević, Z., Paradžik, A., Topalović, E., Rossato, S., Ćosović, V. & Juračić, M. (2015): Environmental changes in the lower Mirna River during the Middle and Late Holocen, *Geologia Croatica*, 68/3, 209-224.

Flügel, E. (2004): *Microfacies of Carbonate Rocks. Analysis, Interpretation and Application*. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York, 976 str.

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

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.

- Frignani, M., Lagnone, L., Ravaioli, M., Sorgente, D., Alvisi, F., Albertazzi, S. (2005): Fine sediment mass balance in the western Adriatic continental shelf over a century time scale. *Marine Geology* 222-223, 113-133.
- Fütterer, D. (1969): Die Sedimente der nördlichen Adria vor der Küste Istriens. *Göttinger Arbeiten zur Geologie und Paläontologie*, 3, 57 str.
- Fütterer, D. & Paul, J. (1976): Recent and Pleistocene sediments off the Istrian Coast (Northern Adriatic, Yugoslavia), *Senckenbergiana Maritima.*, 8, 1-21.
- Goosens, D. (2008): Techniques to measure grain-size distributions of loamy sediments: a comparative study of ten instruments for wet analysis. *Sedimentology* 55, 65-96.
- Halfar, J., Ingle Jr, J. C. & Godinez-Orta, L. (2004): Modern non-tropical mixed carbonate-siliciclastic sediments and environments of the southwestern Gulf of California, Mexico. *Sedimentary geology* 165, 93-115.
- Holmer, M., Marbà, N., Lamote, M. & Duarte, C. M. (2009): Deterioration of Sediment Quality in Seagrass Meadows (*Posidonia oceanica*) Invaded by Macroalgae (*Caulerpa sp.*). *Estuaries and Coasts* 32, 456-466.
- Janeković, M., Juračić, M., & Sondi, I. (1995): Sedimentacijske osobitosti rijeke Mirne (Istra, Hrvatska). *Zbornik radova 1. Hrvatskog geološkog kongresa, Opatija*, 225-227.
- Juračić, M. (1998): O nastanku i promjenama delte rijeke Neretve. *Dubrovnik, časopis za književnost i znanost, Nova serija, godište IX., br. 4*, 228-232.
- Korbar, T. (2009): Orogenic evolution of the External Dinarides in the NE Adriatic region: a model constrained by tectonostratigraphy of Upper Cretaceous to Paleogene carbonates. *Earth-Science Reviews* 96, 296-312.
- Marbà, N., Duarte, C. M. (2001): Growth and sediment space occupation by seagrass *Cymodocea nodosa* roots. *Marine ecology progress series*, 224, 291-298.
- Matijević, S., Bogner, D., Morović, M., Tičina, V. & Grbec, B. (2008): Characteristics of the sediment along the Eastern Adriatic coast (Croatia).- *Fresenius Environmental Bulletin*, 17/10b, 1763-1772.

- 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.
- Micromeritics (2002): SediGraph 5100 Particle size analysis system operator manual, Micromeritics Instrument Corporation, Norcross, Georgia.
- Paul, J. (1970): Sedimentgeologische Untersuchungen im Limski kanal und vor der istrischen Küste (nördliche Adria). *Göttinger Arbeiten zur Geologie und Paläontologie*, 7, 75 str.
- Piazzì, L., Balata, D., Ceccherelli, G. & Cinelli, F. (2005): Interactive effect of sedimentation and *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* invasion on macroalgal assemblages in the Mediterranean Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 64, 467-474.
- Pigorini, B. (1968): Sources and dispersion of recent sediments of the Adriatic Sea. *Marine Geology* 6, 187-229.
- Pikelj, K. (2010): Sastav i porijeklo sedimenata dna istočne strane Jadranskog mora, Sveučilište u Zagrebu, 239 str.
- Pikelj, K. & Juračić, M. (2013): Eastern Adriatic Coast (EAC): Geomorphology and Coastal Vulnerability of a Karstic Coast, *Journal of coastal research*, 29, 944-957.
- Polšak, A & Šikić, D. (1973): Osnovna geološka karta 1:100 000, L 33-100 Rovinj, tumač za list Rovinj, Savezni geološki zavod, Beograd, 47 str.
- Prelogović, E. & Kranjec, V. (1983): Geološki razvitak područja Jadranskog mora. *Pomorski zbornik* 21, 378-405
- Puhr, K. & Pikelj, K. (2012): The effect on *in situ* shading on a *Posidonia oceanica* meadow situated within a fish farm induced moderately nutrient enriched environment. *Marine Pollution Bulletin* 64, 1537-1548.
- Riđanović, J. (2002): Geografija mora. Hrvatski Zemljopis – naklada Dr. Feletar, Copygraf, Zagreb, 214 str.
- Scisciani, V. & Calamita, F. (2009): Active intraplate deformation within Adria: Examples from the Adriatic region, *Tectonophysics*, 476/1-2, 57-72.
- Shepard, F. P. (1954): Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. *Journal of Sedimentary Petrology*, 24, 151-158.

Steckler, M. S., Ridente, D. & Trincardi, F. (2007): Modeling of sequence geometry north of Gargano Peninsula by changing sediment pathways in the Adriatic Sea. *Continental Shelf Research* 27, 526-541.

Surić, M., Juračić, M., Horvatinčić, N. & Krajcar Bronić, I. (2005): Late Pleistocene – Holocene sea – level rise and the pattern of coastal karst inundation: records from submerged speleotherme along the Eastern Adriatic Coast (Croatia). *Marine Geology*, 214, 163-175.

Trincardi, F., Correggiari, A. & Roveri, M. (1994): Late-Quaternary transgressive erosion and deposition in the Adriatic epicontinental basin. *Geo-Marine Letters* 14, 41-51.

Van Straaten, L. M. J .U. (1970): Holocene and Late Pleistocene sedimentation in the Adriatic Sea. *Geologische Rundschau* 60/1, 106-131.

Vdović, N. & Juračić, M. (1993): Sedimentological and surface characteristics of the Northern and Central Adriatic sediments, *Geologia Croatica* 46/1, 157-163.

Vlahović, I., Tišljarić, J., Velić, I. & Matičec, D. (2002): The Karst Dinarides are composed of relics of a single Mesozoic platform: facts and consequences. *Geologia Croatica* 55/2, 171-183.

Vlahović, I., Tišljarić, J., Velić, I. & Matičec, D. (2005): Evolution of the Adriatic Carbonate Platform: Palaeogeography, main events and depositional dynamics. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology* 220, 333-360.

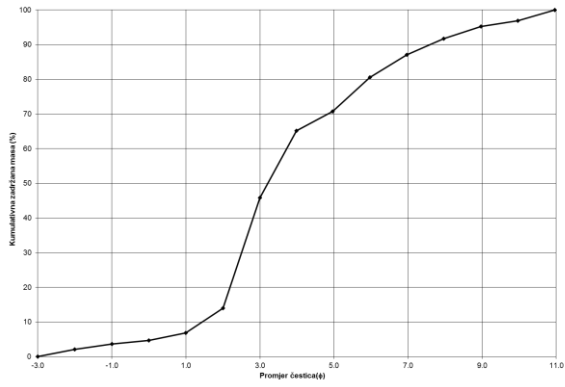
Wentworth, C. K. (1922): A scale of grade and class terms for clastic sediments. *The Journal of Geology* 30, 377-392.

INTERNETSKI IZVORI:

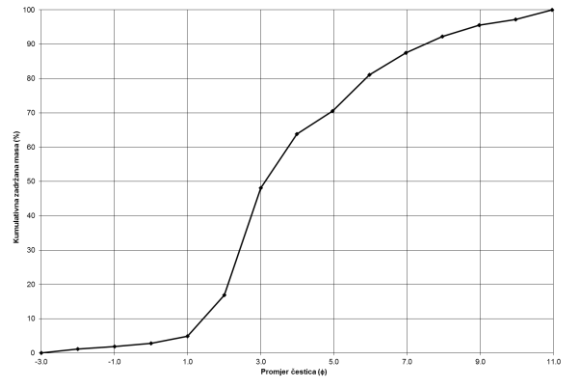
<https://www.istramet.hr/klima-u-istri/>

Google Earth

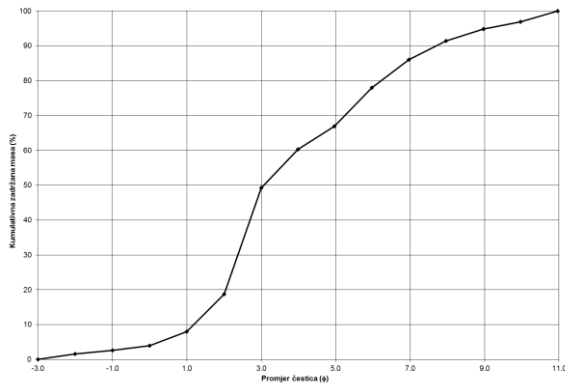
9. PRILOZI



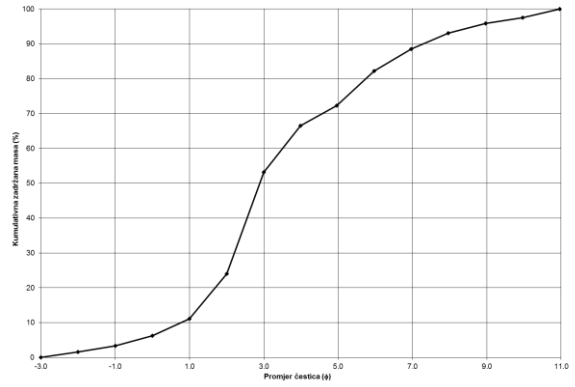
Prilog 1: Kumulativna krivulja uzorka Funtana caulerpa 0-1



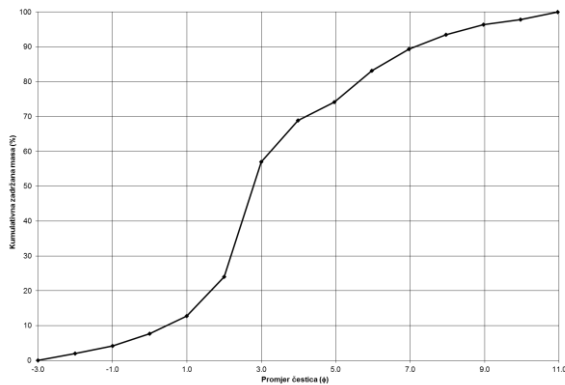
Prilog 2: Kumulativna krivulja uzorka Funtana caulerpa 1-2



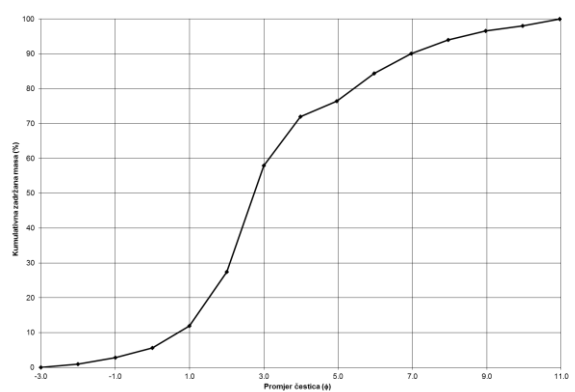
Prilog 3: Kumulativna krivulja uzorka Funtana caulerpa 2-3



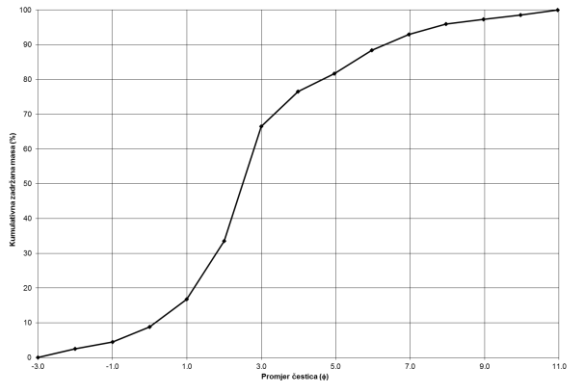
Prilog 4: Kumulativna krivulja uzorka Funtana caulerpa 3-4



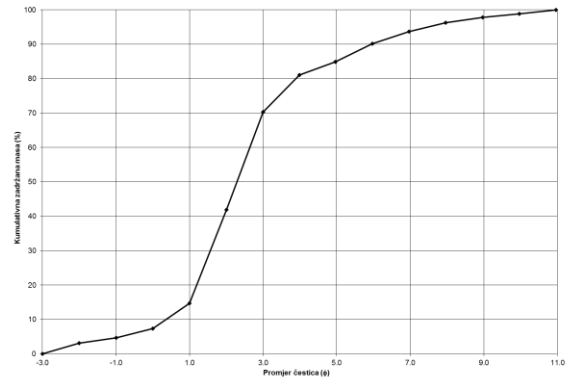
Prilog 5: Kumulativna krivulja uzorka Funtana caulerpa 4-5



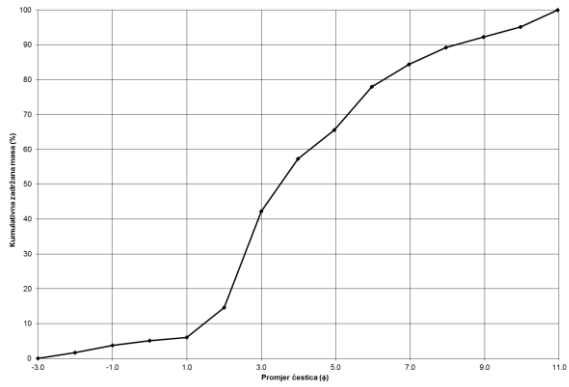
Prilog 6: Kumulativna krivulja uzorka Funtana caulerpa 5-6



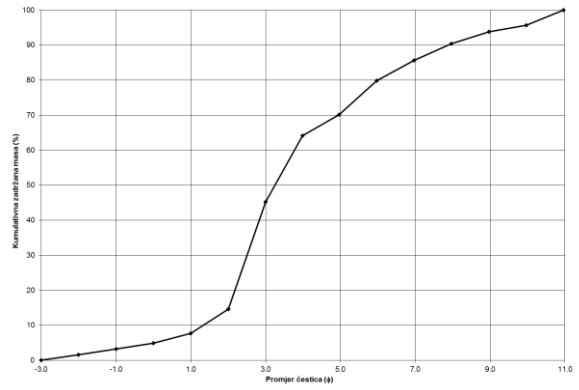
Prilog 7: Kumulativna krivulja uzorka Funtana caulerpa 6-7



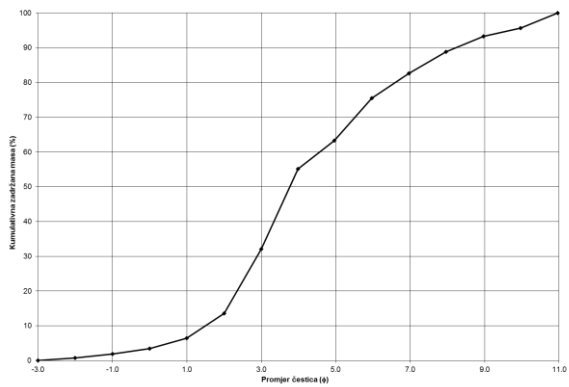
Prilog 8: Kumulativna krivulja uzorka Funtana caulerpa 7-8



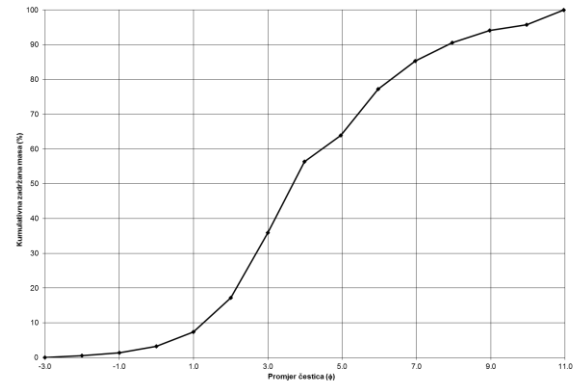
Prilog 9: Kumulativna krivulja uzorka Funtana mix 0-1



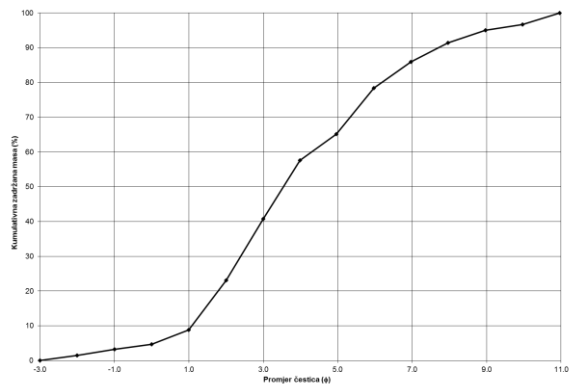
Prilog 10: Kumulativna krivulja uzorka Funtana mix 1-2



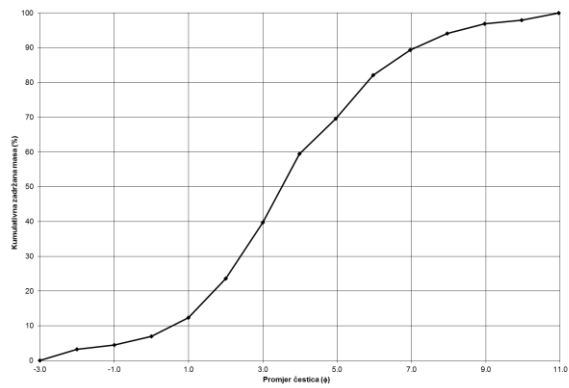
Prilog 11: Kumulativna krivulja uzorka Funtana mix 2-3



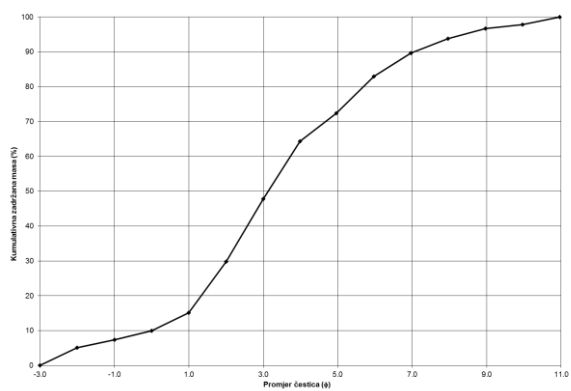
Prilog 12: Kumulativna krivulja uzorka Funtana mix 3-4



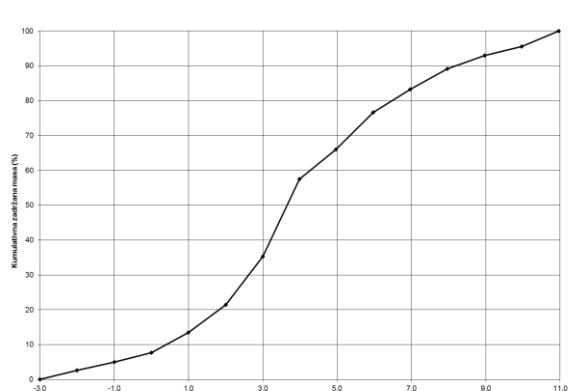
Prilog 13: Kumulativna krivulja uzorka Funtana mix 4-5



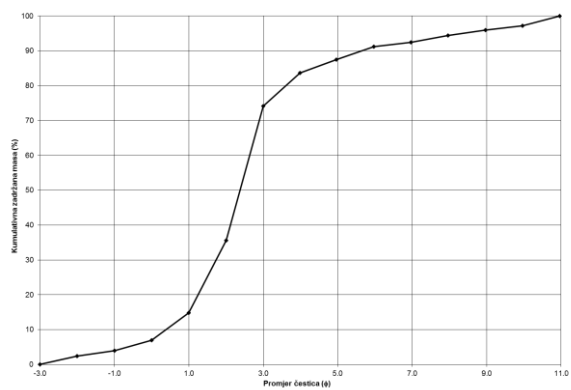
Prilog 14: Kumulativna krivulja uzorka Funtana mix 5-6



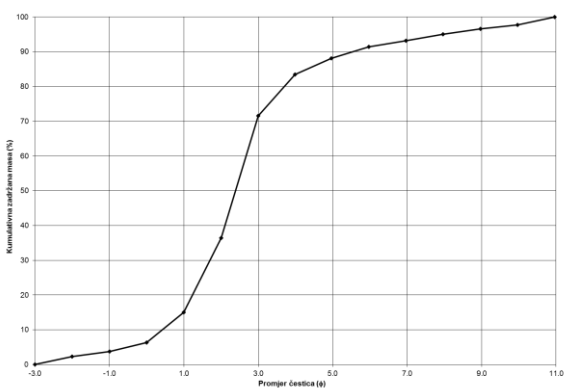
Prilog 15: Kumulativna krivulja uzorka Funtana mix 6-7



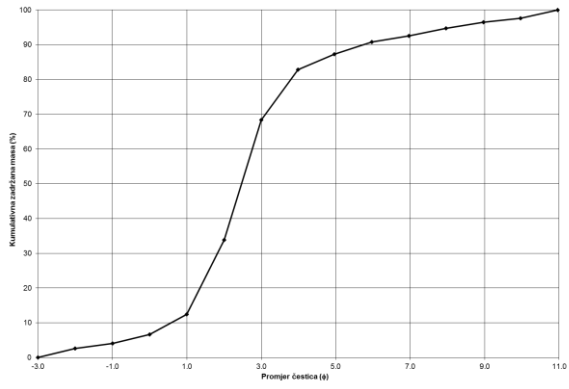
Prilog 16: Kumulativna krivulja uzorka Funtana mix 7-8



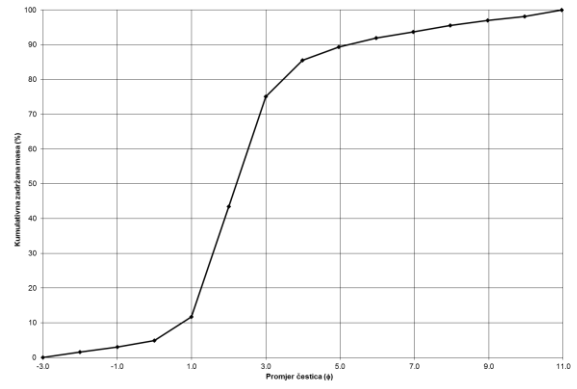
Prilog 17: Kumulativna krivulja uzorka Funtana izvana 0-1



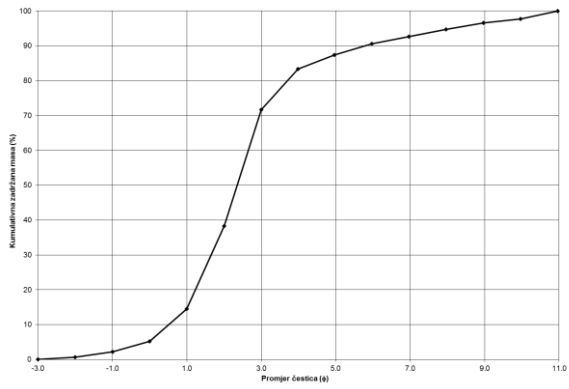
Prilog 18: Kumulativna krivulja uzorka Funtana izvana 1-2



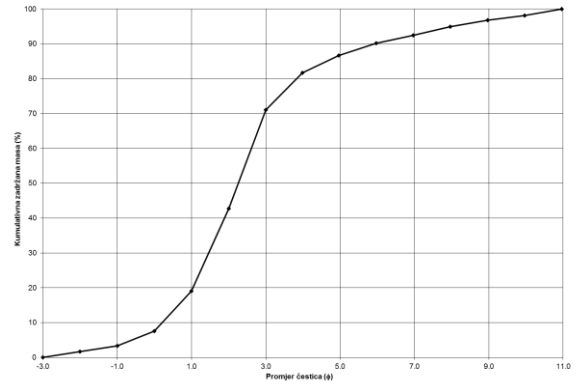
Prilog 19: Kumulativna krivulja uzorka Funtana izvana 2-3



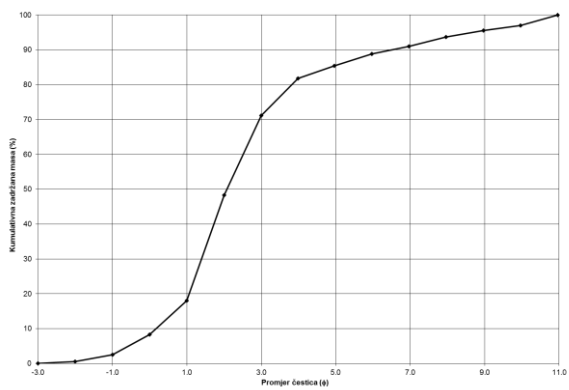
Prilog 20: Kumulativna krivulja uzorka Funtana izvana 3-4



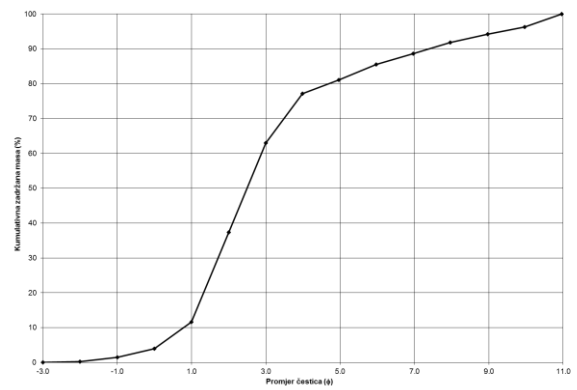
Prilog 21: Kumulativna krivulja uzorka Funtana izvana 4-5



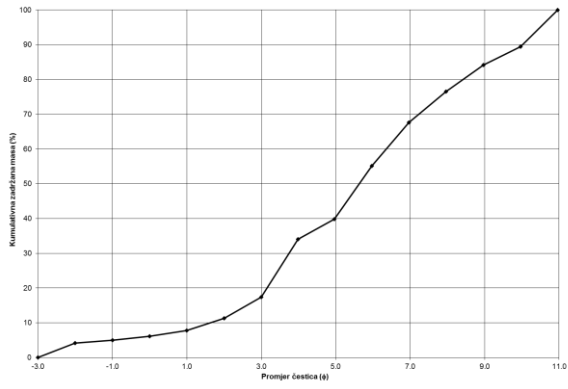
Prilog 22: Kumulativna krivulja uzorka Funtana izvana 5-6



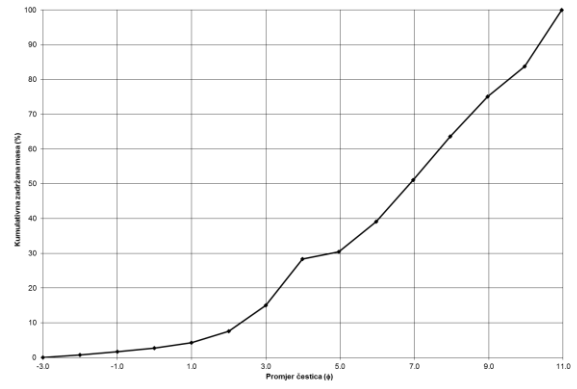
Prilog 23: Kumulativna krivulja uzorka Funtana izvana 6-7



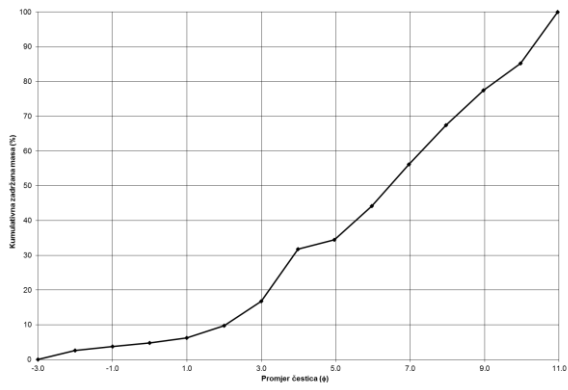
Prilog 24: Kumulativna krivulja uzorka Funtana izvana 7-8



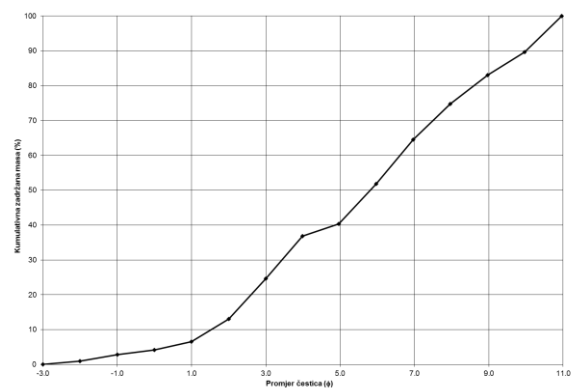
Prilog 25: Kumulativna krivulja uzorka Saline izvana 0-1



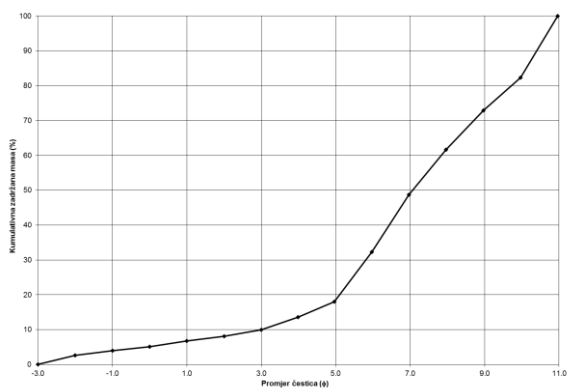
Prilog 26: Kumulativna krivulja uzorka Saline izvana 1-2



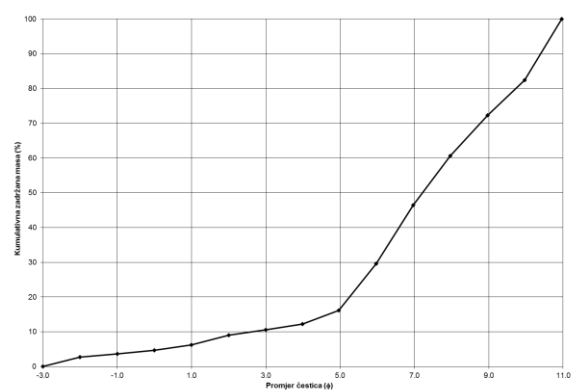
Prilog 27: Kumulativna krivulja uzorka Saline izvana 2-3



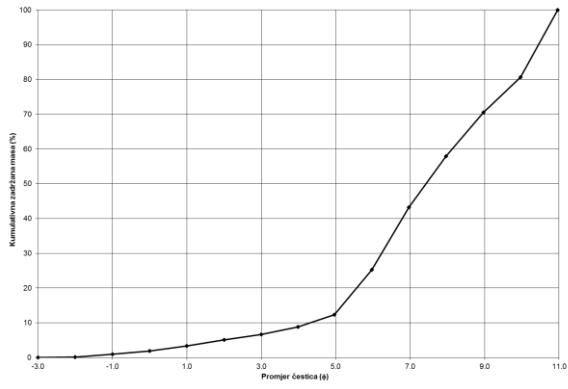
Prilog 28: Kumulativna krivulja uzorka Saline izvana 3-4



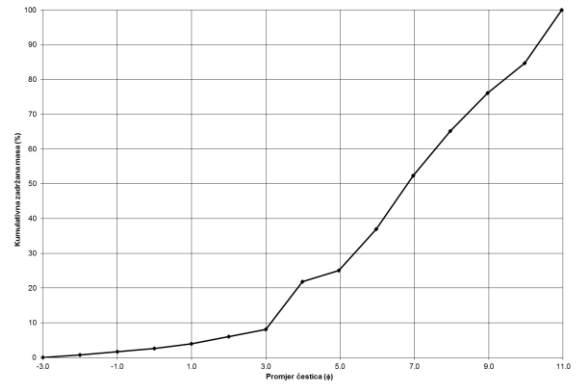
Prilog 29: Kumulativna krivulja uzorka Saline izvana 4-5



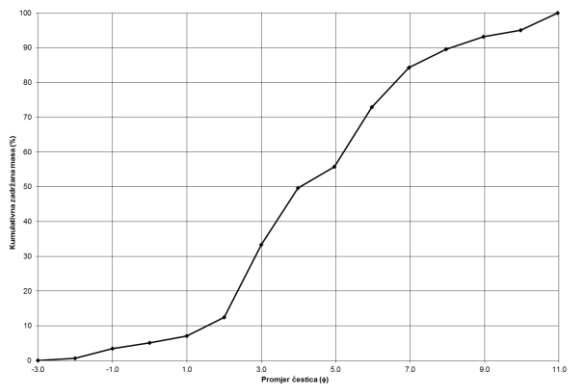
Prilog 30: Kumulativna krivulja uzorka Saline izvana 5-6



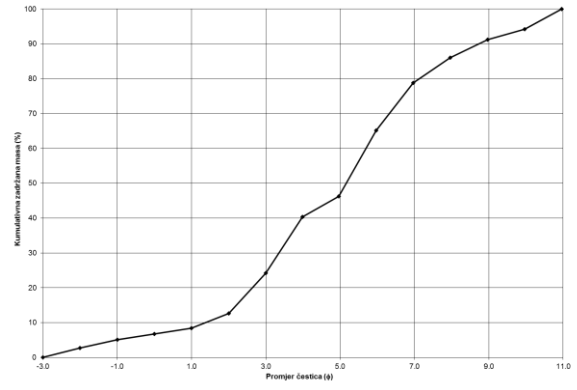
Prilog 31: Kumulativna krivulja uzorka Saline izvana 6-7



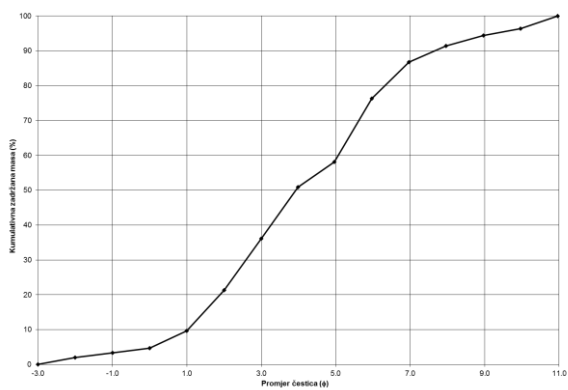
Prilog 32: Kumulativna krivulja uzorka Saline izvana 7-8



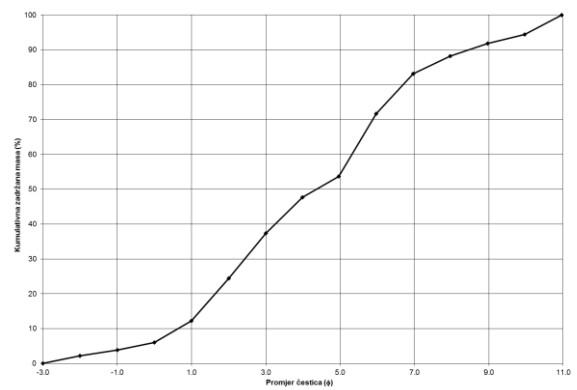
Prilog 33: Kumulativna krivulja uzorka Saline unutar 0-1



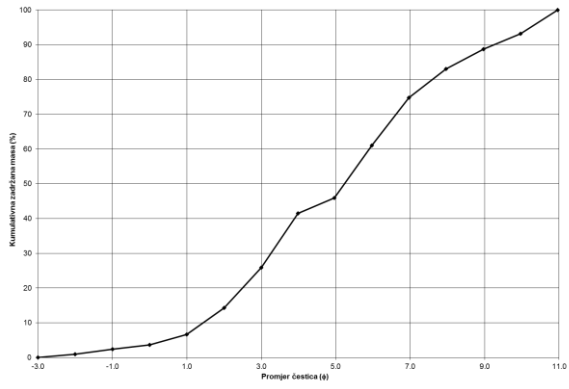
Prilog 34: Kumulativna krivulja uzorka Saline unutar 1-2



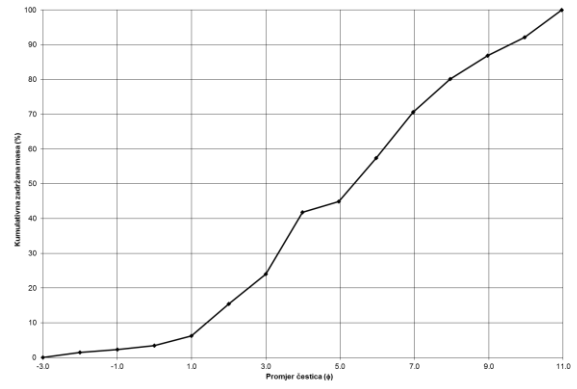
Prilog 35: Kumulativna krivulja uzorka Saline unutar 2-3



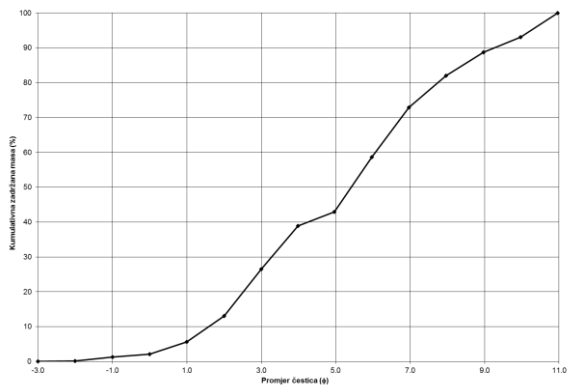
Prilog 36: Kumulativna krivulja uzorka Saline unutar 3-4



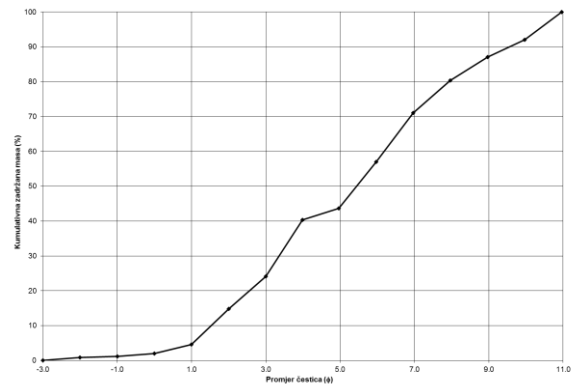
Prilog 37: Kumulativna krivulja uzorka Saline unutar 4-5



Prilog 38: Kumulativna krivulja uzorka Saline unutar 5-6



Prilog 39: Kumulativna krivulja uzorka Saline unutar 6-7



Prilog 40: Kumulativna krivulja uzorka Saline unutar 7-8