

Mineraloške i granulometrijske karakteristike površinskih sedimenata dna hrvatske strane Jadranskog mora

Trinajstić, Nina

Master's thesis / Diplomski rad

2015

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:217:885816>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-01**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET
GEOLOŠKI ODSJEK

NINA TRINAJSTIĆ

**MINERALOŠKE I GRANULOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE
POVRŠINSKIH SEDIMENTA DNE HRVATSKE STRANE
JADRANSKOG MORA**

Diplomski rad

predložen Geološkom odsjeku

Prirodoslovno-matematičkog fakulteta

Sveučilišta u Zagrebu

radi stjecanja akademskog stupnja

magistar geologije

Zagreb, 2015.

Ovaj diplomski rad izrađen je na Geološkom odsjeku Prirodoslovno–matematičkog fakulteta pod vodstvom prof. dr. sc. Darka Tibljaša u sklopu diplomskog studija Geologije smjer mineralogija i petrologija, na Prirodoslovno–matematičkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu.

ZAHVALA

Zahvaljujem...

... mentoru dr.sc. Darku Tibljašu na pomoći pri odabiru teme, te savjetima, strpljenju i pomoći tijekom izrade ovog rada.

... dr.sc. Kristini Pikelj na pomoći pri odabiru teme, ustupljenim uzorcima, te stalnoj podršci i pomoći tijekom izrade ovog rada i cijelog studija.

... dipl.inž. Štefici Kampić na velikoj pomoći u laboratorijskoj analizi.

... dr.sc. Marijanu Kovačiću na komentarima i sugestijama koji su pridonijeli poboljšanju ovog rada.

... dr.sc. Mladenu Juračići na ustupljenoj literaturi, komentarima i sugestijama koji su pridonijeli poboljšanju ovog rada.

... mojim prijateljima i kolegama koji su mi mi godine studija učinili lakšima i zabavnijima.

... mojim roditeljima na razumijevanju, savjetima i nesebičnoj potpori tijekom studija.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Geološki odsjek

Diplomski rad

MINERALOŠKE I GRANULOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE POVRŠINSKIH SEDIMENATA DNA HRVATSKE STRANE JADRANSKOG MORA

NINA TRINAJSTIĆ

Rad je izrađen na Geološkom odsjeku, Prirodoslovno-matematičkog fakulteta
Horvatovac 95, 10 000 Zagreb.

Sažetak: U ovom radu istraživani su površinski sedimenti hrvatske strane Jadranskog mora. Granulometrijski podaci dobiveni su mokrim sijanjem i sedigrafom, udio karbonata određen je kalcimetrijom, a frakcija $<2\mu\text{m}$ analizirana je metodom rendgenske difrakcije. Većina istraženih uzoraka određena je kao mulj, što je i očekivano s obzirom da su uzorci uzeti s područja gdje je prijašnjim istraživanjima utvrđen veći udio muljevite komponente. Kalcimetrija je dokazala značajan udio karbonata u sitnozrnatoj frakciji, što se pokazalo različito od dosadašnjeg mišljenja da se u toj frakciji nalazi prvenstveno siliciklastična komponenta. Ostatak sitnozrnate frakcije čine minerali glina koji su zastupljeni s mineralima illitom, smektitom, kloritom, kaolinitom i u nekim uzorcima serpentinom. Razlike u vrijednostima „kristaliniteta“ illita i smektita omogućile su jasnije uočavanje pojedinih sedimentacijskih prostora hrvatske strane Jadrana. Svi podaci uspoređeni su s podacima dobivenim dosadašnjim istraživanjima na talijanskoj strani, te su upotpunili dosadašnju sliku površinskih sedimenata Jadrana.

Ključne riječi: karbonati, „kristalinitet“ illita, „kristalinitet“ smektita, minerali glina, mulj površinski sedimenti Jadrana, XRD analiza.

Rad sadrži: VI + 89 stranice, 95 slike, 19 tablica, 57 referenci

Jezik izvornika: hrvatski

Rad je pohranjen u: Središnjoj geološkoj knjižnici Prirodoslovno-matematičkog fakulteta, Sveučilište u Zagrebu, Horvatovac 102a, 10 000 Zagreb, Republika Hrvatska.

Mentor: Dr. sc. Darko Tibljaš, redoviti profesor

Ocjenjivači: Dr.sc. Darko Tibljaš, redoviti profesor

Dr.sc. Marijan Kovačić, izvanredni profesor

Dr.sc. Mladen Juračić, redovni profesor

Datum obrane diplomskog rada: 11.2.2015.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Geology

Master Thesis

MINERALOGICAL AND GRANULOMETRIC CHARACTERISTICS OF SURFACE SEABED SEDIMENTS OF THE CROATIAN PART OF THE ADRIATIC SEA

NINA TRINAJSTIĆ

Thesis completed at the Department of Geology, Faculty of Science Horvatovac 95,
10 000 Zagreb.

Abstract: In this study surface sediments of the Croatian part of the Adriatic sea have been investigated. Granulometric data were gained by wet sieving and with the sedigraph. Carbonate component was determined by calcimetry. Fraction $<2\mu\text{m}$ was analysed by X-ray diffraction. Most of the sediments are muds, which was excepted considering that samples were taken from the areas where the previous research determined a larger share of the mud fraction. Calcimetry has proved a significant proportion of carbonate in the fine-grain fraction, which are different from previous reviews that the fine-grain fraction is siliciclastic. The rest of the fine grain fraction consists of clay minerals that are represented with minerals illite, smectite, chlorite, kaolinite and in some samples with serpentine. Differences in "crystallinity" of illite and smectite made it possible to more clearly differentiate sedimentary areas of the Croatian side. All data were compared with data obtained by previous research on the Italian side. This research has helped to upgrade the current image of the sedimentary area of the Adriatic

Key words: Adriatic seabed sediments, carbonate, clay mineral, illit „crystallinity“, mud, smectit „crystallinity“, XRD analysis

Thesis contains: VI + 89 pages, 95 figures, 19 tables, 57 references

Original in: Croatian

Thesis deposited in: Central geological library, Faculty of Science, University of Zagreb, Horvatovac 102 a, 10 000 Zagreb, Croatia

Supervisor: Professor Darko Tibljaš, PhD

Reviewers: Professor Darko Tibljaš, PhD
Professor Marijan Kovačić, PhD
Professor Mladen Juračić, PhD

Presentation date: 11.2.2015.

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
1.1. Šelf i sedimenti šelfa.....	2
1.1.1. Istraživano područje - Šelf Jadranskog mora	3
2. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA SEDIMENATA JADRANSKOG MORA.....	5
2.1. Sastav i porijeklo površinskih sedimenata istočne strane Jadranskog mora .	5
2.2. Vrsta i rasprostranjenost sedimenata zapadnog i središnjeg dijela Jadranskog mora.....	7
2.3. Porijeklo, rasprostranjenost i vrsta minerala glina zapadnog i središnjeg dijela Jadranskog mora	9
3. MATERIJALI I METODE	14
3.1. Uzorkovanje	14
3.2. Laboratorijska mjerenja	18
3.2.1. Kombinirana granulometrijska analiza mokrim sijanjem i sedigrafom ...	18
3.2.2. Određivanje udjela karbonata	20
3.2.3. Mikroskopska analiza frakcija šljunka i pijeska	21
3.2.4. Rendgenska difrakcijska analiza.....	22
4. REZULTATI	27
4.1. Rezultati granulometrijske analize	27
4.2. Rezultati analize udjela karbonata.....	34
4.3. Rezultati mikroskopske analize frakcija šljunka i pijeska	36
4.4. Rezultati rendgenske difrakcijske analize.....	41
4.4.1. Neorijentirani preparati frakcije <2 µm	41
4.4.2. Orijentirani preparati	43
5. RASPRAVA	63
5.1. Granulometrijske karakteristike sedimenata.....	63
5.2. Karbonatna komponenta	65

5.3. Šljunak i pijesak.....	65
5.4. Glinovita frakcija (<2 μ m).....	66
6. ZAKLJUČAK	71
7. LITERATURA.....	73
8. PRILOZI	79

1. UVOD

Jadransko more dio je Sredozemnog mora, a nalazi se između Apeninskog poluotoka, Alpa i Dinarida. Zbog njegovog značaja za države koje ga okružuju bio je predmet interesa mnogih istraživača. Sedimentacija na prostoru Jadranskog mora pod utjecajem je različitih faktora, jedan od razloga raznolikosti je činjenica da je dio prostora za vrijeme zadnjeg ledenog doba bio kopno, odnosno prostor fluvijalne ravnice, te jezera i močvara (Colantoni et al., 1979). Drugi razlog su značajne razlike u tipu stijena koje se nalaze na istočnoj i zapadnoj obali mora (Cattaneo et al., 2007). Kako će se odvijati sedimentacija u ovom prostoru regulirano je i specifičnom cirkulacijom mora, koja se zbog izdužene građe Jadrana kreće od jugoistoka duž istočne obale prema sjeverozapadu i sa sjeverozapada duž zapadne obale prema jugoistoku. Zbog značajnih razlika u sedimentaciji na talijanskoj i hrvatskoj strani, cilj ovog istraživanja bio je odrediti osnovne mineraloške i granulometrijske karakteristike odabranih površinskih sedimenata hrvatske strane jadranskog šelfa. Granulometrijskim podacima željela se odrediti vrsta sedimenta i udio glinovite frakcije u odabranim uzorcima, te usporediti dobivene podatke s poznatim (Pigorini, 1968; Van Straaten, 1970; Pikelj, 2010). Korišteni uzorci odabrani su na području na kojem je prijašnjim istraživanjem ustanovljen veći udio glinovite komponente u sedimentu (Pikelj, 2010). Analiza mineralnog sastava temeljena je na glinovitoj frakciji u svrhu produblivanja znanja o mineralima glina u sedimentu. Minerali glina, njihova rasprostranjenost, te kristalinitet illita i smektita određiveni su kako bi se usporedili i nadovezali s analognim rezultatima dobivenim na talijanskoj strani jadranskog šelfa (Tomadin, 2000).

1.1. Šelf i sedimenti šelfa

Prostor morskog dna obuhvaćaju dvije osnovne cjeline: kontinentski rub i dubokomorski prostor. Kontinentski rub je dio kontinentalne kore prekriven morem i sastoji se od kontinentskog šelfa, kontinentske padine i kontinentskog podnožja. Šelf je marinski okoliš na kojem se dotiču prostor mora i prostor kopna, proteže se od obale sve do ruba šelfa (Seibold & Berger, 1996), nakon kojeg slijedi prostor kontinentske padine. Današnji šelfovi su relativno mladi jer je današnja razina mora dosegnuta transgresijom koja je počela prije 19 000 i trajala do pred 6 000 godina, otapanjem ledenih pokrivača nakon zadnjeg glacijalnog maksimuma (LGM). Prostor šelfa karakteriziran je velikom akumulacijom terigenog materijala, dio materijala je donesen današnjim rijekama, dok je čak 70% materijala današnjih šelfova reliktni sediment (Emery, 1968) istaložen za vrijeme zadnjeg glacijala kad je razina mora bila za 100-120 metara niža nego danas. Terigeni sedimenti nastaju trošenjem starijih stijena, to znači da mogu imati različito porijeklo, a također mogu biti i transportirani različitim agensima kao što su voda, vjetar, led i vulkanska aktivnost (Seibold & Berger, 1996). Na terigenim šelfovima dominira taloženje terigenog materijala i obično su vezani za umjerena područja gdje je donos materijala s kopna značajniji od biogene produkcije. Terigene (klastične) sedimente možemo podijeliti s obzirom na veličinu čestica na šljunak (>2 mm), pijesak (2-0,063 mm), prah (0,063-0,004 mm) i glinu (< 0,004 mm) (Tucker, 2001). Veličina čestica sedimentata se u većini slučajeva smanjuje udaljavanjem od obale, pijesak je ograničen na plića područja, dok su silt i glina karakteristični za mirnija i dublja područja udaljenija od obale. Kako će sedimenti biti raspoređeni i transportirani ovisi o transportiranom materijalu, karakteristikama sedimenta i hidrodinamičkoj energiji (valovi, struje, plima i oseka) (Mc Cave, 1972). Šelf se prostire do otprilike 200 metara dubine, dubina do koje dopire sunčeva svjetlost, što značajno doprinosi biološkoj raznolikosti. Zbog velike bioprodukcije, uz značajan terigeni donos šelf karakterizira i taloženje biogenog sedimenta. Većina biogenog sedimenta je karbonatnog sastava, iako postoje i organizmi koji grade skelete od opala. S obzirom na vrstu sedimenta koji se taloži na šelfu razlikujemo tri vrste: terigene, karbonatne i miješane šelfove.

1.1.1. Istraživano područje - Šelf Jadranskog mora

Nastanak prostora Jadranskog mora povezan je s tektonskim gibanjima Euroazijske i Afričke ploče. Nalazi se na mikroploči Adria, bloku kontinentske litosfere koji se pruža u smjeru sjeverozapad-jugoistok. Adria je u geološkog prošlosti bila dio Gondwane, u trijasu se odvojila od Gondwane i kretala se prema prostoru Euroazije, tada se formirala južna tetijska megaplatforma (Vlahović et al., 2005). Za vrijeme jure dolazi do raspada megaplatforme i nastanka nekoliko manjih platformi Jadranske, Apeninske i Apulijske. Na Jadranskoj platformi taložile su se debele naslage plitkomorskih i dubokomorskih karbonata (Vlahović et al., 2002). U paleogenu dolazi do zatvaranja Tethysa i početka stvaranja planinskih lanaca Apenina, Alpa i Dinarida (Scisciani & Calamita, 2009). Na prijelazu iz oligocena u miocen izdižu se Dinaridi što označava kraj postojanja Jadranske karbonatne platforme (Vlahović et al., 2005). Predgorski bazen formira se na prostoru Jadrana, te se taloži terigeni materijal (Argnani et al., 1994). Utjecaj na konačno formiranje Jadranskog bazena imale su promjene morske razine za vrijeme pleistocena i holocena.

Jadran je epikontinentalno, izduženo more koje se u smjeru SZ-JI pruža između planinskih lanaca Dinarida, Južnih Alpa i Apenina. Dužina je 783 km, najveća širina 248 km, a površina 138 597 km² (Juračić, 2008/2009). Pravac pružanja Jadranskog mora u osnovi slijedi tipičan dinaridski pravac pružanja. Morfološki područje Jadranskog bazena može se podijeliti na tri dijela. Sjeverni dio je 300 km dug šelf s laganim padom prema jugu sve do izobate od 140 m, odnosno do linije između Pescare i Šibenika. Drugi dio zauzima prostor bazena otoka Jabuke s maksimalnom dubinom od 240 m koji je od najjužnijeg dijela odvojen Palagruškim pragom. Najjužniji dio je ujedno i najdublji dio s dubinama i do 1200 m (Storms et al., 2008).

Sustav struja, smjera obrnutog od smjera kretanja kazaljke na satu, uvjetovan je izduženim oblikom jadranskog bazena. Voda visokog saliniteta ulazi u Jadran iz Jonskog mora i teče duž njegove istočne obale. U sjevernom Jadranu, zbog značajnog donosa slatke vode rijekom Po i okolnim rijekama stvara se voda niskog saliniteta koja cirkulira duž talijanske obale (Buljan & Zore-Armanda, 1976). Na istočnoj obali fluvijalni utjecaj je malen, ali određeni utjecaj mogu imati slovenske, hrvatske i albanske rijeke, te vrulje (Dolenec et al., 1998). Na cirkulaciju u Jadranu

značajnu ulogu imaju i godišnja doba. Za vrijeme proljeća i ljeta u sjevernom dijelu nastaju vodene mase više temperature i manjeg saliniteta nego one u centralnom i južnom dijelu. Takvi uvjeti uzrokuju cirkulaciju podijeljenu u 3 sloja: površinski koji nastaje zbog miješanja s slatkom vodom donesenom rijekama, srednji visokog saliniteta porijeklom iz Jonskog mora i pridneni kojeg karakteriziraju guste vodene mase nastale za vrijeme zimskih mjeseci (Artegiani et al.,1997). Za vrijeme zime u Jadranu su prisutne dvije struje sjeverna i južna koje nastaju zbog vjetrova i tlaka zraka. Ove dvije struje nisu prisutne za vrijeme drugih godišnjih doba kada se jasno uočavaju srednjo-zapadna struja i južna struja, te dva ciklonalna kruga. Takva cirkulacija regulira distribuciju i debljinu sedimenata u Jadranu (Artegiani et al.,1997). Prosječni salinitet Jadrana je 38,30. Jadran se ubraja u niskoenergetske sedimentacijske okoliše sa slabim transportom sedimenata, s time da riječni unos sedimenata u more znatno nadmašuje antropogeni utjecaj (Sekulić & Sondi, 1997). S istočne strane Jadrana manji je donos materijala rijekama, osim rijeke Neretve i albanskih rijeka. Sedimenti rijeka Mirne, Raše (Sondi et al, 2008), Rječine, Zrmanje i Krke koje dreniraju istočno jadransku obalu talože se u njihovim estuarijima. Donos terigenog materijala znatno je slabiji i zbog izrazite okršenosti istočne obale, tipične krške rijeke i podzemne vode imaju male koncentracije suspendiranih tvari i vučenog materijala. Zbog manje okršenosti, izuzev krajnjeg SI i JI dijela, na zapadnoj obali Jadrana rijeke su napravile brojne aluvijalne doline, osobito rijeka Po, pa stoga unos u more goleme količine suspendirane tvari i vučenog materijala (Sekulić & Vertačnik, 1996).

Dubina i širina na kojoj se nalaze pojedini dijelovi današnjeg šelfa kao i karakteristike njihovog reljefa rezultat su zajedničkog učinka tektonskih gibanja, globalnog porasta razine mora, klimatskih uvjeta i donosa sedimenata u posljednjih milijun godina.

2. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA SEDIMENATA JADRANSKOG MORA

2.1. Sastav i porijeklo površinskih sedimenata istočne strane Jadranskog mora

Prema Pikelj (2010) dno istočno-jadranskog šelfa prekriveno je krupnozrnatim i srednjezrnatim miješanim karbonatno-siliciklastičnim sedimentom. To su u najvećoj mjeri pijesci (60%) koji su najzastupljeniji na području otvorenog mora jugozapadno od kvarnerskih i dalmatinskih otoka te u međuotočnom području. Pijesci na području otvorenog mora utvrđeni su i ranije istraživanjima sedimenata jugozapadno od kvarnerskih otoka (Stipaničev & Miljuš, 1986; Vdović & Juračić, 1993; De Lazzari, 2004). Sa 1,1% zastupljeni su šljunci i to samo na prostoru u blizini Palagruže. Muljevi su zastupljeni sa 38,9% i zauzimaju područje ispred Istre u otvorenom moru dalje od obale, u Kvarneru, dijelu kanalskog područja južne Dalmacije, te djelomično ispred albanske obale. Područja sa zastupljenom muljevitom frakcijom su prostori s utjecajem recentnog terigenog donosa. Područje Kvarnera prekriveno je muljevima za koje se smatra da su recenti, a njegov izvor su vrulje, stalni i povremeni tokovi, a rezultat može biti i direktno trošenje stijena obale (Juračić et al, 1999). Na prostoru Kvarnera je i ranijim istraživanjima (Škrivanić & Magdalenić, 1979) utvrđeno da muljevi prekrivaju najveći prostor, a uz njih ima dijelova s pijescima, šljuncima i golim stijenama. Pijesak prisutan na dnu zapadno od kvarnerskih otoka je terigenog porijekla i donesen je rijekama koje su drenirale Alpe za vrijeme niže razine mora. Taj pijesak nije taložen istočno od otoka, jer vanjski otoci i Istra nisu dozvolili prijenos pjeskovitog materijala. Iz tog razloga mogu se prepoznati dvije petrografske provincije, Padanska kojoj pripadaju sedimenti taloženi zapadno od Cresa i Lošinja, te Kvarnerska kojoj pripada ostatak sedimenata na području Kvarnera (Škrivanić & Magdalenić, 1979). Sedimenti s većim udjelom frakcije gline sadrže u pravilu manji udio karbonata, što bi ukazivalo da je u najsitnijoj frakciji u najvećoj mjeri zastupljena siliciklastična komponenta. Izuzetak su pijesci u otvorenom srednjem dijelu Jadrana, gdje siliciklastičnu komponentu pretežito čine reliktni kvarcni pijesci (Pikelj, 2010).

Karbonatna komponenta je u najvećoj mjeri biogenog podrijetla i zastupljena je u šljunkovitoj i pjeskovitoj frakciji. Većinu bioklasta čine ljušture školjkaša, puževa, mahovnjaka, foraminifera i crvenih algi, a u manjoj mjeri ima ostataka bodljikaša,

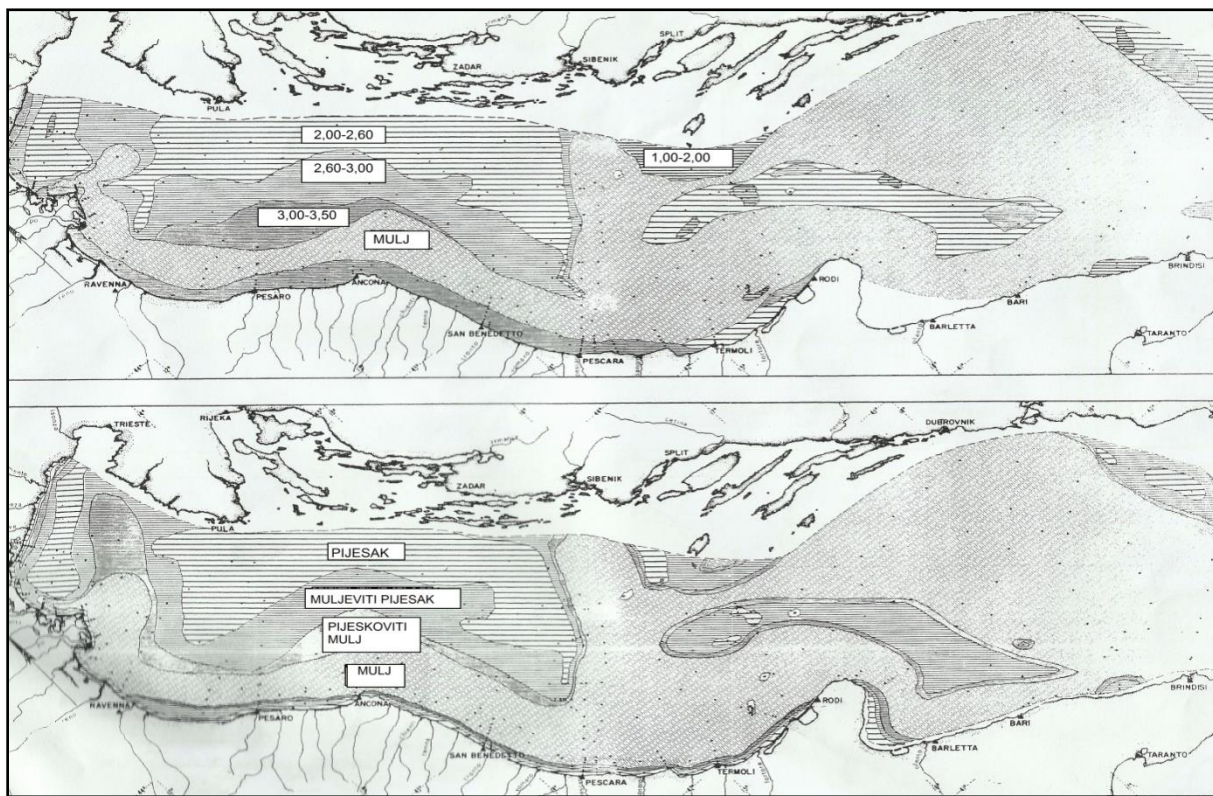
kolutićavca, člankonožaca i spikula spužvi. Na temelju dominacije pojedinih skupina skeletnih dijelova razlikuju se određene skeletne zajednice: foramol (Lees & Buller, 1972), briomol (Nelson et al., 1988) i rodalgal (Carannante et al., 1988), koje nalazimo i u Jadran. Na hrvatskom dijelu Jadrana najzastupljenija skeletna zajednica s 52,9% je foramol-briomol. To je miješana zajednica u kojoj ovisno od uzorka do uzorka dominiraju ostaci foraminifera, mekušaca i mahovnjaka. Sa 34,6% zastupljena je skeletna zajednica foramol u kojoj dominiraju ostaci mekušaca i foraminifera, a ostaci mahovnjaka su vrlo rijetki ili ih nema. Takav tip zajednice češći je u područjima uz obalu, te na području Južnojadranske kotline. Područje otvorenog mora središnjeg dijela pripada prijelaznoj zajednici briomol-rodalgal u kojoj uz mahovnjake, mekušce i foraminifere dominiraju i ostaci crvenih vapnenačkih algi. Te zajednice karakteristične su za ne-tropske karbonatne sedimente (Flügel, 2004). Jakšić (2012) je novijim istraživanjima kanalskog područja hrvatskog dijela Jadrana dokazala da u muljevitoj frakciji uz siliciklastičnu komponentnu značajnu ulogu imaju biogeni i terigeni karbonati. Prosječna vrijednost udjela karbonata na tom području iznosi 47%. Brunović (2013) je na području otvorenog mora hrvatske strane Jadrana pokazala da je u muljevitoj frakciji uz siliciklastično komponentnu zastupljena i karbonatna s vrijednosti od 38%. Karbonatna komponenta je terigenog (dolomit i kalcit) i biogenog podrijetla (kalcit, visoko-magnezijski kalcit i aragonit). Izvor terigenog karbonatnog materijala pripisuje se sjeverno-talijanskim rijekama.

Siliciklastična komponenta najčešće se nalazi u sitnozrnatim frakcijama i sastoji se od kvarca, muskovita, plagioklasa, amfibola, piroksena, klorita i minerala glina. Jednak mineralni sastav nađen je i na otoku Susku, na koji je materijal vjetrom nošen iz okolnog područja nekadašnje aluvijalne ravnice rijeke Po (Mikulčić Pavlaković et al., 2011). Prema Pikelj (2010) istočno-jadranski šelf definiran je kao neravnotežni miješani karbonatno-siliciklastični šelf, sa značajnom produkcijom karbonatnog materijala izvan tropskog pojasa.

2.2. Vrsta i rasprostranjenost sedimenata zapadnog i središnjeg dijela Jadranskog mora

Van Straatenova (1970) istraživanja sedimenata Jadrana, osim prostora hrvatske obale, pokazala su da je sjeverni dio područje šelfa prekriven sedimentima koji su većim dijelom doneseni rijekom Po, te ostalim talijanskim rijekama. Radi opće ciklonalne cirkulacije površinskih struja koje se kreću niz talijansku obalu, sediment je distribuiran u istom smjeru. Tako se duž obale rasprostire uzak pojas sitnozrnatog pijeska, koji idući od obale sadrži sve više mulja, te u konačnici prelazi u pojas prekriven muljem. Osim rijekom Po, značajan udio donosa materijala je s područja Apenina pogotovo za vrijeme ljetnih mjeseci, te dijelom erodiranjem talijanske obale. Miješano porijeklo materijala dokazao je Pigorini (1968) analizom teških minerala, sedimenti uz samo talijansku obalu pripadaju dvjema provincijama teških minerala. Padskoj provinciji zastupljenoj s teškim mineralima granatom, epidotom i hornblendom porijeklom iz magmatskih i metamorfnih stijena središnjeg i zapadnog dijela Alpa, te južno-augitskoj provinciji bogatoj teškim mineralom augitom porijeklom iz južne i centralne Italije. Ostatak sitnozrnatih čestica transportiran je dalje do dubljih zona šelfa, većina ih se istaloži u središnjem Jadranu. Područja udaljenija od obale nisu pod utjecajem recentnog donosa sedimenta i taj dio je prekriven s reliktnim pijescima (slika 2.1). Prostor reliktnih pijesaka sastoji se od terigenog materijala, biogenih ostataka i mulja, koji je dijelom dio fekalnih peleta, a dijelom istaložen u periodu dok je obala bila bliže taložnom prostoru. Reliktni pijesci istaloženi su u pleistocenu, dok je razina mora bila za oko 120 metara niža od današnje, pa se i ušće rijeke Po protezalo sve do linije Pescara-Šibenik, što je dokazano istraživanjima teških minerala sedimenata. Sedimenti s reliktnim pijescima pripadaju padskoj provinciji te u južnom dijelu padsko-južno augitskoj provinciji (Pigorini, 1968). Značajan udio dolomita u reliktnim pijescima dokazuje da je donos bio i s prostora istočnih Alpa (Cattaneo et al., 2007). U području srednjeg i južnog Jadrana uz donos terigenog materijala rijekama, i turbiditnim strujama, nalaze se i ostaci vulkanskog pepela. Krupnozrnatiije frakcije na ovom području uglavnom sadrže biogene ostatke, dok se u sitnozrnatijim frakcijama nalaze nekarbonatne čestice. Područje srednjeg Jadrana, odnosno srednje-jadranske kotline dio je padsko-južno augitske provincije, dok su na južnom dijelu zastupljeni sedimenti iz južno-augitske provincije i albanske

provincije. Albanska provincija sadrži teške minerale epidot i kromit donesene albanskim rijekama (Pigorini, 1968).



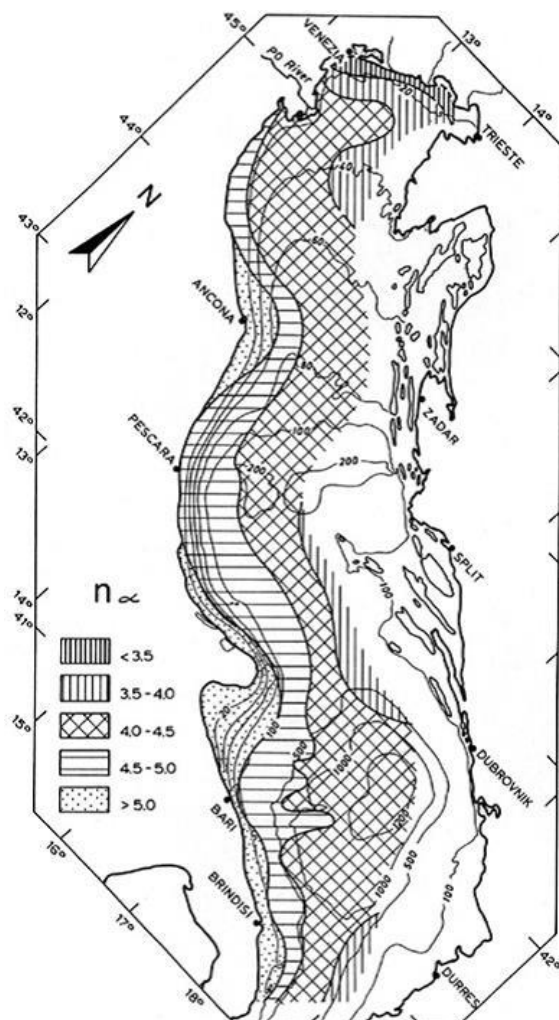
Slika 2.1. Raspodjele tipova površinskih sedimenata na zapadnom i središnjem dijelu. Gornja slika prikazuje granulometrijsku raspodjelu pjeskovitih sedimenata veličine zrna od 1,00 do 3,50 ϕ (0,5-0,088mm), a donja slika područja mulja, pjeskovitog mulja, muljevitog pijeska i pijeska (preuređeno na temelju Pigorini, 1968).

2.3. Porijeklo, rasprostranjenost i vrsta minerala glina zapadnog i središnjeg dijela Jadranskog mora

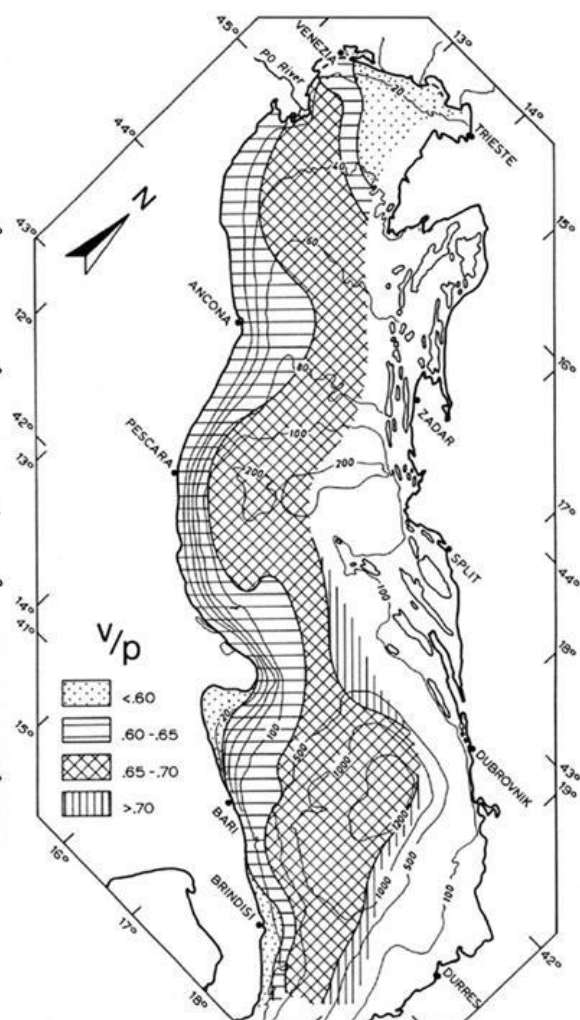
Jedna od sastavnih skupina minerala koje grade sedimente i sedimentne stijene su minerali glina. Nalaze se u siliciklastičnim sedimentima koji se sastoje od fragmenata starijih stijena transportiranih i istaloženih fizičkim procesima. Minerali glina u sedimentima mogu biti detritični i autigeni. Detritične gline svjedoče o geologiji izvorišnog područja, klimi i procesima trošenja (Tucker, 2001). Glinoviti sedimenti su često prisutni na prostoru šelfa, padine ali i u dubokom moru, odnosno u mirnijem okolišu. Nalazimo ih i u energetskejskim okolišima gdje postoji značajan donos materijala (Seibold & Berger, 1996).

Dosadašnja istraživanja zapadnog i središnjeg dijela Jadranskog mora pokazala su da su najzastupljeniji minerali glina u području zapadnog i središnjeg dijela Jadranskog mora minerali illit i smektiti (70-80%), dok su manjim udjelima zastupljeni klorit, kaolinit i serpentin (Tomadin, 2000). Udjeli i „kristaliniteti“ (stupanj uređenosti kristalne strukture) najzastupljenije skupine minerala glina smektita i illiti pokazuju longitudinalni raspored duž Jadranskog mora, a takva rasprostranjenost je posljedica je glavnih strujanja. Veliku važnost za donos minerala glina u jadranski sedimentacijski bazen imaju: a) venetske rijeke na njegovom sjeveru, b) rijeka Po čije se znatne količine materijala donose s Alpa te dalje transportiraju duž talijanske obale i prema središnjim dijelovima Jadrana, c) manje rijeke koje dreniraju područje Apenina i imaju značajan utjecaj na područje uz samu talijansku obalu, d) uz istočnu stranu Jadranskog mora značajniji utjecaj na donos glinovitog materijala i minerala glina imaju albanske rijeke (Tomadin, 2000). Eolsko porijeklo materijala nije do kraja ustanovljeno jer je u većini slučajeva zamaskirano većim i značajnijim donosom materijala rijekama. Tomadin (2000) je ustanovio da se dobro „kristalizirani“ illit sa zastupljenošću preko 60% nalazi na području oko Venecijske lagune. Donos sedimenta na područje lagune i okolice je venetskim rijekama. Najznačajniji udio minerala srednje „kristaliziranog“ illita s preko 50% u sedimentacijski bazen transportira se rijekom Po (slika 2.2). Udio illita u sedimentu se smanjuje udaljavanjem od ušća. Uz veći dio talijanske obale zastupljenost illita se smanjuje idući prema obali jednako kao i njegov „kristalinitet“. Područja izdvojena na temelju udjela i „kristaliniteta“ smektita podudaraju se s onima za illit (slika 2.3). Zastupljenost

smektita u središnjem i sjevernom dijelu je mala ($< 24\%$), dok je zastupljenost u južnom dijelu srednja (24-34%), a uz samu talijansku obalu prelazi i 40%. Slabo „kristalizirani“ smektiti su zastupljeni na području donosa materijala venetskim rijekama u području uz talijansku obalu, dok je u području ušća rijeke Po, u središnjem dijelu Jadrana i dijelu gdje je donesen albanskim rijekama bolje kristaliziran. Nadovezujući se na Tomadinovo istraživanje smektiti s najvećim stupnjem „kristaliniteta“ mogli bi se nalaziti na južnom dijelu Jadrana bliže istočnoj obali. Donos takvog materijala mogao bi biti rijekama iz Albanije.



Slika 2.2. Raspodjela kristaliniteta illita (n_{α}) zapadnog i središnjeg dijela Jadranskog mora (Tomadin, 2000).



Slika 2.3. Raspodjela kristaliniteta smektita (v/p) zapadnog i središnjeg dijela Jadranskog mora (Tomadin, 2000).

Minerali glina su filosilikati koji uzrokuju plastičnost glina i postaju kruti nakon sušenja, dok se pojam glina odnosi na prirodni materijali koji se sastoji od sitnozrnatih čestica, koji se u kontaktu s vodom uglavnom ponašaju plastično, a nakon sušenja kruto (Guggenheim i Martin, 1995). U glini uz minerale glina nalazimo i druge minerale: karbonate, feldspate, kvarc, te okside i hidrokside aluminija i željeza. Pojam gline se odnosi na veličinu čestica $<2\mu\text{m}$ u mineralogiji i $<4\mu\text{m}$ u sedimentologiji.

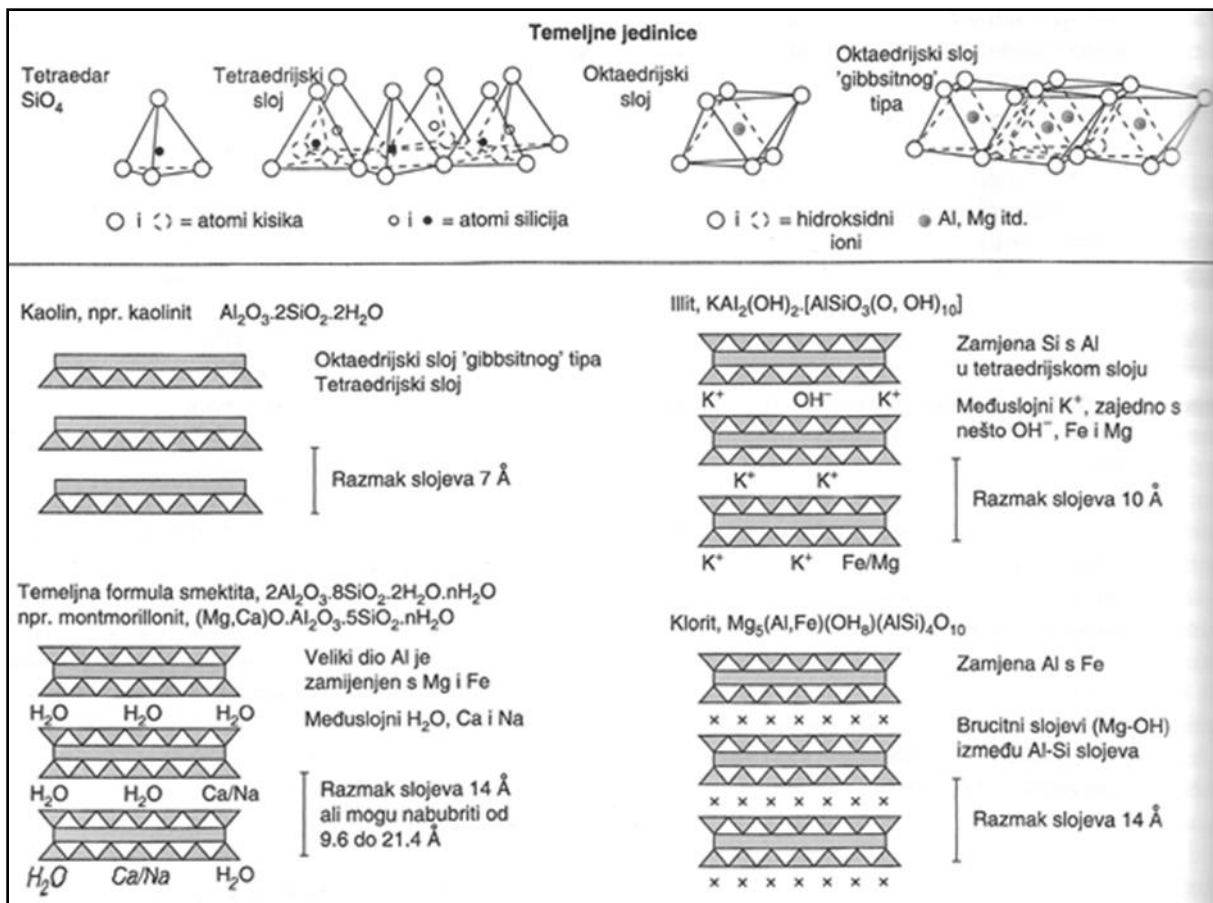
Svojstva minerala glina povezana su s njihovom strukturom. Oni su hidratizirani aluminijski silikati koji pripadaju skupini filosilikata. Imaju strukturu naslaganih paketa, pri čemu je svaki paket sastavljen od tetraedarskog i oktaedarskog sloja (1:1 ili TO) ili 2 tetraedarska i jednog oktaedarskog sloja (2:1 ili TOT). Tetraedarski sloj grade SiO_4^{4-} tetraedri koji se preko 3 bazalna atoma kisika spajaju u sloj. Oktaedarski sloj čine oktaedri, u čijem je središtu kation (Al^{3+} , Fe^{3+} , Fe^{2+} ili Mg^{2+}), koji su međusobno povezani preko 6 hidroksilnih skupina. U paketima nastalim spajanjem tetraedarskih i oktaedarskih slojeva, dio hidroksilnih skupina iz vrhova oktaedara se zamjenjuje vršnim atomima kisika iz tetraedara. Ako su anioni povezani s 3 dvovalentna kationa, sloj se naziva trioktaedarski (brucitni tip strukture, $\text{Mg}^{2+}(\text{OH})_2$), a kad su 2 od 3 oktaedarska mjesta popunjena s trovalentnim kationom, sloj se naziva dioktaedarski (gibbsitni tip strukture, $\text{Al}^{3+}(\text{OH})_3$). Tetraedarski i oktaedarski slojevi su po svojoj općenitoj strukturi vrlo slični kod različitih minerala glina. Sukladno tome, najveće razlike među pojedinim mineralima uočavaju se u smjeru okomitom na slojeve, tj. u načinu slaganja paketa, što je i jedan od glavnih kriterija njihovog razlikovanja. Zbog različitih kationa unutar tetraedarskog i oktaedarskog sloja, minerali glina često su u prirodi negativno nabijeni. Uvjet zamjene iona u strukturi minerala glina je podudarnost ionskih radijusa elemenata (izomorfna zamjena). Silicij u tetraedarskom sloju može biti zamijenjen kationima aluminija, a ponekad i trovalentnog željeza, Fe^{3+} . U oktaedarskom sloju, uz aluminij i magnezij, mogući su kationi dvovalentnog i trovalentnog željeza, te rjeđe kationi mangana, litija, kobalta, bakra, cinka, vanadija, kroma, nikla ili titana (Brigatti et al., 2006). Izmjenjivati se mogu kationi različitih valencija što dovodi do stvaranja naboja u paketima koji se kompenzira međuslojnim kationima. Vrsta i oblik u kojem međuslojni kationi ulaze u strukturu na različite načine ovisno o vrsti minerala glina, a kapacitet kationske izmjene ovisi o veličini naboja proizašlog iz izomorfnih izmjena. Kod pojedinih vrsta minerala glina naboj

može biti posljedica izmjena u tetraedarskom, oktaedarskom ili u oba sloja, što je i jedan od kriterija podjele minerala glina.

Ovisno o tome kako su paketi povezani postoje grupe minerala glina (slika 2.4):

- Grupa kaolin-serpentina s dvoslojnom paketima koji nisu nabijeni pa ne dolazi do zamjena. Paketi su međusobno povezani slabim vodikovim vezama, zbog čega minerali iz ove grupe imaju savršenu kalavost. Period ponavljanja ove grupe je 7 Å. Dioktaedarski su skupina kaolina, a trioktaedarski su skupina serpentina. Trioktaedarski minerali ove skupine su puno rjeđi u glinovitoj frakciji. Najvažniji mineral ove skupine je kaolinit.
- Grupa tinjaca s troslojnom strukturom, većina minerala ove grupe su krupnozrnatiji, pa ih ne nalazimo u glinama, nego nalazimo illit koji se razlikuje od ostalih tinjaca jer u strukturi ima manje kalija što dovodi i do manjeg naboja. Međuslojni kation kod tinjaca je K, dok se kod illita javljaju uz K i Na i Ca. Period ponavljanja 10Å.
- Grupa smektita ima troslojnu strukturu. Tipični period ponavljanja iznosi 14Å, ali on se može mijenjati zbog sposobnosti smektita da adsorbiraju molekule vode. Molekule vode se nalaze između paketa s međuslojnim kationima Na, Ca i Mg. Zbog svojstva adsorpcije vode smektiti se nazivaju „bubreće gline“.
- Grupa klorita poput smektita i illita ima troslojnu strukturu, a period ponavljanja je 14 Å. U prostoru između paketa kod klorita nalazi se kontinuirani niz kationa u pozitivno nabijenom oktaedarskom sloju.

Ostale grupe minerala glina su grupa vermikulita, talk-pirofilita i minerali sepiolit i paligorskit. Osim 4 opisane grupe minerala glina, česti su i miješanoslojni minerali glina. Oni se sastoje od međusobno umetnutih slojeva čestih glina, osobito illit-montmorilonit i klorit-montmorilonit (Tucker, 2001). Tijekom trošenja i dijageneze porne vode mogu izlužiti međuslojne katione iz minerala glina. Takve nestehiometrijske gline nazivaju se degradiranim, pa su mnogi illiti i smektiti recentnih sedimenata degradirani (Tucker, 2001). Odredba minerala glina provodi se najčešće rendgenskom difrakcijskom analizom na frakciji manjoj od 2 µm.

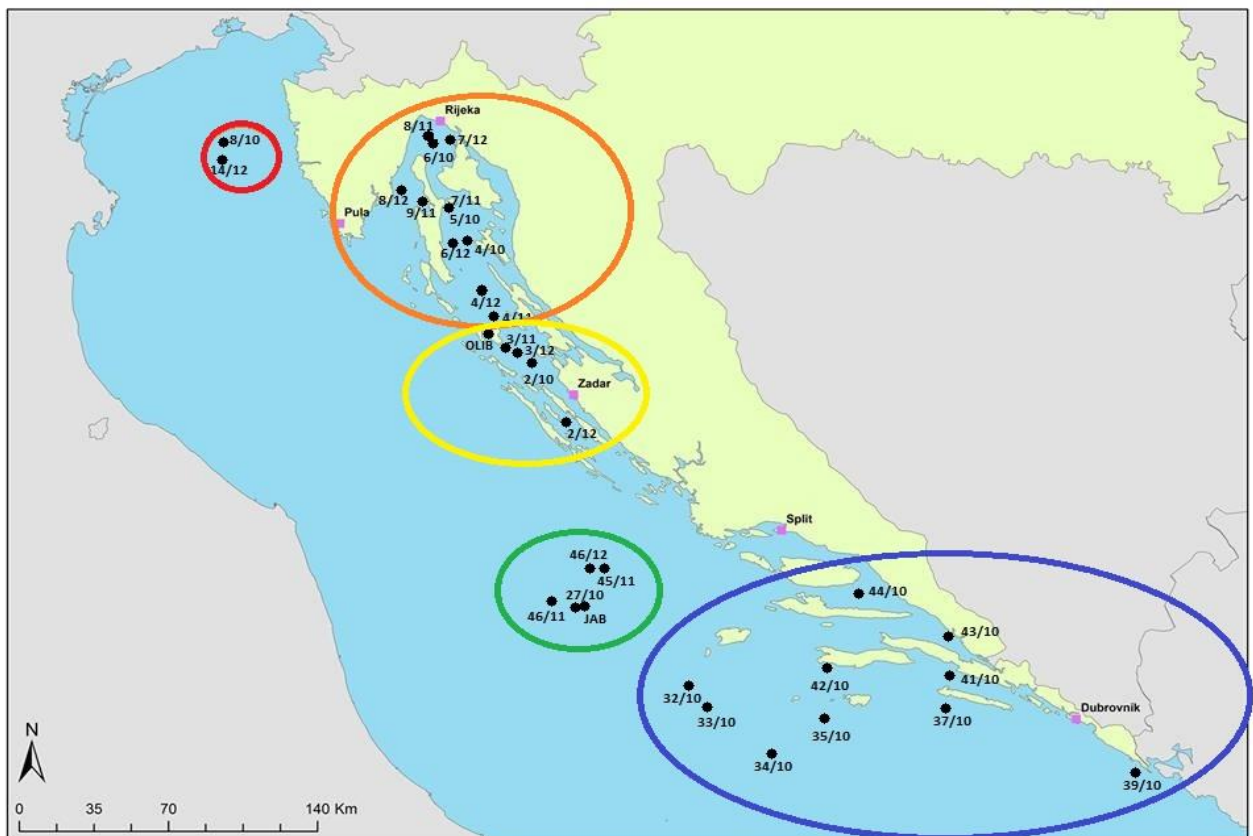


Slika 2.4 . Shematski prikaz struktura minerala glina (preuzeto iz Tucker, 2001).

3. MATERIJALI I METODE

3.1. Uzorkovanje

Uzorke za izradu ovog diplomskog rada ustupila je dr.sc. Kristina Pikelj. Uzorci su uzeti na 33 lokacije (slika 3.1) Van Veen-ovim grabilom tijekom 2010., 2011., 2012. godine u sklopu projekta PELMON. Uzorci sedimenta spremljeni su u plastične vrećice i zamrznuti do obrade u laboratoriju. U laboratoriju GPZ-a su odmrznuti i osušeni na zraku te spremljeni u papirnate vrećice. Koordinate i dubine uzorkovanja prikazane su u tablici 3.1.



Slika 3.1. Prostorna raspodjela lokacija uzorkovanja. Crvenom bojom su zaokruženi uzorci područja zapadno od Istre, narančastom područja sjevernog Jadrana kanalski dio, žutom područja srednjeg Jadrana kanalski dio, zelenom područja Jabučke kotline i plavom područja južnog Jadrana.

Tablica 3.1. Dubine i koordinate uzorkovanja sedimenata.

Uzorak	EM 02/10	EM 04/10	EM 05/10	EM 06/10	EM 08/10	EM 27/10	EM 32/10	EM 33/10	EM 34/10	EM 35/10	EM 37/10
Dubina (m)	52	87	86	69	32	266	166	173	133	158	136
Sjeverna geografska širina	44° 15'	44° 48'	44° 58'	45° 14'	45° 16'	43° 05'	42° 42'	42° 35'	42° 20'	42° 36'	42° 39'
Istočna geografska dužina	14° 59'	14° 36'	14° 29'	14° 24'	13° 03'	15° 07'	15° 51'	16° 01'	16° 19'	16° 39'	17° 22'

Uzorak	EM 39/10	EM 41/10	EM 42/10	EM 43/10	EM 44/10	EM 03/11	EM 04/11	EM 07/11	EM 08/11	EM 09/11	EM 45/11
Dubina (m)	125	88	67	35	68	37	84	86	65	52	240
Sjeverna geografska širina	42° 19'	42° 51'	42° 03'	43° 53'	43° 12'	44° 18'	44° 27'	44° 58'	45° 15'	44° 59'	43° 22'
Istočna geografska dužina	18° 27'	17° 24'	16° 44'	17° 21'	16° 53'	14° 51'	14° 46'	14° 29'	14° 22'	14° 19'	15° 18'

Uzorak	EM 46/11	JAB 2011	EM 02/12	EM 03/12	EM 04/12	EM 06/12	EM 07/12	EM 08/12	EM 14/12	EM 46/12	OLIB 2012
Dubina (m)	180	266	66	54	82	87	61	55	32	207	19
Sjeverna geografska širina	43° 05'	43° 06'	44° 00'	44° 16'	44° 33'	44° 48'	45° 15'	45° 01'	45° 10'	43° 22'	44° 23'
Istočna geografska dužina	14° 58'	15° 09'	15° 12'	14° 55'	14° 39'	14° 33'	14° 30'	14° 12'	13° 01'	15° 12'	14° 46'

Radi lakše usporedbe i prikaza rezultata na osnovu lokacija uzorkovanja uzorci su podijeljeni u 5 skupina: Područje zapadno od Istre, sjeverni Jadran kanalsko područje, srednji Jadran kanalsko područje, područje jabučke kotline i južni Jadran.

Uzorci koji pripadaju pojedinim skupinama:

- Područje zapadno od Istre (Z. Istra): EM 08/10, EM 14/12
- Sjeverni Jadran kanalsko područje (S. Jadran): EM 06/, EM 08/11, EM 07/12, EM 04/10, EM 05/10, EM 04/11, EM 07/11, EM 09/11, EM 04/12, EM 06/12, EM 08/12
- Srednji Jadran kanalsko područje (Sr. Jadran): EM 02/10, EM 02/12, EM 03/11, EM 03/12, OLIB 2012
- Jabučka kotlina (Jab. kotlina): EM 27/10, EM 45/11, EM 46/11, EM 46/12, JAB 2011
- Južni Jadran (J. Jadran): EM 32/10, EM 33/10, EM 34/10, EM 35/10, EM 37/10, EM 39/10, EM 41/10, EM 42/10, EM 43/10, EM 44/10

3.2. Laboratorijska mjerenja

3.2.1. Kombinirana granulometrijska analiza mokrim sijanjem i sedigrafom

Granulometrijski sastav određen je pomoću metode mokrog sijanja za čestice veće od 0,063 mm, a za čestice manje od 0,063 mm korišten je sedigraf. Prije vaganja uzoraka metodom četvrtanja dobiven je homogen uzorak. Izvagano je 200 g suhog sedimenta koji je razmuljen u destiliranoj vodi te ostavljen da odstoji dan-dva kako bi se čestice razdvojile. Prije sijanja uzorak je promiješan i prosijan na standardnim Retsch ASTM sitima od nehrđajućeg čelika uz pomoć tresilice Fritsch Analysette i destilirane vode. Sijanje je provedeno na nizu sita s otvorima veličine: 4 mm, 2 mm, 1 mm, 0,5 mm, 0,25 mm, 0,125 mm, 0,063 mm. Frakcije koje su ostale na pojedinom situ su osušene i izvagane. Frakcija svakog uzorka koja je prošla kroz sito s otvorima veličine 0,063 mm ostavljena je da se istaloži, te je nakon taloženja odvojen višak vode (ostala je debljina stupca vode jednaka debljini sedimenta). Na taj način postignuta je zahtijevana gustoća suspenzije za analizu na sedigrafu. Metoda određivanja veličine zrna sedigrafom temelji se na sedimentaciji pod utjecajem gravitacije koju opisuje Stokesov zakon te na istovremenoj apsorpciji rendgenskih zraka.

Prije analize uzoraka na sedigrafu analizirana je čista sedimentacijska tekućina (destilirana voda i antikoagulans - natrijev heksametafosfat) čime je dobivena bazna linija – linija koja pokazuje prolaznost odnosno apsorpciju x-zraka u pripremljenoj otopini. Da bi analiza bila valjana, krivulja prolaznosti x-zraka za suspendirani uzorak treba biti 50–70 % bazne linije (Micromeritics, 2002).

U suspenziju svakog uzorka dodan je natrijev heksametafosfat u koncentraciji 1g/l, te je svaka suspenzija dodatno razmućena uz pomoć ultrazvučne kade (3-5 min) kako bi se spriječilo sljepljivanje čestica. Tako pripremljene suspenzije sedimenta su zatim analizirane. Nakon analize frakcija <0,063 mm na sedigrafu, dobiveni podaci spojeni su s podacima dobivenim sijanjem. Spojeni set podataka za svaki uzorak obrađen je uz pomoć statističkog programa Gradistat VER 6.0 (Blott & Pye, 2001) čime su granulometrijske karakteristike sedimenata statistički opisane.

Neke veličine su izražene sa logaritamskom Φ vrijednosti da bi se lakše prikazale jako male vrijednosti.

$$\Phi = -\log_2 d$$

d = veličina zrna u milimetrima

(pr. veličina čestica pijeska je između 0,0625mm i 2mm; tj. od 2^{-4} mm do 2^1 mm što u Φ jedinicama iznosi: $\Phi = -\log_2 2^{-4} = -(-4) = 4$ i $\Phi = -\log_2 2^1 = -1$. Znači veličina čestica pijeska je između 4 do -1 Φ).

Za svaki uzorak su izračunati granulometrijski parametri prema Folk i Ward (1957):

- srednja veličina zrna ($Md = \phi 50$),

- prosječna veličina zrna ($Mz = \frac{(\phi 16 + \phi 50 + \phi 84)}{3}$)

- sortiranje ($So = \frac{(\phi 84 - \phi 16)}{4} + \frac{(\phi 95 - \phi 5)}{6.6}$)

- kategorije sortiranosti: <0,35 vrlo dobra, 0,35-0,5 dobra, 0,5-0,71 umjerno dobra, 0,71-1 umjerena, 1-2 slaba, >2 vrlo slaba

- asimetričnost raspodjele ($Sk = \frac{\phi 16 + \phi 84 - 2\phi 50}{2(\phi 84 - \phi 16)} + \frac{\phi 5 + \phi 95 - 2\phi 50}{2(\phi 95 - \phi 5)}$)

-kategorije asimetričnosti: od -1 do -0,3 vrlo negativno zakošena krivulja, od -0,3 do -0,1 negativno zakošena krivulja, od -0,1 do 0,1 gotovo simetrična krivulja, od 0,1 do 0,29 pozitivno zakošena krivulja, 0,3 do 1 vrlo pozitivno zakošena krivulja

- zaoštrenost krivulje ($Kg = \frac{\phi 95 - \phi 5}{2.44(\phi 75 - \phi 25)}$)

-kategorije zaoštrenosti: <0,67 vrlo zaravnjena, 0,67-0,9 zaravnjena, 0,9-1,11 srednje zaoštrena, 1,11-1,5 zaoštrena. 1,5-3 vrlo zaoštrena, >3 izuzetno zaoštrena

U istom programu je pomoću Folkovih (1954) trokomponentnih dijagrama (šljunak-pijesak-mulj i pijesak-silt-gline) iz udjela pojedinih frakcija određen tip sedimentata, a kako bi se bolje uočile razlike (sličnosti) među analiziranim sedimentima korišten je i dijagram.

3.2.2. Određivanje udjela karbonata

Udio karbonata u uzorcima određen je volumetrijski: mjerenjem plina (CO₂) na Scheiblerovoj aparaturi. Mjerenja su napravljena na cjelovitom uzorku i na frakciji manjoj od 2 µm. Uzorci cjelovitog uzorka su nakon četvrtanja zdrobljeni u prah u drobilici Fritsch Pulverisette, te su potom izvagana po dva poduzorka od 300 mg. Uzorci za mjerenje na frakciji manjoj od 2 µm pripremljeni su iz suspenzije uzoraka s česticama manjim od 63 µm dobivene nakon mokrog sisanja kroz sita. Suspenzija je centrifugirana kako bi se izdvojile čestice manje od 2 µm. U kivete je dodana destilirana voda čime je suspenzija razrijeđena, kako zbog prevelike gustoće veće čestice pri centrifugi ne bi povukle manje čestice na dno u talog. Suspenzija je dodatno izmiješana u kivetama i stavljena na centrifugu proizvođača Tehnica/Centric 322A, na 1000 rpm, a vrijeme centrifugiranja od 2 min i 6 sekundi izračunato pomoću programa Centrifuge (Krumm, 1994). Zatim je špricom izvađen supernatant u kojem su ostale čestice manje od 2 µm. Postupak je ponovljen nekoliko puta dok se u staklenoj časi nije skupilo dovoljno suspenzije. Čaša sa suspenzijom ostavljena je da se istaloži i osuši. Uzorak je zatim homogeniziran u ahatnom tarioniku, te su potom izvagana po dva poduzorka od 300 mg.

Prije određivanja udjela karbonata na uzorcima učinjeno je mjerenje standarda (čisti CaCO₃). Oko 300 mg standarda, reagiralo je sa 5 ml 37%-tne HCl razrijeđene s destiliranom vodom u omjeru 1:1 u zatvorenom sustavu uz pomoć magnetne miješalice u trajanju od 5 minuta. Za vrijeme reakcije razvio se CO₂, čiji volumen je očitavan na graduiranom dijelu aparature. Za svaki uzorak mjerenja su napravljena najmanje dva puta, a treće mjerenje je urađeno samo ukoliko je odstupanje u prva dva rezultata bilo veće od 3%.

Maseni udio karbonata određen je prema formuli:

$$\% \text{ CaCO}_3 = \frac{\text{ml CO}_2 \cdot F_{T,P} \cdot 2,274 \cdot 100}{\text{mg uzorka}}$$

F_{T,P} se očitava iz tablice (Önorm, 1989), a ovisi o temperaturi i tlaku prostorije u kojoj se radi analiza.

Za svaki uzorak mjerenje je napravljeno dva puta, a odstupanje nije bilo veće od 2%.

Za konačni rezultat uzeta je aritmetička sredina dobivenih vrijednosti.

3.2.3. Mikroskopska analiza frakcija šljunka i pijeska

Pod lupom u reflektiranom svjetlu pregledane su frakcije pijeska i šljunka zaostale na sitima, kako bi se okvirno utvrdio sastav skeletnih i neskeletnih zrna, odnosno bioklasta i litoklasta. Za svaki pregledani uzorak pokušalo se ustanoviti je li dominantniji udio litoklasta ili bioklasta i koja je dominantna skupina skeletnih ostataka, odnosno koja skupina organizama je najzastupljenija na osnovi sačuvanih ostataka. Pregledane su krupnozrnate frakcije 16 uzoraka, koji su raspoređeni ravnomjerno na istraživanom prostoru (slika 3.2).



Slika 3.2. Karta pozicija uzorkovanja 16 uzoraka korištenih za mikroskopsku analizu frakcija šljunka i pijeska.

3.2.4. Rendgenska difrakcijska analiza

Veličina većine minerala glina ne prelazi 2 μm i upravo zbog toga je metoda rendgenske difrakcije na praškastom uzorku pogodna za njihovo istraživanje. Tvari s uređenom kristalnom strukturom funkcioniraju kao optička rešetka za elektromagnetsko zračenje čija je valna duljina bliska duljini njihovih međumrežnih razmaka. Kod rendgenske difrakcije zrake koje padaju na kristal se rasipaju u interakciji s elektronskim omotačem atoma i međusobno interferiraju. Ako je razlika u fazi među zrakama cijeli broj, interferencija je konstruktivna i izlazno zračenje je pojačano, što se događa samo u određenim smjerovima. Uvjet za rendgensku difrakciju izražen je Braggovom zakonom:

$$2d_{hkl}\sin\Theta=n\lambda$$

d_{hkl} - međumrežni razmak ravnina (hkl);

Θ -kut upada rendgenskih zraka na mrežnu ravninu;

λ -valna duljina upadnog rendgenskog zračenja;

n-red zračenja (cijeli broj)

Instrument bilježi kut pod kojim dolazi do difrakcije i intenzitet difraktiranog zračenja. S obzirom na to da je valna duljina upadnog rendgenskog zračenja poznata, moguće je prema jednadžbi izračunati međumrežne razmake na temelju kojih se može odrediti vrsta minerala. Intenziteti difrakcijskih maksimuma proporcionalni su količini pojedinih minerala u uzorku i koriste se u kvantitativnoj analizi.

Uzorci su snimani na rendgenskom difraktometru Philips PW3040/60 X'Pert PRO. Kao izvor zračenja korištena je bakrena cijev pod naponom od 40 kV; jakost struje je bila 40 mA. Korišteno je Cu $K\alpha_{1,2}$ zračenje valne duljine 1,54178 Å. Rendgenska difrakcijska analiza rađena je na Mineraloško-petrografskom zavodu. Minerali glina zbog svojih specifičnih svojstava najveće međusobne razlike pokazuju u smjeru kristalografske osi c zbog čega su u kod njihovog analiziranja najvažniji 00l difrakcijski maksimumi na bazalnim ravninama.

3.2.4.1. Određivanje mineralnog sastava frakcije manje od 2 μm

Da bi se ustanovilo kojih minerala ima u frakciji manjoj od 2 μm uzorci su snimljeni na praškastom uzorku. Uzorak čestica manjih od 2 μm se dobio metodom centrifugiranja. Homogeniziran je u ahatnom tarioniku i stavljen u aluminijski nosač s otvorom koji je s jedne strane prekriven predmetnim stakalcem. Kod ove metode važno je da je orijentacija čestica nasumična zbog čega se mora paziti da se kod punjenja nosača ne koristi preveliki pritisak, a opet, za pravilnu rendgensku analizu, potrebno je da površina uzorka bude dovoljno glatka i u razini nosača. Takvi neorijentirani preparati frakcije manje od 2 μm snimani su u rasponu od 4 do 63°2 θ (Starkey et al, 1984). Na rendgenogramima neorijentiranih preparata pokušao se odrediti i molarni udio MgCO₃ u kalcitu. Odnosno ustanoviti ima li u uzorcima nisko-magnezijskog kalcita i visoko-magnezijskog kalcita. Molarni udio MgCO₃ određen je pomoću tablica ovisnosti molarnog udjela MgCO₃ i položaja difrakcijskih maksimuma (Tibljaš, 2014, usmeno priopćenje). Tablice su napravljene po jednadžbama prema Bischoff et al. (1983).

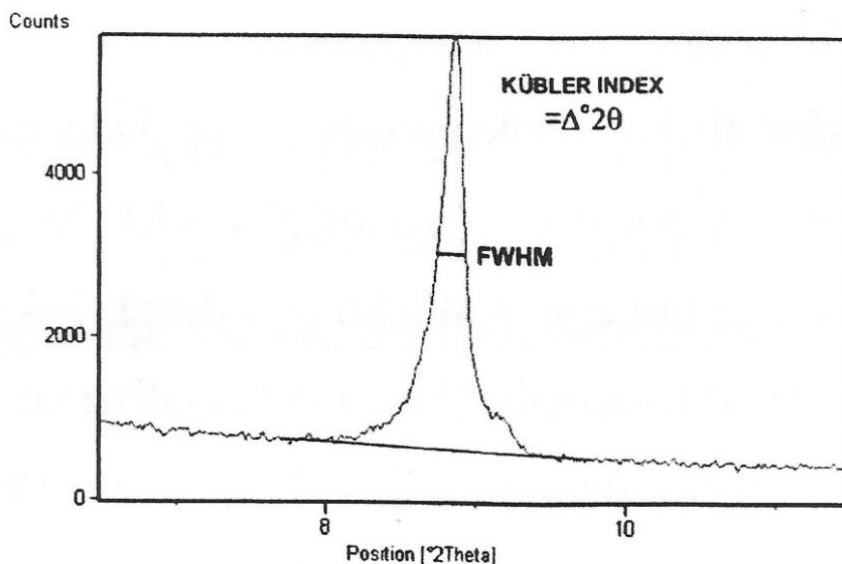
Minerali glina zbog svojih specifičnih svojstava najveće međusobne razlike pokazuju u smjeru okomito na bazne slojeve u strukturi zbog čega su u kod njihovog analiziranja najvažniji 00l difrakcijski maksimumi tj. oni nastali na bazalnim ravninama koji su najizraženiji na orijentiranim preparatima. Orijetirani preparati frakcije <2 μm napravljeni su nakapavanjem suspenzije na stakalca koja su prethodno izmatirana da ne bi došlo do klizanja čestica sa stakalca. Preparati su ostavljeni da se osuše pod IC lampom. Dio uzoraka osušen je na zraku, jer je došlo do odljepljivanja uzoraka sa stakalca zbog prenoglog sušenja. Orijetirani preparati snimani su u rasponu od 4 do 65°2 θ . Nakon snimanja preparati su ostavljeni 24 sata u eksikatoru s etilen-glikolom nakon čega su ponovno snimljeni. Stakalca s orijentiranim preparatima su zatim žarena 1h na 400°C (u peći proizvođača Inko/LP 08), snimljena, zatim žarena 1h na 550°C te ponovno snimljena. Žareni uzorci snimanu su u rasponu od 2 do 20°2 θ . Dio uzoraka je dodatno testiran da se ustanovi ima li u uzorcima kaolinita i serpentina. Iz uzoraka se morao ukloniti klorit čiji se pik nalazi na istom jednakom mjestu kao i od kaolinita i serpentina. Osušeni uzorci frakcije manje od 2 μm su prelivevi s 50 ml 30% HCl i zagrijavani pola sata, čime su iz uzorka uklonjeni i kloriti i karbonati. Zatim su uzorci ispirani kroz filter papir dok nisu pokazali negativnu reakciju na kloride, koji bi smetali pri snimanju. Napravljeni su orijentirani

preparatu koji su snimani u rasponu od 10 do $15^{\circ}2\theta$ da se ustanovi ima li kaolinita i serpentina. Nakon toga su žareni na 550°C i ponovno snimljeni da se ustanovi je li u uzorcima kaolinit ili serpentin, jer se struktura kaolinita razara na 550°C , dok u slučaju serpentina difrakcijski maksimum i dalje ostaje nakon žarenja.

3.2.4.2. Određivanje kristaliniteta illita i smektita

U ovom radu određivani su „kristalinitet“ illita i smektita kao parametri za razlikovanje pojedinih regija u Jadranskom moru s obzirom na njihovu različitu zastupljenost. Pod pojmom „kristalinitet“ ili kristalnost često se podrazumijeva udio kristalizirane materije u nekom sustavu, ali ponekad se misli na stupanj uređenosti kristalne strukture. U slučaju illita on ukazuje na veličinu domena koje koherentno raspršuju rendgensko zračenje. Porastom veličine domena smanjuje se širina prvog difrakcijskog maksimuma illita/muskovita (10\AA) (Tibljaš et al., 2013).

„Kristalinitet“ illita se može izraziti različitim indeksima, neki od njih su Weaverov indeks koji predstavlja odnos intenziteta mjerenih na 10 \AA i $10,5\text{ \AA}$ difrakcijskog maksimuma, Weberov indeks koji se izražava širinom mjerenom na polovici visine u omjeru s širinom kvarcnog (100) maksimuma (Abad, 2007), Chamleyev indeks u kojem se uzima širina pika na polovici visine u desetinkama stupnja θ (Chamley, 1967) i Küblerov indeks koji je korišten za mjerenje i u ovom radu. Küblerov indeks je definiran kao širina prvog difrakcijskog maksimuma illita mjerena na polovici njihove visine i izražena u $^{\circ}2\theta$ (slika 3.3), vrijednosti indeksa smanjuju se s povećanjem kristaliniteta (Wang & Zhou, 2000). Kübler (1967) je definirao i tri zone po kojima se s obzirom na vrijednosti KI može odrediti da li je mineral illit pretrpio određeni (vrlo niski) stupanj metamorfizma ili je prošao samo fazu dijageneze. Te tri zone su: a) područje dijageneze za vrijednosti KI $>0,42$; b) područje anhizone za vrijednosti KI $0,25-0,42$; i c) područje epizone za vrijednosti KI $<0,25$.

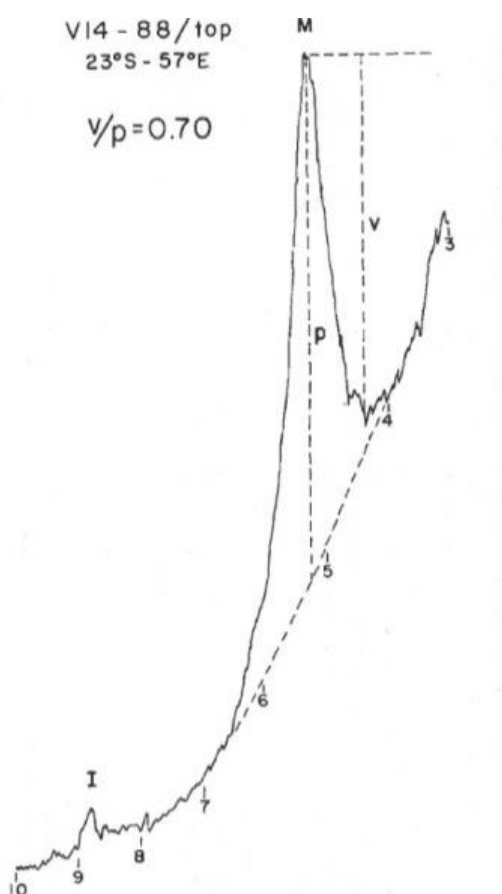


Slika 3.3. Küblerov indeks-difrakcijski maksimum illita na 10Å i širina (FWHM) na polovici visine pika (Biševac, 2009)

Mjerenje KI je relativno brzo i jednostavno, ali za pravilnu interpretaciju i primjenu metode potrebno je uzeti u obzir brojne faktore koji mogu utjecati na mjerene vrijednosti KI. Dio su geološki faktori na koje ne možemo utjecati, ali se o njima mora voditi računa pri interpretaciji rezultata. Naime, mjerene KI vrijednosti osim o temperaturi ovise i o stresu kojem su uzorci bili izloženi, vremenu izloženosti, litološkom sastavu, kemijskim karakteristikama illita, prisutnosti minerala koji imaju difrakcijske maksimume blizu illitnom (npr. paragonit, biotit), te o trošnosti uzoraka. Drugo su eksperimentalni faktori, kako oni koji su vezani uz pripremu uzoraka, tako i oni koji se tiču instrumentalnih postavki. Uvjeti pripreme uzoraka i snimanja moraju biti u skladu s preporukama (Kisch, 1991) i moraju biti uvijek isti kako bi se rezultati dobiveni u nekom laboratoriju bili usporedivi, kako međusobno, tako i s onima načinjenim u drugim laboratorijima. Faktor pripreme uzoraka uključuje usitnjavanje, separaciju frakcije potrebne za mjerenje i pripremu orijentiranih preparata. KI se mjeri na zraku sušenim orijentiranim preparatima frakcije $<2\mu\text{m}$, kako bi se umanjio utjecaj detritičnih tinjaca, vodeći računa o preporučenoj količini materijala na preparatima (Lezzerini et al., 1995). Kako mjerene vrijednosti osim o karakteristikama uzorka, ovise i o pripremi preparata i instrumentalnim postavkama kod pripreme i snimanja uzoraka i standarda korištena je standardna procedura u skladu s preporukama Kische (1991), uređaj je standardiziran za snimanje kristaliniteta illita da bi se podaci mogli uspoređivati: divergentni prorez je namješten na 1° , prijamni prorez na $0,1\text{mm}$, antiraspršujući prorez na 1° . Snimanje je bilo u koracima od $0,02^\circ 2\theta$, s vremenom mjerenja od 5 sekundi po koraku. Očitavanje širine difrakcijskog maksimuma rađeno

je ručno na papiru s isprintatnim rendgenogramima. Kako bi se mjerene vrijednosti mogle uspoređivati s onima iz drugih laboratorija provedena je kalibracija.

„Kristalinitet“ smektita mjerjen je na orijentiranim preparatima koji su ostavljeni 24 sata u eksikatoru s etilen glikolom, da bi se jasnije vidjeli bubreni maksimumi smektita. Za određivanje indeksa kristaliniteta korištena je metoda koju je opisao Biscaye (1965), kod koje je mjerena visina pika (p) od bazne linije i visina dola (v) na strani mjerenoj na manjem kutu, te se iz toga računa omjer v/p (slika 3.4). Smektiti višeg stupnja „kristaliniteta“ imaju veće vrijednosti indeksa, dok slabije kristalizirani smektiti imaju manje vrijednosti indeksa koje mogu biti i negativne.



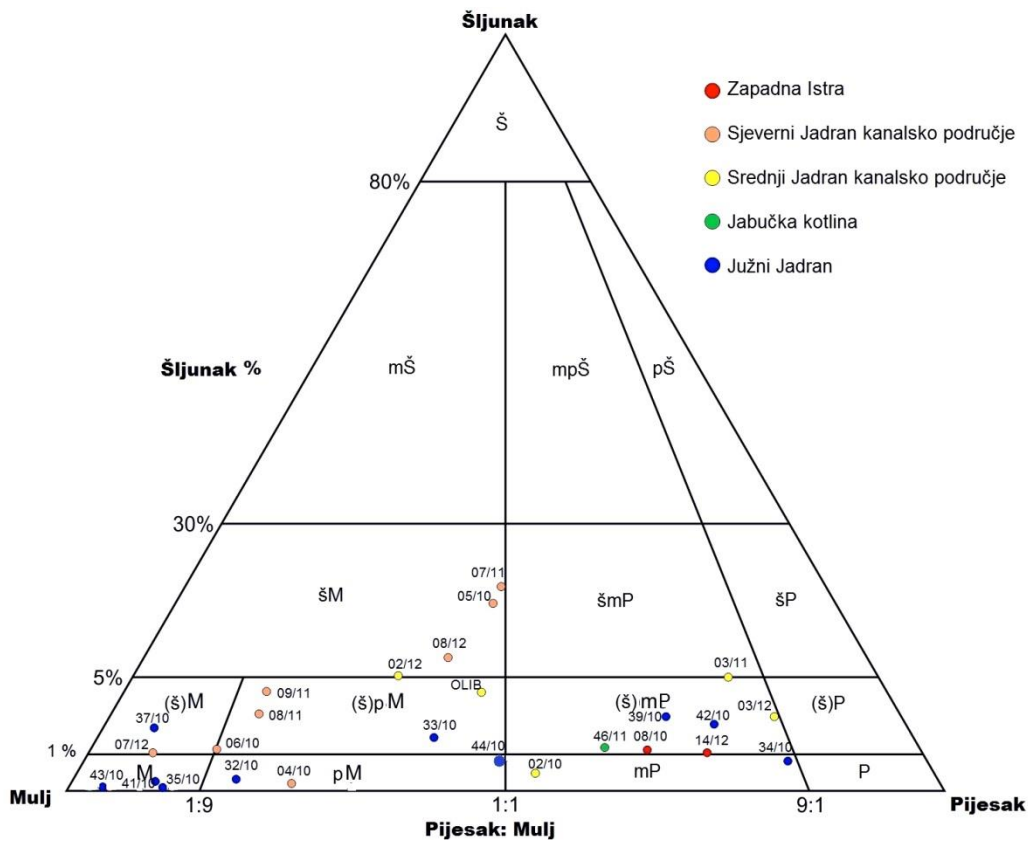
Slika 3.4. Smektitni indeks (preuzeto iz Biscaye, 1965).

4. REZULTATI

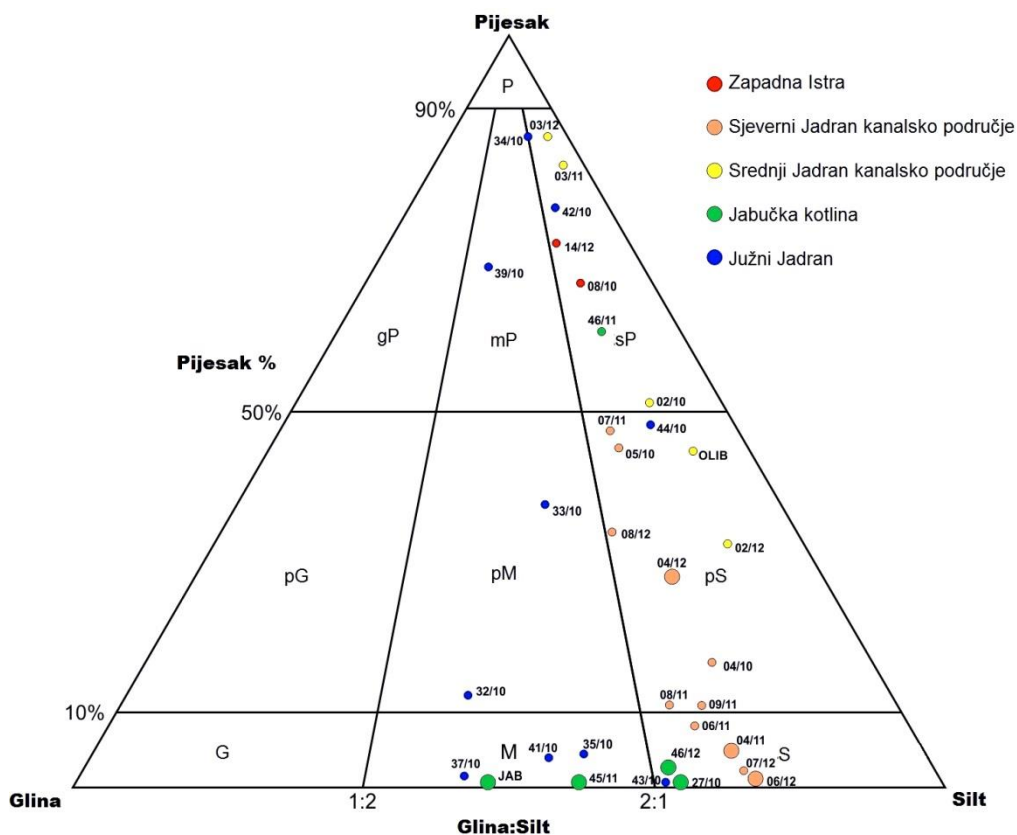
4.1. Rezultati granulometrijske analize

Na temelju granulometrijske analize za svaki uzorak dobiveni su rezultati o vrsti sedimenta, udjelu glinovite komponente, srednjoj veličini zrna, prosječnoj veličini zrna, sortiranju sedimenta, asimetričnosti i zaoštrenosti krivulje (tablica 4.1).

Od 33 analizirana uzorka 73% određeno je kao mulj, a 27% kao pijesak. Pjeskoviti sedimenti se nalaze na području zapadno od Istre, u kanalskom području južno od otoka Olib, na padini prema Južnojadranskoj kotlini, u blizini crnogorske obale i u uzorku EM 46/11 uzorkovanom na padini Jabučke kotline. Većina sedimenta se sastoji od više granulometrijskih frakcija, pa se među pijescima razlikuju: šljunkovito muljeviti pijesak (šmP) i slabo šljunkoviti muljeviti pijesak ((š)mP), a među muljevima: slabo šljunkovito pjeskoviti mulj ((š)pM), šljunkoviti mulj (šM), slabo šljunkoviti mulj ((š)M) i mulj (M). Podaci su prikazani Folkovim (1954) trokomponentnim dijagramima šljunak-pijesak-mulj (slika 4.1) i pijesak-silt-glina (slika 4.2). Uzorci koji sadrže šljunkovitu frakciju klasificirani su pomoću trokomponentnog dijagrama šljunak-pijesak-mulj, a uzorci koji ne sadrže šljunkovitu frakciju pomoću trokomponentnog dijagrama pijesak-silt-glina. U trokomponentnom dijagramu pijesak-silt-glina prikazano je i 26 uzoraka koji sadrže šljunkovitu frakciju ne radi klasifikacije nego radi lakše usporedbe s drugim uzorcima. Trokomponentni dijagram pijesak-silt-glina jasno pokazuje da je u svim uzorcima zastupljenija siltozna frakcija naspram glinovite, osim u uzorcima JAB 2012, EM 32/10, EM 37/10 i EM 39/10.



Slika 4.1. Folkov trokomponentni dijagram šljunak-pijesak-mulj na kojem su uzorci iz različitih područja uzorkovanja označeni posebnim bojama.



Slika 4.2. Folkov trkomponentni dijagram pijesak-silt-glina na kojem su uzorci iz različitih područja uzorkovanja označeni posebnim bojama. Uzorci označeni malo većim točkama, su uzorci koji u sebi ne sadrže frakciju šljunka, dok svi ostali uzorci imaju i udio šljunkovite frakcije.

Udio glinovite komponente, odnosno frakcije manje od 2 μm kreće se od 2,5% do 53%, a prosječna vrijednost za sve istraživane uzorke je 21%. Na različitim područjima uzorkovanja prosječna zastupljenost glinovite komponente je:

- Zapadna Istra: 8,5%
- Sjeverni Jadran: 19%
- Srednji Jadran: 6%
- Jabučka kotlina: 33%, s tim da uzorak EM 46/11 znatno odstupa s 9%
- Južni Jadran: 28%, uzorci u ovoj skupini pokazuju jako raznolike vrijednosti od 5-53%

Srednja veličina zrna (M_d) u sedimentima je u rasponu od 0,002 do 0,383 mm, s prosjekom od 0,070 mm. Prosječna veličina zrna (M_z) pokazuje skoro identične rezultate raspon od 0,002 do 0,323 mm i prosjekom od 0,049 mm. Prosječne vrijednosti odgovaraju frakcijama sitnozrnatog pijeska i krupnozrnatog silta.

Sortiranost (S_o) sedimenata je jednaka kod većine sedimenata, odnosno sortiranost je vrlo slaba. Izračunate vrijednosti se kreću od 1,33 do 4,39, a prosječna vrijednost je 2,58. Dobivene sortiranosti kategoriziraju sedimente kao slabo sortirane ili vrlo slabo sortirane (Folk i Ward, 1957).

Koeficijent asimetričnosti (S_k) uzoraka je u rasponu od -0,08 do 0,69, s prosjekom od 0,1 što spada u skoro simetričnu raspodjelu prema pozitivnoj asimetričnosti (iskošenosti prema sitnijim česticama). Pozitivne vrijednosti prevladavaju u području zapadno od Istre, sedimenti sjevernog i srednjeg Jadrana imaju vrijednosti bliže simetričnoj raspodjeli ili blago prema pozitivnim vrijednostima, simetričnu raspodjelu pokazuju i sedimenti iz Jabučke kotline, dok sedimenti južnog Jadrana ne pokazuju nikakve pravilnosti i koeficijent asimetrije je jako različit (Folk i Ward, 1957).

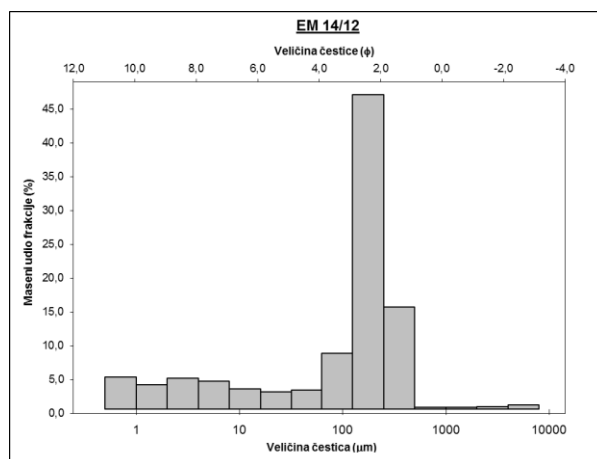
Vrijednosti koeficijenata zaoštrenosti krivulje (K_g) kreće se od 0,67 do 2,45, s prosječnom vrijednosti od 1,10 što spada u srednje zaoštrene krivulje (Folk i Ward, 1957). Zaoštrenost krivulje je jedna od mjera sortiranosti, pa će koeficijent zaoštrenosti biti veći ukoliko u sedimentu prevladava jedna frakcija.

Tablica 4.1. Granulometrijske karakteristike svakog uzorka i prosječne vrijednosti za svaku skupinu (Š-šljunak, P-pijesak, S-silt, G-glina, Md- srednja veličina zrna, Mz-prosječna veličina zrna, So- sortiranost, Sk-koeficijent asimetričnosti, Kg-zaoštrenost krivulje).

	Š (%)	P (%)	S (%)	G (%)	Md (mm)	Mz (mm)	So (φ)	Sk (φ)	Kg (φ)	Tip sedimenta
EM 14/12	1,0	73	17,7	8,6	0,156	0,063	2,68	0,69	1,57	(š)mP
EM 8/10	1,4	67,6	22,6	8,4	0,099	0,049	2,45	0,64	1,20	(š)Mp
Z. Istra	1	70	20	9	0,13	0,06	2,57	0,67	1,39	
EM 06/10	1,2	8,6	67,2	23,1	0,007	0,006	2,53	-0,08	1,20	(š)M
EM 08/11	3,2	12,1	59,2	25,5	0,007	0,007	3,10	0,20	1,23	(š)pM
EM 07/12	0,8	3,8	73,5	21,9	0,008	0,006	2,10	0,16	0,87	M
EM 04/10	0,2	20,0	63,9	15,9	0,015	0,013	2,52	0,11	0,96	pM
EM 05/10	19,1	36,8	31,9	12,2	0,168	0,107	4,36	0,21	0,69	šM
EM 04/11	0,0	6,7	72,3	21,0	0,010	0,008	2,25	0,22	0,88	S
EM 07/11	20,7	38,0	29	12,3	0,234	0,123	4,39	0,29	0,67	šM
EM 09/11	4,4	11,6	63,1	20,9	0,009	0,009	3,13	-0,18	1,40	(š)pM
EM 04/12	0,0	29,7	53,6	16,7	0,019	0,015	2,65	0,20	0,80	pS
EM 06/12	0,0	2,9	76,4	20,7	0,008	0,006	2,04	0,21	0,91	S
EM 08/12	10,2	32,4	38,9	18,5	0,018	0,031	4,22	-0,24	0,70	šM
S. Jadran	5	18	57	19	0,05	0,03	3,03	0,10	0,94	
EM 02/10	0,3	52,5	38,7	8,5	0,068	0,045	2,53	0,39	1,14	mP
EM 03/11	6,1	80,2	11,1	2,6	0,383	0,323	2,25	0,28	1,30	šmP
EM 02/12	6,2	30,3	55,2	8,3	0,038	0,051	3,30	-0,13	1,49	šM
EM 03/12	3,1	85,7	8,8	2,5	0,201	0,226	1,87	-0,03	1,15	šmP
OLIB 2012	4,7	43,1	45,6	6,5	0,056	0,060	2,99	-0,01	1,36	(š)pM
Sr. Jadran	4	58	32	6	0,15	0,14	2,59	0,10	1,29	
EM 27/10	0,0	0,9	68,1	31,0	0,003	0,003	1,33	0,04	0,96	S
EM 45/11	0,0	0,4	55,8	43,7	0,002	0,002	1,53	-0,08	0,79	M
EM 46/11	1,5	62,4	26,7	9,4	0,089	0,054	2,70	0,44	1,28	(š)mP
EM 46/12	0,0	4,3	65,8	29,9	0,006	0,006	2,27	0,03	0,69	S
JAB 2011	0,0	0,6	48,4	51,0	0,002	0,002	1,43	-0,16	0,87	M
Jab.kotlina	0	14	53	33	0,02	0,01	1,85	0,05	0,92	
EM 32/10	0,3	14,1	39,2	46,5	0,002	0,003	2,54	-0,45	1,26	pM
EM 33/10	2,1	38,2	32,2	27,4	0,010	0,012	3,29	-0,12	0,64	(š)pM
EM 35/10	0,1	5,6	54,7	39,6	0,003	0,003	2,08	-0,23	1,04	M
EM 34/10	0,6	87,2	7,4	4,8	0,119	0,122	1,62	0,22	2,45	mP
EM 42/10	2,5	76,0	15,3	6,2	0,176	0,119	2,36	0,48	2,15	(š)mP
EM 37/10	2,6	3,4	41	53,0	0,002	0,002	2,26	-0,46	1,23	(š)M
EM 41/10	0,1	5,5	53,5	40,9	0,003	0,003	2,14	-0,25	0,93	M
EM 39/10	2,9	68,9	11,4	16,8	0,257	0,062	3,73	0,66	0,77	(š)Mp
EM 43/10	0,1	0,8	67	32,1	0,004	0,003	1,67	0,05	0,86	M
EM 44/10	0,6	48,8	40,3	10,3	0,059	0,035	2,68	0,42	0,86	pM
J. Jadran	1	35	36	28	0,06	0,04	2,44	0,03	1,22	

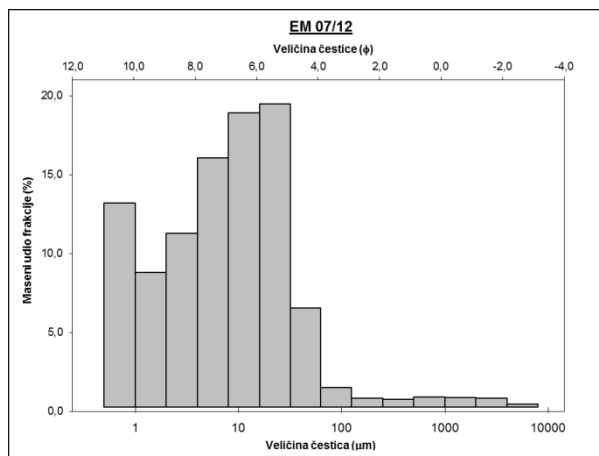
Udio pojedinih frakcija u sedimentu prikazan je reprezentativnim histogramima po pojedinim prostornim skupinama uzoraka. Za svaku skupinu stavljeni su reprezentativni histogrami (slike 4.3-4.11), a ostali se nalaze u prilogu 1. Osi na histogramima označavaju x-os: veličinu čestica u ϕ i u μm , y-os: maseni udio frakcije (%).

- Područje zapadno od Istre:

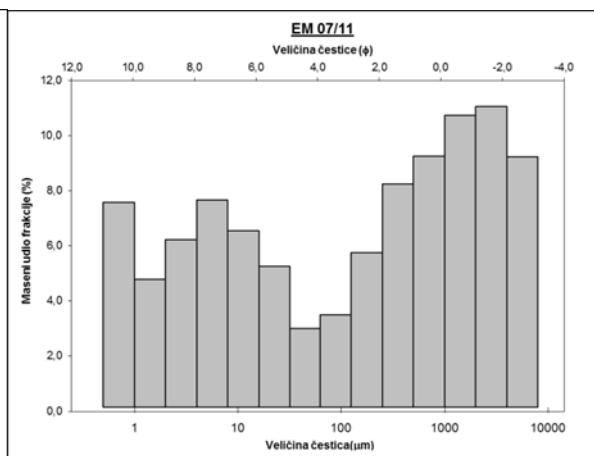


Slika 4.3. Histogram uzorka EM 14/12.

- Sjeverni Jadran kanalsko područje:

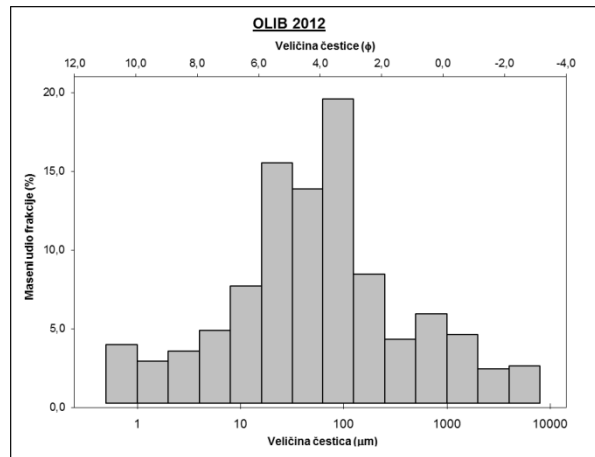


Slika 4.4. Histogram uzorka EM 07/12.



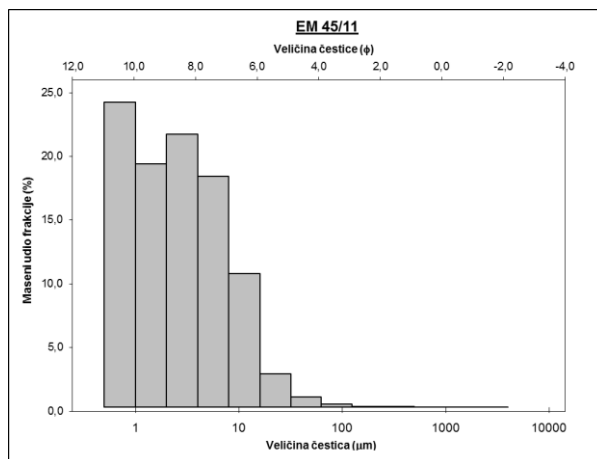
Slika 4.5. Histogram uzorka EM 07/11.

- Srednji Jadran kanalsko področje:

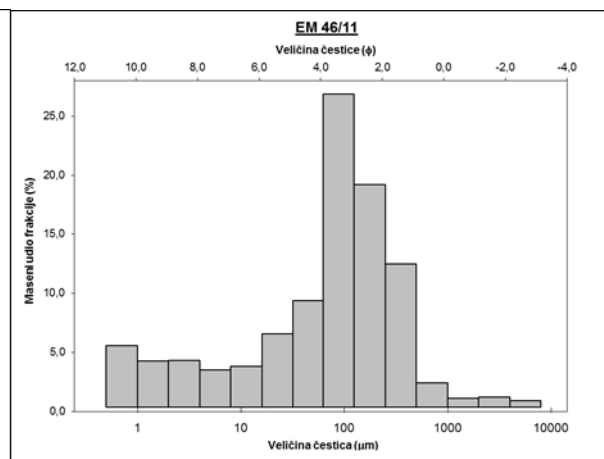


Slika 4.6. Histogram uzorka OLIB 2012.

- Jabučka kotlina:

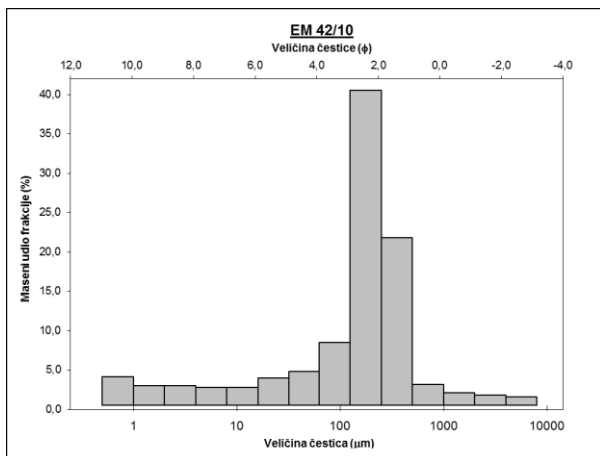


Slika 4.7. Histogram uzorka EM 45/11.

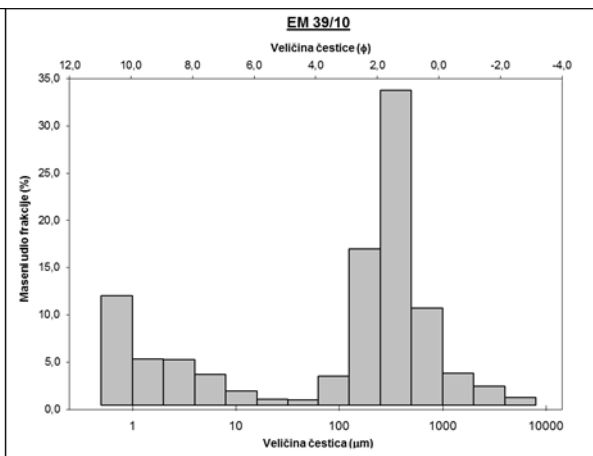


Slika 4.8. Histogram uzorka EM 46/11.

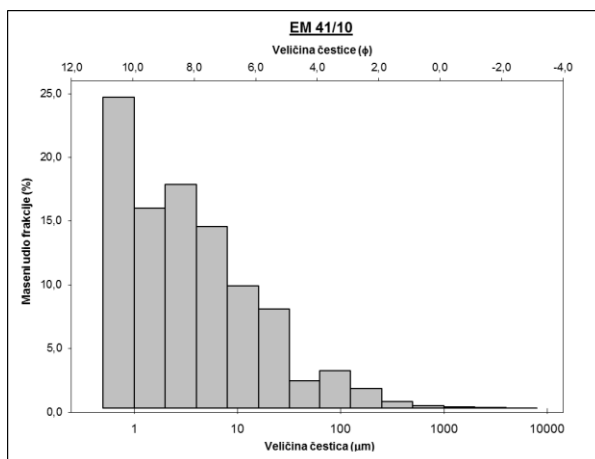
- Južni Jadran:



Slika 4.9. Histogram uzorka EM 42/10.



Slika 4.10. Histogram uzorka EM 39/10.



Slika 4.11. Histogram uzorka EM 41/10.

4.2. Rezultati analize udjela karbonata

Rezultati analize udjela karbonata u cjelokupnim uzorcima pokazali su značajne varijacije u rasponu, od 23% u nekim sedimentima zapadno od obale Istre do 90% u sedimentima u blizini otoka Oliba (tablica 4.2). Prosječna vrijednost udjela karbonata u cjelokupnim uzorcima je 50%. Sedimenti uzorkovani na različitim lokacijama se razlikuju u zastupljenosti karbonata. Najmanje karbonata sadrže sedimenti zapadno od obale Istre, zatim sedimenti iz Jabučke kotline, slijede oni iz južnog i sjevernog Jadrana dok najveći udio imaju sedimenti kanalskog područja srednjeg Jadrana. Znatan udio karbonata, od 17 do 35%, izmjeren je i u frakciji manjoj od 2 μm na reprezentativnim uzorcima s različitih prostora uzorkovanja. Najzastupljeniji su na području kanalskog područja srednjeg Jadrana s prosjekom od 31%, dok je na prostoru zapadne Istre i južnog Jadrana izmjeren najmanji udio s prosječnom vrijednosti od oko 20% i 21%.

Tablica 4.2. Vrijednosti udjela karbonatne komponente.

Uzorci	Cjelokupni uzorak CaCO ₃ (%)	< 2 μ m CaCO ₃ (%)
EM 14/12	23	18
EM 8/10	25	21
Zapadna Istra	24	20
EM 06/10	43	24
EM 08/11	46	-
EM 07/12	39	-
EM 04/10	51	31
EM 05/10	71	-
EM 04/11	60	-
EM 07/11	76	-
EM 09/11	52	-
EM 04/12	59	-
EM 06/12	50	-
EM 08/12	66	23
Sjeverni Jadran	56	26
EM 02/10	62	31
EM 03/11	90	-
EM 02/12	70	-
EM 03/12	76	-
OLIB 2012	80	35
Srednji Jadran	76	33
EM 27/10	29	35
EM 45/11	28	26
EM 46/11	50	-
EM 46/12	45	-
JAB 2011	35	-
Jabučka kotlina	37	31
EM 32/10	40	28
EM 33/10	49	-
EM 35/10	30	24
EM 34/10	53	26
EM 42/10	66	-
EM 37/10	27	17
EM 41/10	29	17
EM 39/10	52	17
EM 43/10	34	21
EM 44/10	59	-
Južni Jadran	44	21

4.3. Rezultati mikroskopske analize frakcija šljunka i pijeska

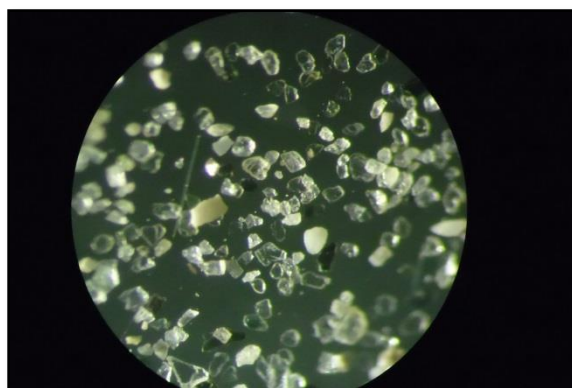
Analizom pomoću mikroskopa utvrđeno je da u frakcijama šljunka i krupnozrnatog pijeska dominiraju bioklasti, dok se u frakcijama sitnozrnatog pijeska uz bioklaste pojavljuju i nekarbonatna mineralna zrna.

Područje zapadno od Istre

U uzorku EM 08/10 uzetog s područja zapadno od Istre u frakcijama šljunka i krupnozrnatog pijeska pronađeni su ostaci skeleta organizama, među kojima su najzastupljeniji ostaci ljuštura školjkaša (slika 4.12), kućice puževa, fragmenti bodlji ježinaca i poneka ljuštura ostrakoda. U frakcijama sitnozrnatog pijeska dominiraju ostaci mineralnih zrna (slika 4.13) među kojima se prepoznaju listićavi minerali, zelena, bezbojna i žuto obojena mineralna zrna. Od bioklasta u sitnozrnatost frakciji su najzastupljenije foraminifere, među kojima dominiraju aglutinirane foraminifere koje se lako uočavaju zato jer su za stvaranje svojih kućica koristile tamna (uglavnom zelena) mineralna zrna koja su nađena i zasebno. Osim kućica foraminifera od ostataka bioklasta nalaze se i spikule spužvi i sitni fragmenti ljuštura ili kućica mekušaca. U ukupnom uzorku granulometrijski najzastupljenije su frakcije sitnozrnatog pijeska, zbog toga su i u uzorku s 50% najzastupljenija mineralna zrna, dok među bioklastima dominiraju ostaci foraminifera.



Slika 4.12. Frakcija > 4mm uzorka EM 08/10.
Ljuštura školjkaša i njihovi fragmenti.



Slika 4.13. Frakcija 0,063-0,125 mm uzorka EM 08/10. Na slici se vide mineralna zrna i spikula spužve.

Sjeverni Jadran kanalsko područje

Uzorci EM 04/10, EM 05/10 i EM 06/10 iz skupine sjevernog kanalskog područja Jadrana u frakcijama šljunka i krupnozrnatog pijeska sadrže bioklaste, a najzastupljeniji su fragmenti ljuštura školjkaša, puževa i ostaci kućice ježinca i bodlje ježinaca (slika 4.14). U frakcijama sitnijeg pijeska su najzastupljenija mineralna zrna, foraminifere i fragmenti ljuštura školjkaša, kućica puževa i fragmenti kućice i bodlji ježinaca (slika 4.15). U svim uzorcima nađene su i spikule spužvi i ljušturice ostrakoda (slika 4.15). U uzorcima EM 05/10 i EM 06/10 najzastupljeniji su bioklasti, među njima dominiraju ostaci mekušaca, odnosno ostaci ljuštura školjkaša i puževa. Nakon njih najdominantniji su ostaci kućice ježinaca i fragmenati bodlji ježinaca. U uzorku EM 04/10 koji se nalazi najjužnije od tri uzorka najzastupljenija su mineralna zrna, a onda slijede bioklasti s podjednako zastupljenim ostacima foraminifera, mekušaca i bodljikaša.



Slika 4.14. Frakcija >4mm uzorka EM 05/10. Na slici se vide ostaci ljuštura školjkaša i kućica puža.



Slika 4.15. Frakcija 0,5-1 mm uzorka EM 06/10. U desnom gornjem kutu nalazi se ljuštura ostrakoda, ostali fragmenti na slici su ostaci kućice bodljikaša.

Južni Jadran kanalsko područje

U uzorku EM 02/10 iz skupine južnog kanalskog područja Jadrana u frakcijama šljunka i krupnozrnatog pijeska najzastupljeniji su ostaci ljuštura školjkaša i kućica puževa (slika 4.16), u tim frakcijama se nalaze i fragmenti kućice ježinca i serpule, koje su najčešći na većim ljušturama školjkaša. U frakcijama sitnozrnatog pijeska najzastupljenija su bezbojana, svijetlo žuta i svjetlo zelena mineralna zrna, listićavi minerali i ostaci kućica foraminifera. Frakcije sitnozrnatog pijeska najzastupljenije su u uzorku EM 02/10, zbog toga je i udio mineralnih zrna najveći u tom uzorku. Od biogenih čestica najzastupljeniji su ostaci kućica foraminifera i ostaci mekušaca, zatim s otprilike upola manjim udjelom zastupljeni su ostaci bodljikaša.

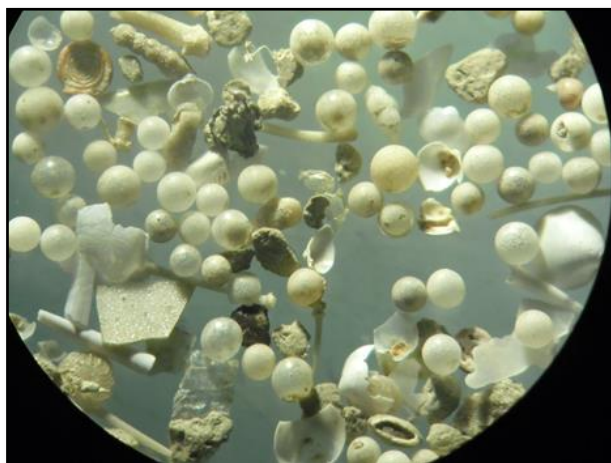


Slika 4.16. Frakcija 1-2mm uzorka EM 02/10. U lijevom donjem kutu se nalaze ostatak kućice ježinca, u desnom donjem kutu se nalazi ostatak ljušture školjkaša i u sredini slike se nalazi kućica puža.

Jabučka kotlina

Kod skupina uzoraka iz Jabučke kotline frakcija veća od 0,063 mm je oskudno zastupljena, a frakcije šljunka u uzorku EM 27/10 koji je uzet kao reprezentativni za ovu skupinu ni nema. U frakciji 1-2 mm nađeni su ostaci ljuštura školjkaša i fragmenti kućice bodljikaša, dok su u ostalim frakcijama dominantni ostaci kućica foraminifera (slika 4.17). Najdominantniji su ostaci planktonskih foraminifera (slika 4.18). U ovom uzorku su nađeni i mogući reliktni ostaci s narančastom prevlakom po kućici. Sitnozrnate frakcije pijeska osim kućica foraminifera sadrže i mineralna zrna i poneku

spikulu spužvi. Najdominantnije su u ovom uzorku biogene čestice, i to među njima ostaci foraminifera.



Slika 4.18. Frakcija 0,5-1mm uzorka EM 27/10. Na slici se vide kućice foramifera, fragmenti kućice ježinaca i bodlje ježinaca i ljuštore školjkaša.



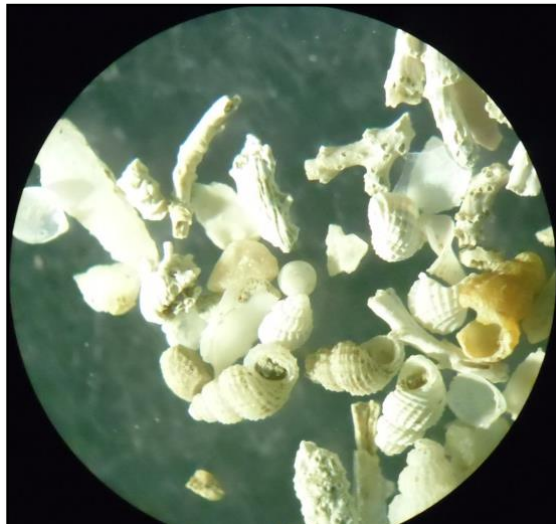
Slika 4.17. Frakcija 0,5-1 mm uzorka EM27/10. Kućice planktonskih foraminifera.

Južni Jadran

Uzorci sedmenata iz južnog Jadrana pokazuju drugačiji sastav frakcija šljunka i pijeska, od uzoraka s ostalih područja uzorkovanja. U svim uzorcima su nađeni ostaci mahovnjaka (slika 4.19), što nije karakteristično za ostale skupine. U frakcijama šljunka i krupnozrnatog pijeska nalaze se biogene čestice. Najzastupljeniji su ostaci mahovnjaka, mekušaca (slika 4.20), bodljikaša a u uzorku EM 42/10 pronađen je fragment ostatka skeleta crvene alge. U ostalim uzorcima nisu zabilježeni ostaci crvenih algi. U uzorcima su nađene i veće kućice foraminifera (slika 4.21) i ostaci serpula (slika 4.22). Frakcije sitnozrnatog pijeska sadrže značajan udio mineralnih zrna, ostataka kućica foraminifera (slika 4.23), ali i fragmenata mekušaca, mahovnjaka i bodljikaša. U svim uzorcima su nađene spikule spužvi i ostrakodi. Neki ostaci organizama imaju atipičnu narančastu boju, koja može biti znak oksidacije skeleta (slika 4.24). U uzorcima EM 34/10, EM 42/10 i EM 44/10 najzastupljenija su mineralna zrna, dok u ostalim uzorci dominiraju bioklasti. Od bioklasta ostaci kućica foraminifera najzastupljeniji su u uzorcima EM 32/10, EM 33/10, EM 34/10, EM 35/10, EM 41/10 i EM 44/10. Kod uzoraka EM 37/10, EM 42/10 i EM 43/10 su podjednako zastupljeni i ostaci mekušaca i ostaci foraminifera. Uzorak EM 39/10, koji je uzet najjužnije od svih uzoraka, ima najzastupljenije ostatke mahovnjaka, dok su ostaci foraminifera i mekušaca malo slabije zastupljeni.



Slika 4.19. Frakcija 2-4 mm, uzorka EM 32/10. Na slici se nalazi ostatak mahovnjaka.



Slika 4.20. Frakcija 0,5-1mm uzorka EM 37/10. Na slici se nalaze fragmenti mahovnjaka, kućice puževa i foraminifera.



Slika 4.21. Frakcija 0,5-1mm uzorka EM 43/10. Na slici se nalaze kućice foraminifera i kućica puža.



Slika 4.22. Frakcija 0,5-1 mm, uzorka EM 32/10. U sredini se nalazi serpula, odnosno ostatak života kolutičavca.



Slika 4.23. Frakcija 0,25-0,5 mm uzorka EM 33/10. Na slici se vide kućice foraminiferaa (bentičkih i planktonskih).

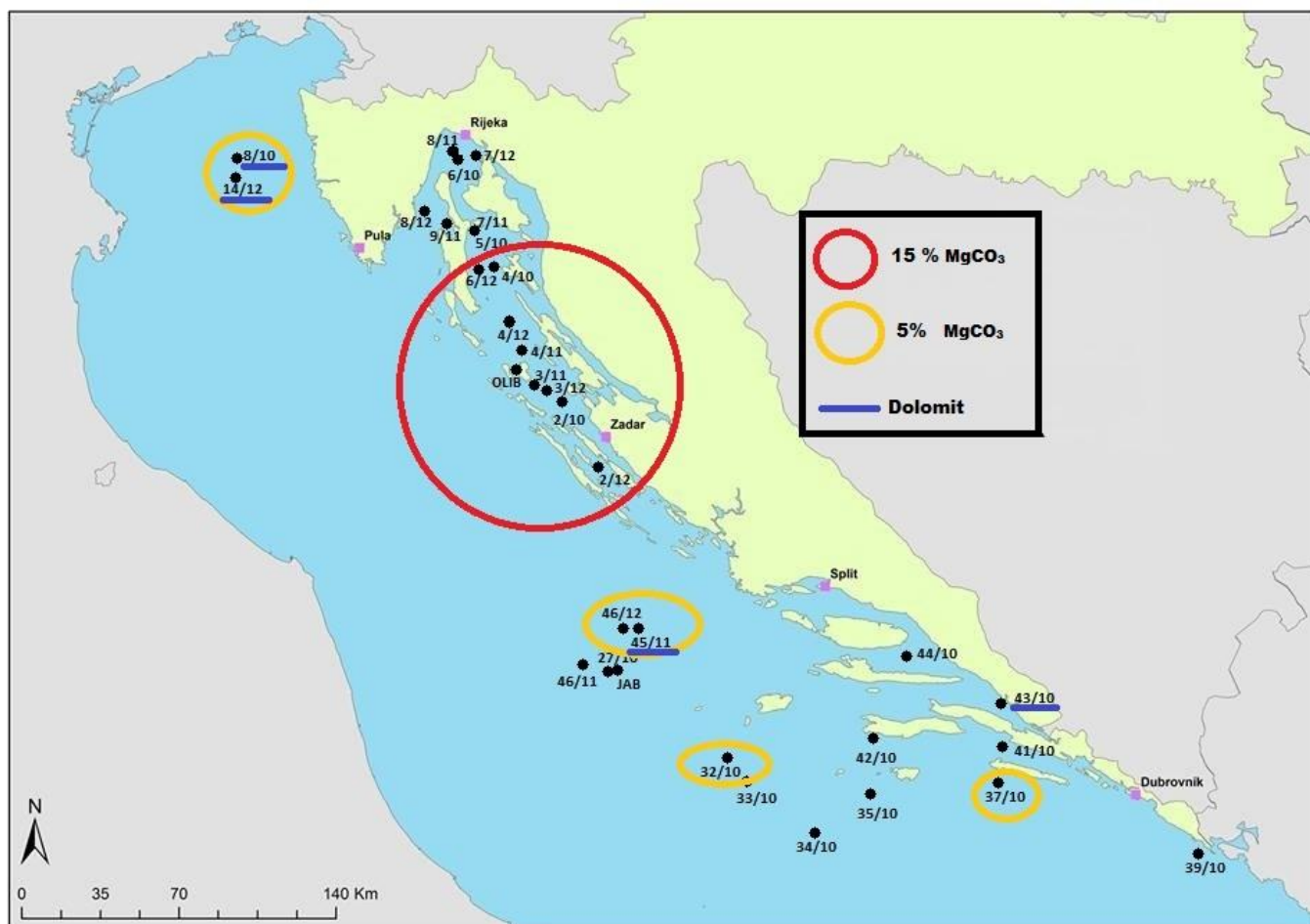


Slika 4.24. Frakcija 0,25-0,5 mm uzorka EM 34/10. Na slici se vide narančasto-žute kućice foraminifera.

4.4. Rezultati rendgenske difrakcijske analize

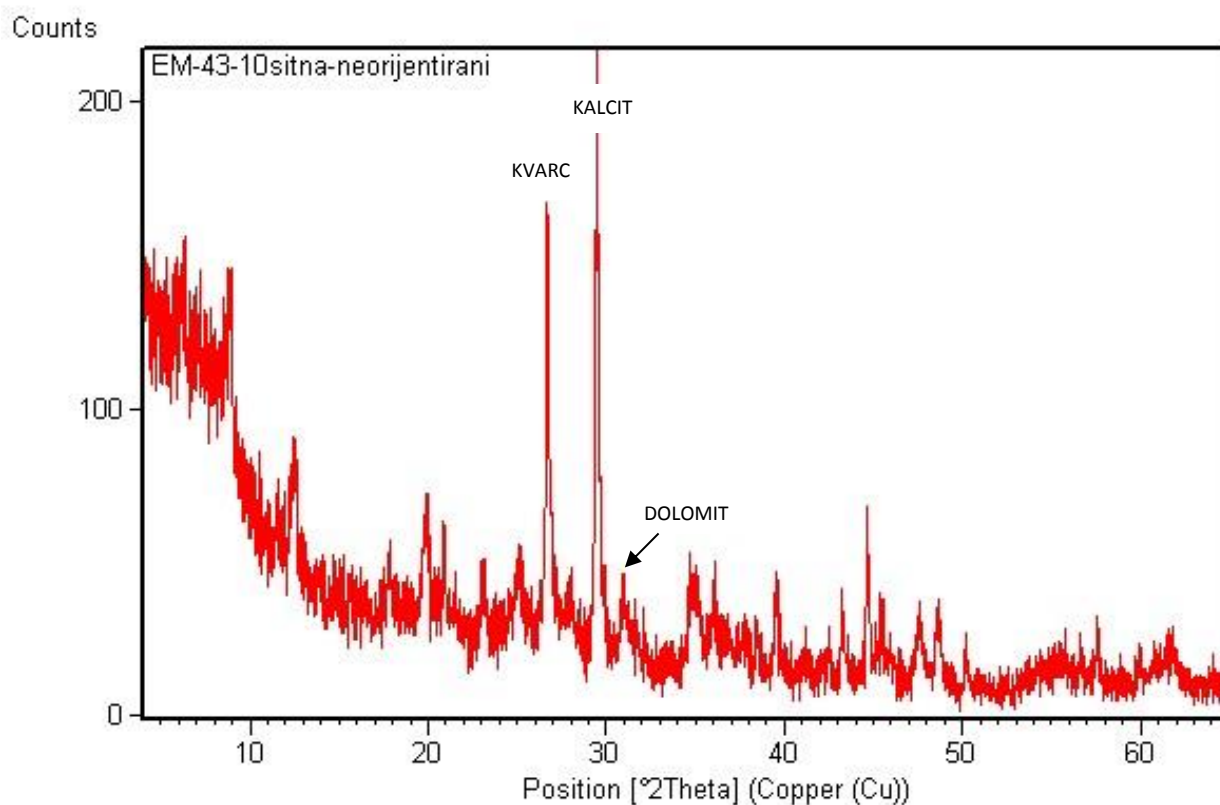
4.4.1. Neorijentirani preparati frakcije <math><2\ \mu\text{m}</math>

Neorijentirani preparati frakcije <math><2\ \mu\text{m}</math> snimljeni su da se ustanovi nalaze li se u sitnoj frakcije još neki minerali osim minerali glina. Svi snimljeni rendgenogrami pokazali su slične rezultate. U uzorcima su uz minerale glina nađeni karbonati i kvarc. Karbonati su zastupljeni s aragonitom, kalcitom i dolomitom (slika 4.25). Kalcit se u sedimentima pojavljuje kao nisko-magnezijski kalcit koji sadrži do 4% molarna udjela MgCO_3 i visoko-magnezijski kalcit s više od 4% molarnog udjela MgCO_3 . Molarni udio MgCO_2 određen je na osnovu položaja 104 refleksa i kreće se u postocima od 0-15%.



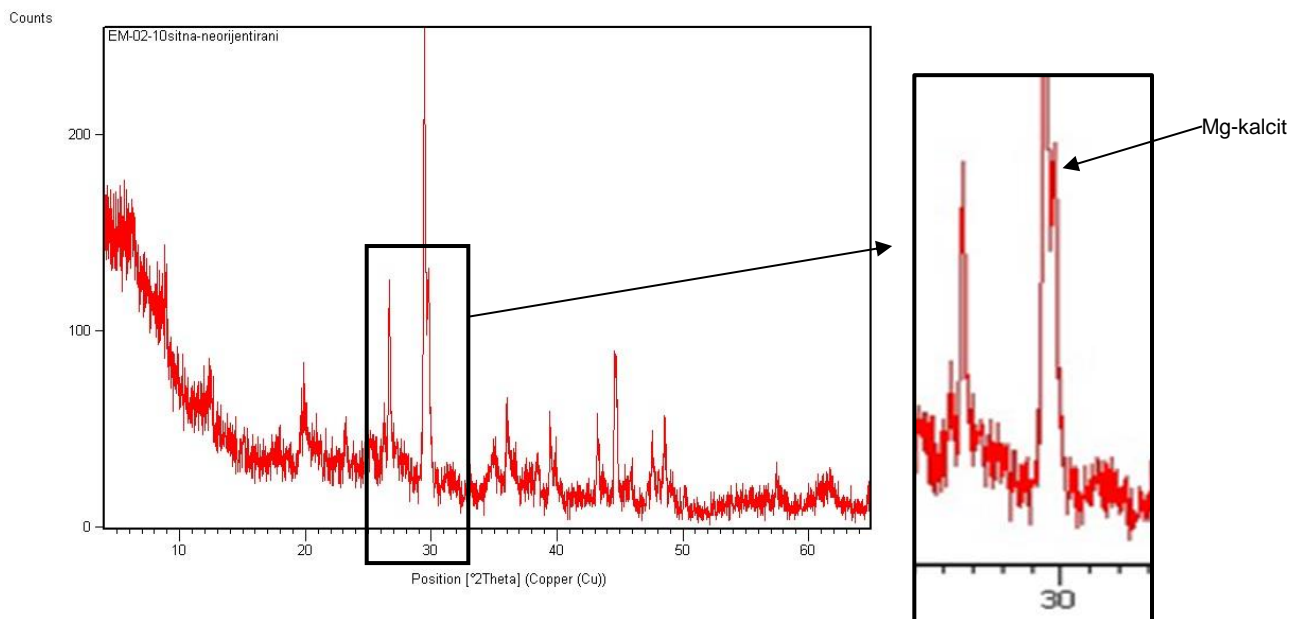
Slika 4.25. Karta pozicija uzorkovanja sa zaokruženim uzorcima koji sadrže kalcit s oko 15% molarnog udjela MgCO_3 , oko 5% molarnog udjela MgCO_3 i podcrtanim uzorcima koji u sebi sadrže dolomit.

Dolomit je određen u uzorcima iz skupine zapadno od Istre (EM 08/10, EM 14/12), jednom uzorku iz Jabučke kotline (EM 45/11) i uzorku uzetog u području u blizini ušća Neretve (EM 43/10, slika 4.26). U ostalim uzorcima dolomita nema ili ga nije bilo moguće odrediti. Aragonit je određen samo u uzorcima srednjeg Jadrana kanalskog područja u ostalim uzorcima ga ili nema ili ga nije bilo moguće odrediti.



Slika 4.26. Rendgenogram neorijentiranog preparata frakcije <math><2\mu\text{m}</math> uzorka EM 43/10 s označenim difrakcijskim maksimumima kvarca, kalcita i dolomita.

U svim uzorcima zastupljen je nisko-magnezijski kalcit, dok je visokomagnezijski kalcit zastupljen samo u određenim područjima. Kalcit s molarnim udjelom MgCO_3 od oko 15% zastupljen je u području srednjeg Jadrana (slika 4.27) i u uzorcima iz skupine sjevernog Jadrana koji se nalaze najjužnije, odnosno u uzorcima EM 04/10, EM 06/12 i EM 04/11. U uzorcima s područje zapadno od Istre, uzorcima EM 45/11 i EM 46/12 iz Jabučke kotline te uzorcima EM 32/10 i EM 37/10 s područja južnog Jadrana prisutan je kalcit s molarnim udjelom MgCO_3 od oko 5%.



Slika 4.27. Rendgenogram neorijentiranog preparata frakcije <math><2\ \mu\text{m}</math> uzorka EM 02/10 s označenim difrakcijskim maksimumom Mg-kalcita.

4.4.2. Orijentirani preparati

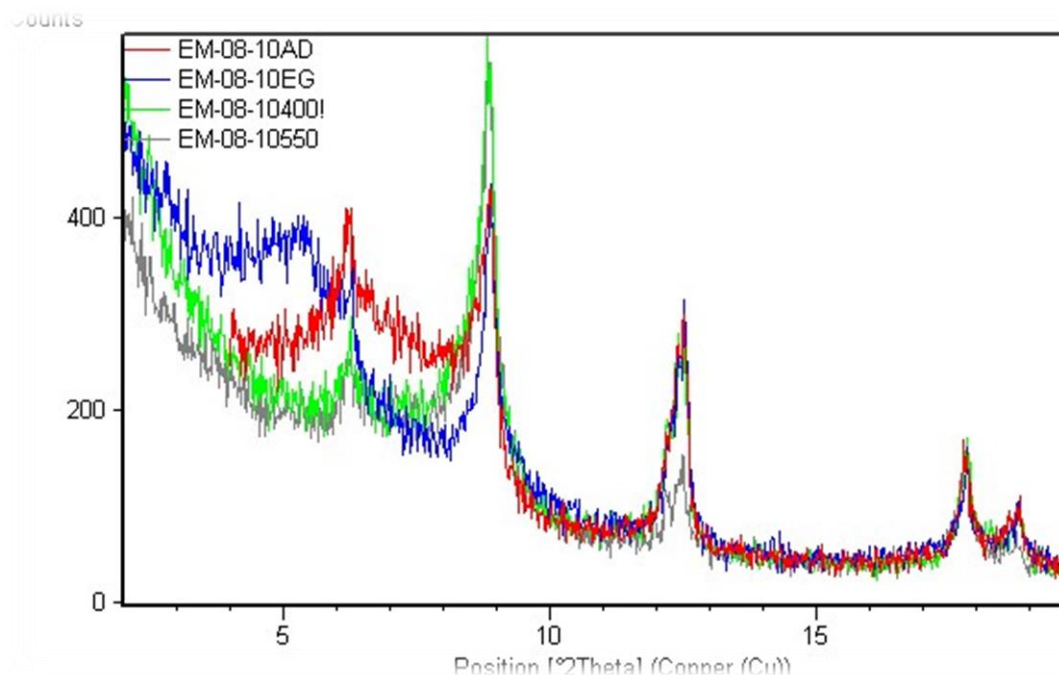
Rezultati rendgenske difrakcijske analize na orijentiranim preparatima frakcije glina (<math><2\ \mu\text{m}</math>) prikazani su u obliku usporednih rendgenograma orijentiranih preparata sušenih na zraku (AD), tretiranih etilen-glikolom (EG), žarenih na 400°C, te žarenih na 550°C. Prikazani su rendgenogrami u rasponu od 2 do $20^{\circ}2\theta$. Za svaku pojedinu skupinu prikazani su reprezentativni rendgenogrami, rendgenogrami ostalih uzoraka nalaze se u prilogu 2. I rezultati nakon djelovanja 30% HCl prikazani su u obliku usporednih rendgenograma orijentiranih preparata sušenih na zraku (AD), tretiranih 30% HCl te sušenih na zraku i zatim žarenih na 550°C. Prikazani su rendgenogrami u rasponu od 13 do $14^{\circ}2\theta$. U daljnjem tekstu prikazani su usporedni rendgenogrami uzorka nakon djelovanja kiseline, osim za uzorka EM 04/10 i EM 41/10 koji se nalaze u prilogu 3.

Područje zapadno od Istre

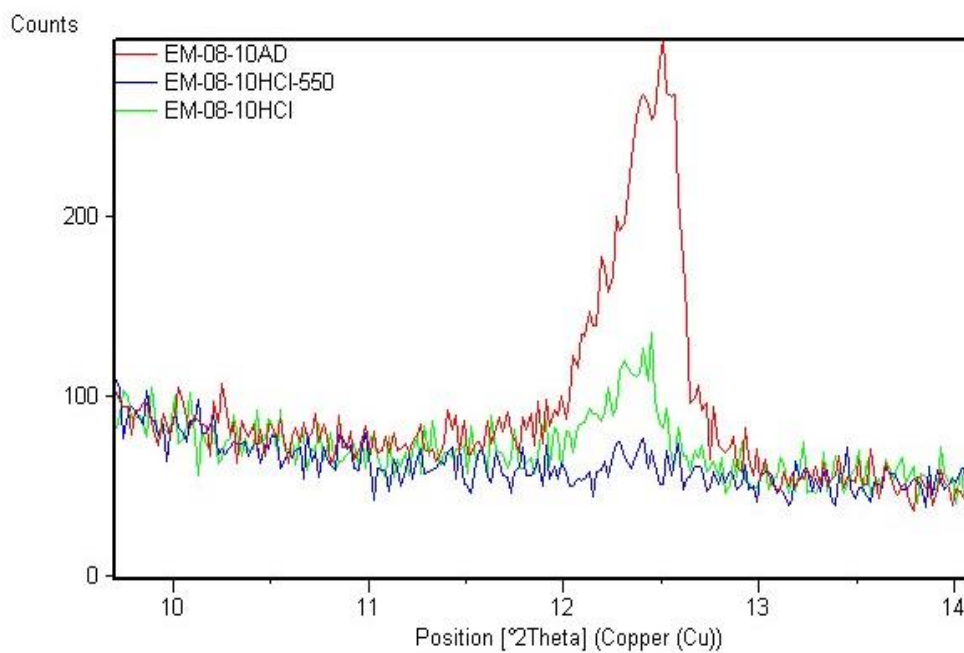
Frakcija <2 μ m sedimenta zapadno od obale Istre sastoji se minerala smektita, klorita, illita i minerala klorita, kaolinita i serpentina koji imaju difrakcijski maksimum na istoj poziciji (slika 4.28). Podaci za uzorak EM 08/10 prikazani su tablici 4.3, uzorak EM 14/12 pokazuje skoro identične rezultate. Difrakcijski maksimum s međumrežnim razmakom 14,25Å (pozicija 6,23°2 Θ) određen je kao smektit zbog smanjenja međumrežnog razmaka pri žarenju i povećanja pri djelovanju s etilen glikolom koje je potvrdilo da se radi o mineralima koji u strukturi sadrže vodu, odnosno da se radi o mineralima grupe smektita. Difrakcijski maksimum nije u potpunosti nestao s pozicije 6,23°2 Θ nakon djelovanja etilen glikolom jer se u uzorku nalazi i klorit. Difrakcijski maksimum s međumrežnim razmakom 9,95 Å odgovara mineralu illitu, on nakon djelovanja etilen glikolom nije pokazao nikakvu promjenu, ali se nakon žarenja maksimum pojačao zbog pomicanja difrakcijskog maksimuma smektita pri izlasku vode iz strukture. Na poziciji 12,58°2 Θ nalazi se difrakcijski maksimum koji pripada već određenom kloritu. Nakon djelovanja kiselinom na toj poziciji ostao je difrakcijski maksimum, što ukazuje na prisutnost još nekog minerala osim klorita. Radi li se o serpentinu ili kaolinitu ustanovilo se žarenjem na 550°C. Nakon žarenja difrakcijski maksimum se jako smanjio ali je dio ostao, čime je utvrđeno da se u uzorcima nalazi i kaolinit i minerali iz grupe serpentina. Rezultat je prikazan usporednim rendgenogramom na slici 4.29.

Tablica 4.3. Rendgenografski podaci za uzorak EM 08/10

°2Θ	d (Å)	I_{rel.} (%)	Mineral
6,23	14,24	61	smektiti+klorit
8,89	9,95	100	illit
12,58	7,034	53	klorit+kaolinit+serpentin
17,78	4,9896	35	illit
18,74	4,7300	17	klorit



— Slika 4.28. Usporedni prikaz difraktograma orijentiranih preparata uzorka EM 08/10 osušenim na zraku (AD), tretiranih etilen-glikolom (EG), žarenih na 400°C (400) i žarenih na 550°C (550).



Slika 4.29. Usporedni prikaz difraktograma snimljenih na orijentiranim preparatima sušenim na zraku (AD), na koje se djelovalo kiselinom (HCl), te žarenim na 550°C (HCl-550) uzorka EM 08/10.

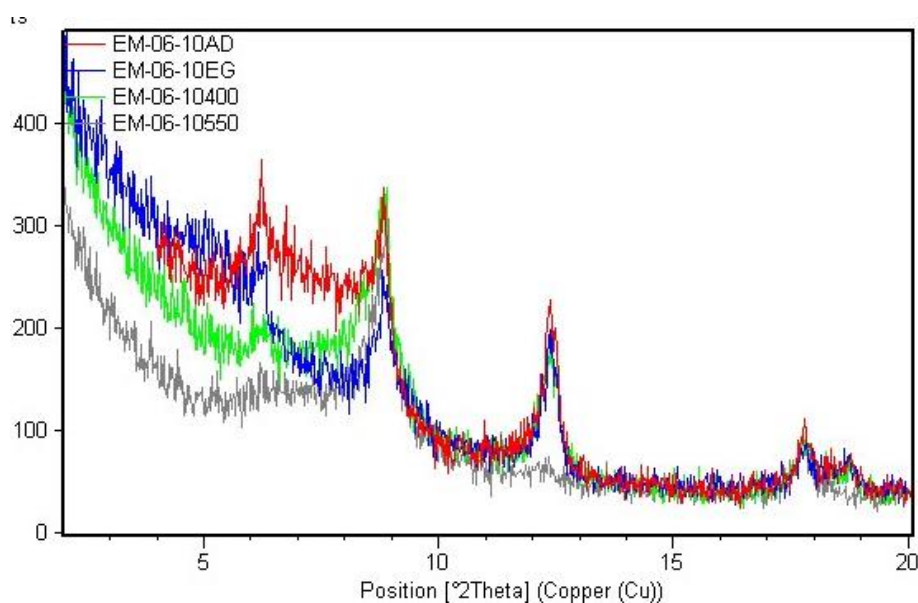
Sjeverni Jadran kanalsko područje

U frakciji <math> < 2\mu\text{m}</math> sedimenta kanalskog područja sjevernog Jadrana na orijentiranim preparatima određeni su minerali smektiti, illit, klorit i kaolinit. Svi uzorci pokazuju slične rezultate, male razlike postoje u intenzitetima difrakcijskih maksimuma pojedinih minerala i u poziciji difrakcijskog maksimuma smektita i klorita, zbog tog razloga rezultati biti će prikazani tablično i slikama podijeljeni u nekoliko podskupina sa sličnijim uzorcima. Prisutnost kaolinita i serpentina određena je na dva uzorka s ovog područja uzorkovanja. Utvrđeno je prisustvo kaolinita i izostanak minerala grupe serpentina.

Ovu podskupinu čine uzorci s područja Riječkog zaljeva: EM 06/10, EM 07/12 i EM 08/11. Podaci za uzorak EM 06/10 prikazani su u tablici 4.4 i na slici 4.30.

Tablica 4.4. Rendgenografski podaci za uzorak EM 06/10

$\text{°}2\theta$	d (Å)	I _{rel.} (%)	Mineral
6,21	14,24	63	smektiti+klorit
8,85	9,99	100	illit
12,37	7,150	84	klorit+kaolinit
17,81	4,9800	32	illit

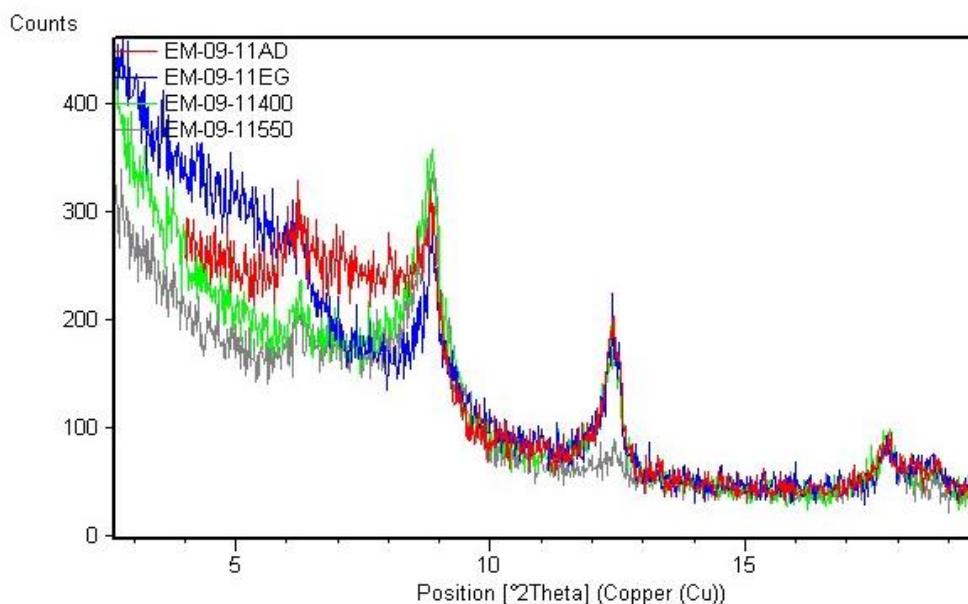


Slika 4.30. Usporedni prikaz difraktograma orijentiranih preparata uzorka EM 06/10 osušenim na zraku (AD), tretiranih etilen-glikolom (EG), žarenih na 400°C (400) i žarenih na 550°C (550).

Drugu podskupinu čine uzorci EM 09/11 i EM 08/12 uzorkovani između otoka Cresa i Istre, uzorak EM 06/12 uzorkovan je s istočne strane obale otoka Cresa, a uzorci EM 05/10 i EM 07/11 na isto području između otoka Cresa i Plavnika. Podaci za uzorak EM 09/11 prikazani su u tablici 4.5 i na slici 4.31.

Tablica 4.5. Rendgenografski podaci za uzorak EM 09/11.

$^{\circ}2\theta$	d (Å)	I _{rel.} (%)	Mineral
6,21	14,23	47	smektiti+klorit
8,87	9,97	100	illit
12,38	7,152	68	klorit+kaolinit
17,76	4,9952	22	illit

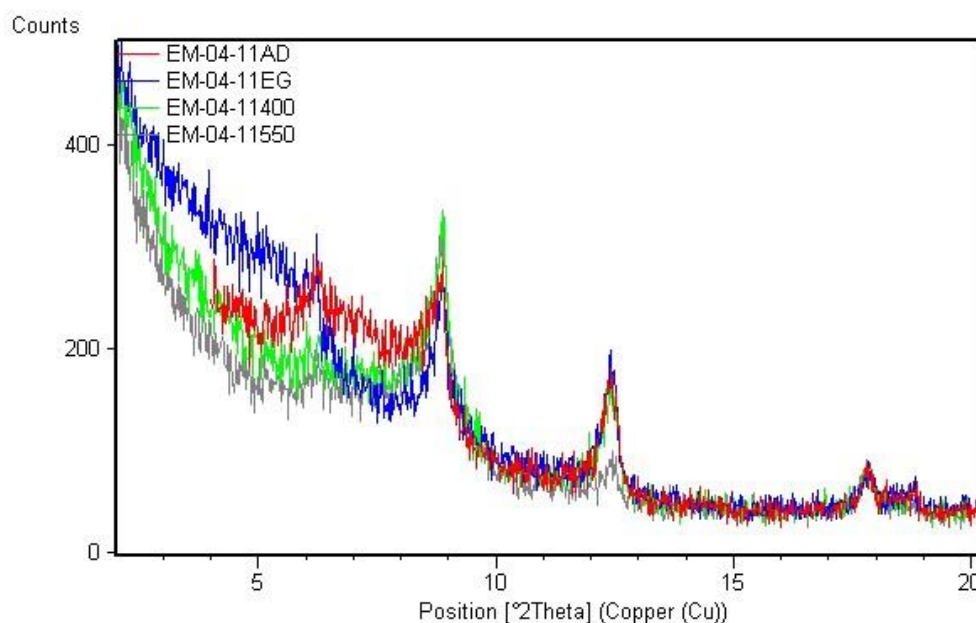


Slika 4.31. Usporedni prikaz difraktograma orijentiranih preparata uzorka EM 09/11, osušenim na zraku (AD), tretiranih etilen-glikolom (EG), žarenih na 400°C (400) i žarenih na 550°C (550).

Podskupinu s uzorcima uzorkovanim najjužnije od svih uzoraka iz skupine S Jadran (EM 04/12 i EM 04/11), te u kanalskom području između otoka Cresa i otoka Raba i Paga (EM 04/10). Podaci za uzorak EM 04/11 prikazani su u tablici 4.5 i na slici 4.32.

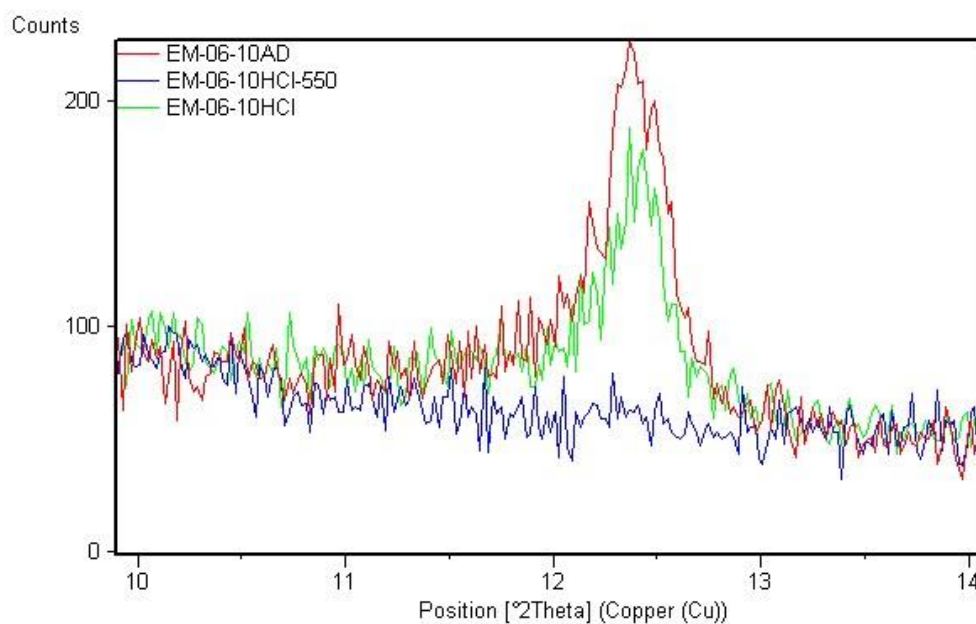
Tablica 4.5. Rendgenografski podaci za uzorak EM 04/11.

$^{\circ}2\theta$	d (Å)	I _{rel.} (%)	Mineral
6,24	14,17	48	smektiti+klorit
8,87	9,97	96	illit
12,41	7,130	71	klorit+kaolinit
17,83	4,9747	24	illit



Slika 4.32. Usporedni prikaz difraktograma orijentiranih preparata uzorka EM 04/11, osušenim na zraku (AD), tretiranih etilen-glikolom (EG), žarenih na 400°C (400) i žarenih na 550°C (550).

Uzorci na kojima su rađena mjerenja da bi se ustanovilo je li u području kanalskog područja prisutan kaolinit i serpentin su EM 06/10 i EM 04/10. U oba uzorka prisutan je kaolinit (slika 4.33).



Slika 4.33. Usporedni prikaz difraktograma snimljenih na orijentiranim preparatima osušenim na zraku (AD), na koje se djelovalo kiselinom (HCl), te žarenim na 550°C (HCl-550) uzorka EM 06/10.

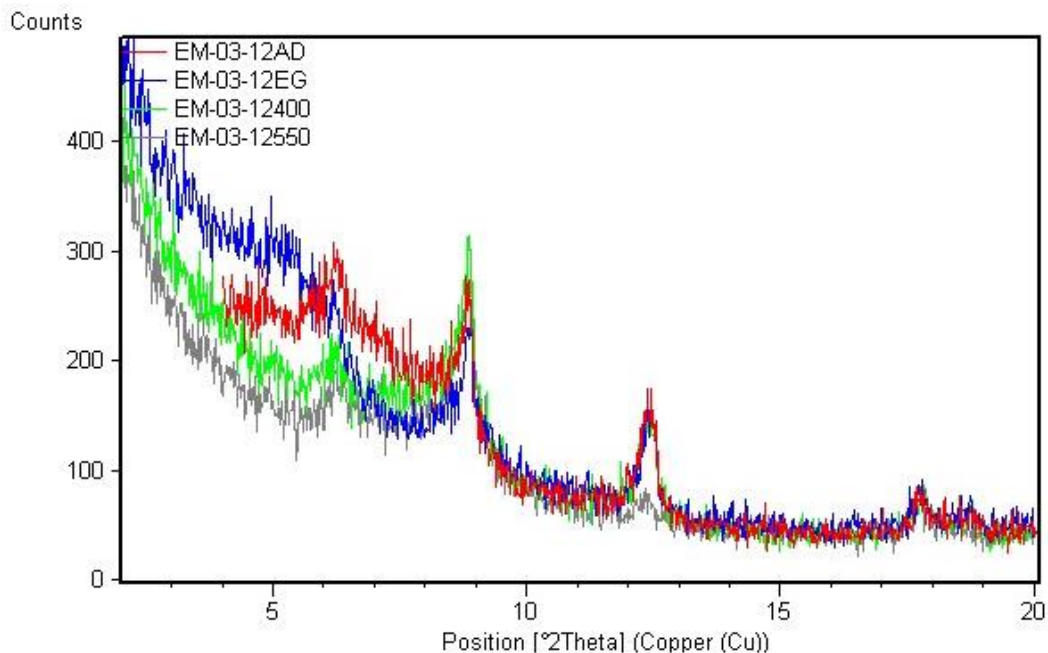
Srednji Jadran kanalsko područje

U uzorcima kanalskog područja srednjeg Jadrana od minerala glina zastupljeni su minerali smektit, illit, klorit i kaolinit. Svi uzorci pokazuju slične rezultate, zbog toga će tablično biti prikazani rezultati iz samo jednog uzorka. Da bi se ustanovilo ima li u skupini srednji Jadran kaolinita i serpentina ispitan je uzorak EM 02/10.

Podaci za uzorak EM 03/12 prikazani su u tablici 4.6 i na slici 4.34. Uzorci slični su EM 02/10, EM 02/12, EM 03/11 i OLIB.

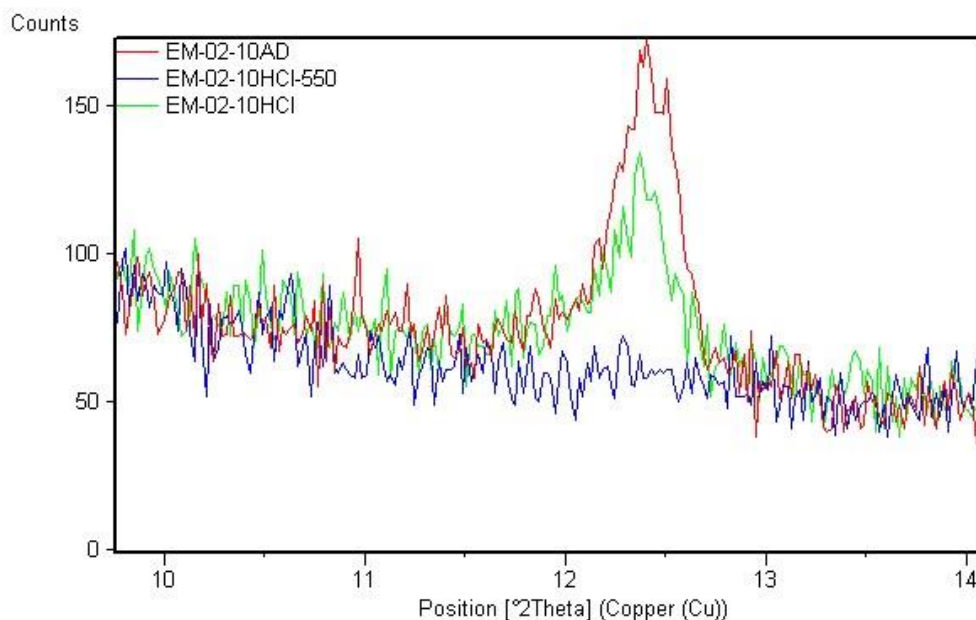
Tablica 4.6. Rendgenografski podaci za uzorak EM 03/12.

°2θ	d (Å)	I_{rel.} (%)	Mineral
6,22	14,21	65	smektit+klorit
8,88	9,96	100	illit
12,49	7,083	64	klorit+kaolinit
17,76	4,9937	23	illit



Slika 4.34. Usporedni prikaz difraktograma orijentiranih preparata uzorka EM 03/11, osušenim na zraku (AD), tretiranih etilen-glikolom (EG), žarenih na 400°C (400) i žarenih na 550°C (550).

Usporedni rendgenogrami uzorka EM 02/10 nakon djelovanja s 30% HCl prikazani su na slici 4.35. Rezultat je pokazao da je u sedimentima slabo zastupljen kaolinit, a serpentini nije prisutan u koncentraciji koja se može detektirati.



Slika 4.35. Usporedni prikaz difraktograma snimljenih na orijentiranim preparatima osušenim na zraku (AD), na koje se djelovalo kiselinom (HCl), te žarenim na 550°C (HCl-550) uzorka EM 02/10.

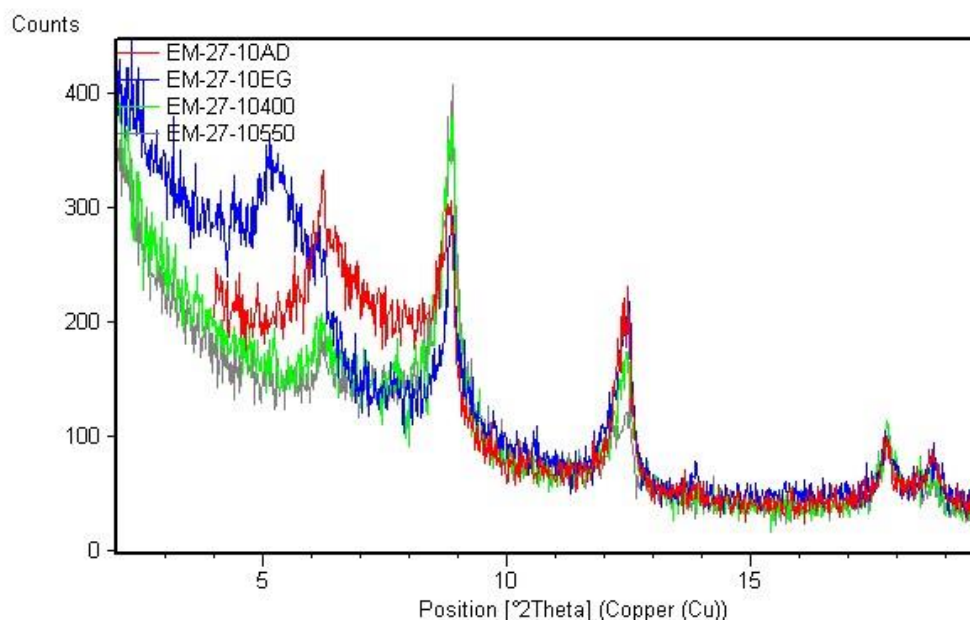
Jabučka kotlina

Frakcija <2 μ m sedimenta Jabučke kotline od minerala glina ima zastupljene smektite, klorit, illit i kaolinit. Zbog međusobne sličnosti rezultata, u tablici su uneseni podaci samo jednog uzorka. Na uzorku EM 27/10 rađena je analiza da se ustanovi ima li u uzorku kaolinita i serpentina.

Rezultati analiza uzorka EM 27/10 prikazani su u tablici 4.6 i na slici 2.36. Uzorci EM 45/11, EM 46/11, EM 46/12 I JAB 2012 pokazuju slične rezultate.

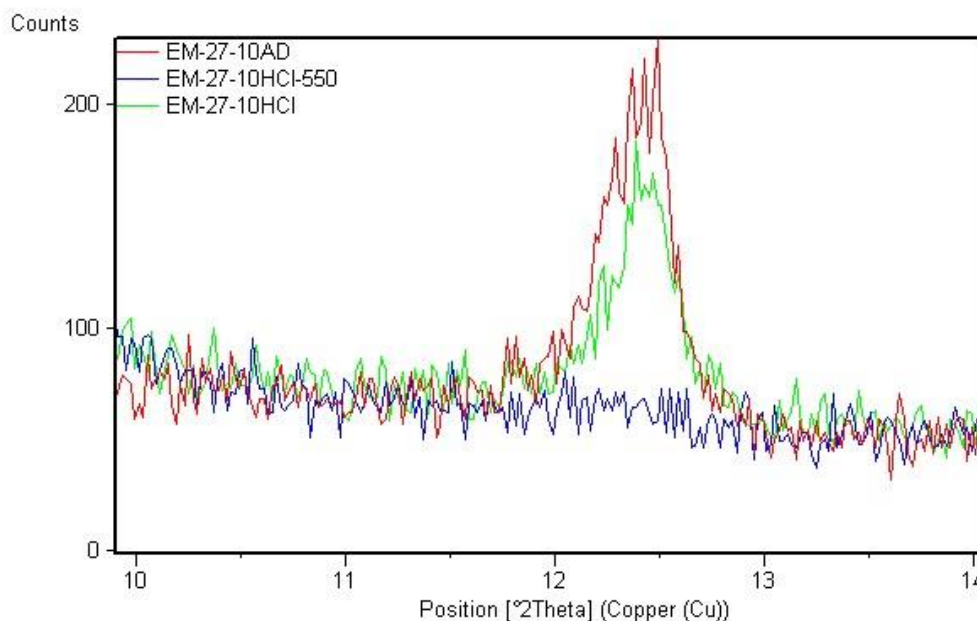
Tablica 4.6. Rendgenografski podaci za uzorak EM 27/10

$^{\circ}2\theta$	d (Å)	I _{rel.} (%)	Mineral
6,17	14,32	71	smektiti+klorit
8,85	9,99	100	illit
12,47	7,097	77	klorit+kaolinit
17,77	4,9919	28	illit
18,76	4,7313	23	klorit



Slika 2.36. Usporedni prikaz difraktograma orijentiranih preparata uzorka EM 27/10, osušenim na zraku (AD), tretiranih etilen-glikolom (EG), žarenih na 400°C (400) i žarenih na 550°C (550).

Usporedni rendgenogrami snimljeni nakon djelovanja 30% HCl uzorka EM 27/10 prikazani su na slici 2.37. Rezultat je pokazao prisustvo kaolinita.



Slika 2.37. Usporedni prikaz difraktograma snimljenih na orijentiranim preparatima osušenim na zraku (AD), na koje se djelovalo kiselinom (HCl), te žarenim na 550°C (HCl-550) uzorka EM 27/10.

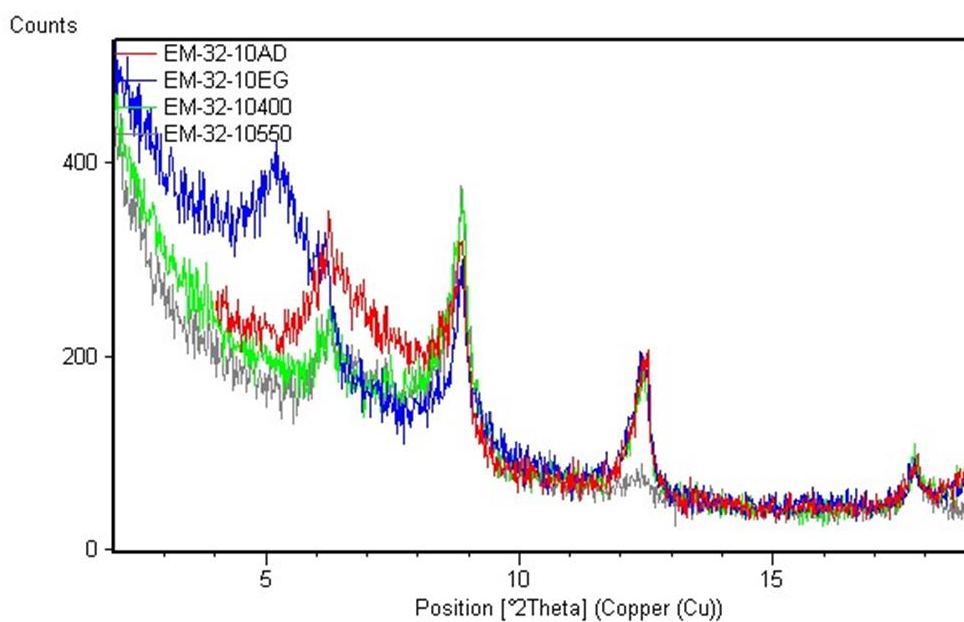
Južni Jadran

U frakcija <math><2\mu\text{m}</math> sedimenta južnog Jadrana na orijentiranim preparatima određeni su minerali smektiti, illit, klorit, kaolinit i serpentin. Svi uzorci pokazuju slične rezultate, razlike postoje u intenzitetima pojedinih minerala, zbog tog razloga rezultati će biti prikazani tablično podijeljeni u nekoliko podskupina s sličnijim uzorcima. Određivanje ima li na ovom području kaolinita i serpentina rađeno je na tri odabrana uzorka, u kojima je utvrđeno prisustvo kaolinita i serpentina

Podaci analize uzorka EM 32/10 prikazani su u tablici 4.7 i na slici 4.38. Njemu slični uzorci su EM 33/10, EM 34/10 i EM 35/10. Svi uzorci uzorkovani su na otvorenom moru.

Tablica 4.7. Rendgenografski podaci za uzorak EM 32/10.

$^{\circ}2\theta$	d (Å)	I _{rel.} (%)	Mineral
6,22	14,20	66	smektiti+klorit
8,87	9,97	100	illit
12,50	7,080	70	klorit+kaolinit+serpentin
17,79	4,9870	21	illit

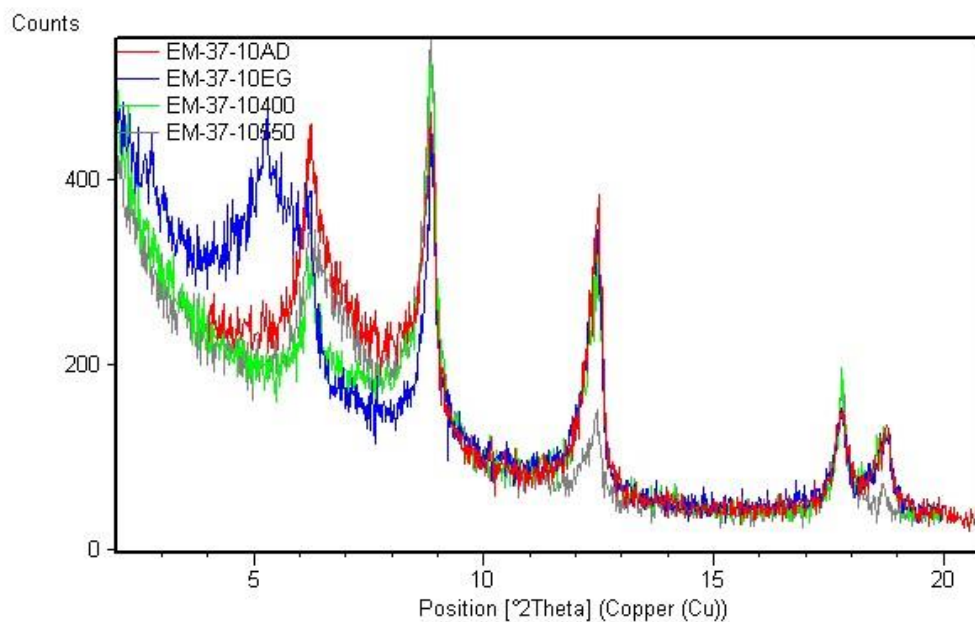


Slika 4.38. Usporedni prikaz difraktograma orijentiranih preparata uzorka EM 32/10, osušenim na zraku (AD), tretiranih etilen-glikolom (EG), žarenih na 400°C (400) i žarenih na 550°C (550).

Podaci analize uzorka EM 37/10 prikazani su u tablici 4.8 i na slici 4.39. Njemu slični uzorci su EM 41/10, EM 42/10, EM 43/10, EM 44/10 i EM 39/10.

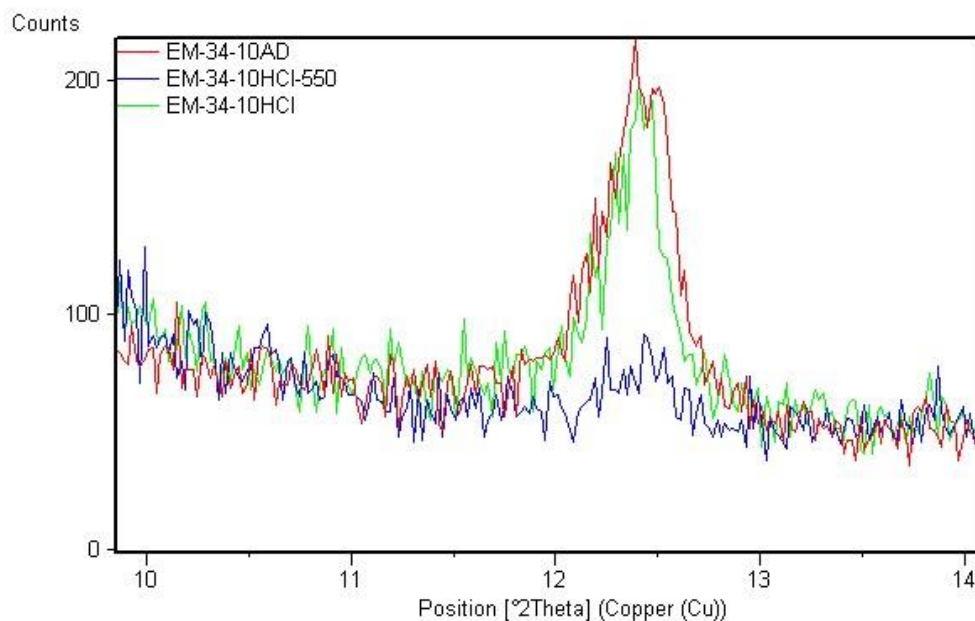
Tablica 4.8. Rendgenografski podaci za uzorak EM 37/10.

$^{\circ}2\theta$	d (Å)	I _{rel.} (%)	Mineral
6,22	14,22	76	smektiti+klorit
8,88	9,96	100	illit
12,50	7,079	89	klorit+kaolinit+serpentin
17,78	4,9899	31	illit

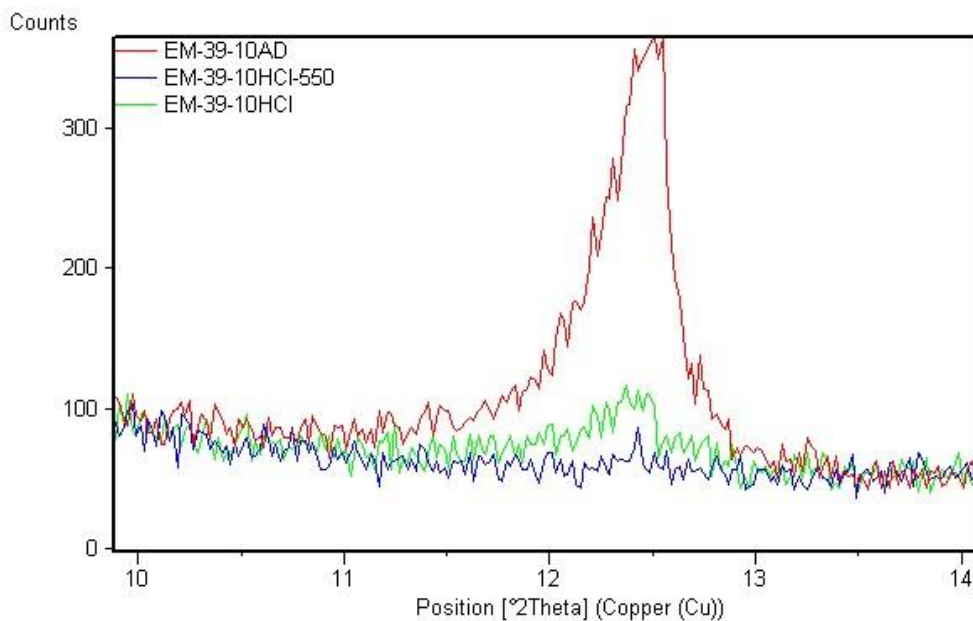


Slika 4.39. Usporedni prikaz difraktograma orijentiranih preparata uzorka EM 37/10, osušenim na zraku (AD), tretiranih etilen-glikolom (EG), žarenih na 400°C (400) i žarenih na 550°C (550).

Usporedni rendgenogrami nakon djelovanja s 30% HCl pokazali su da u je u uzorku EM 34/10 (slika 4.40) prisutan kaolinit, i da je klorit zastupljen s malom količinom, dok u uzorcima EM 39/10 (slika 4.41) i EM 41/10 nije prisutan kaolinit, a klorit je značajno zastupljen.



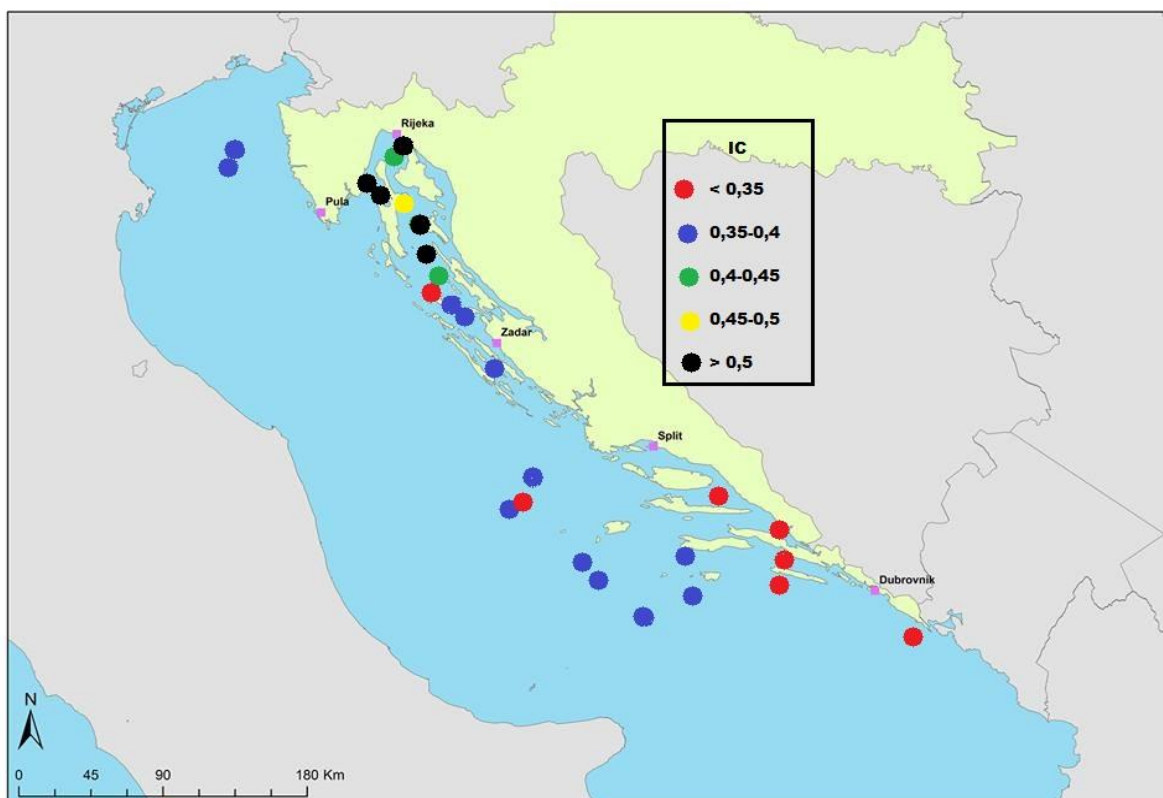
Slika 4.40. Usporedni prikaz difraktograma snimljenih na orijentiranim preparatima osušenim na zraku (AD), na koje se djelovalo kiselinom (HCl), te žarenim na 550°C (HCl-550) uzorka EM 34/10.



Slika 4.41. Usporedni prikaz difraktograma snimljenih na orijentiranim preparatima osušenim na zraku (AD), na koje se djelovalo kiselinom (HCl), te žarenim na 550°C (HCl-550) uzorka EM 39/10.

4.4.2.1. „Kristalinitet“ illita

„Kristalinitet illita određen je na 27 uzoraka sedimenata. Vrijednosti KI (Küblerovog indeksa) kreću se u širokom rasponu od 0,315 do 0,583 ovisno o području s kojeg su analizirani uzorci. Tomadin (2000) je odredio granice „kristaliniteta“ illita na 5 skupina po kojima su određene i vrijednosti u ovom radu radi lakše usporedbe rezultata. Jako dobro kristalizirani illit ima vrijednosti do 0,35, dobro kristalizirani raspon od 0,35-0,4, srednje kristalizirani raspon od 0,4-0,45, slabo kristalizirani raspon od 0,45-0,5 i jako slabo kristalizirani illit ima vrijednosti veće od 0,5. Uzorci su podijeljeni u te kategorije i prostorno prikazani na karti Jadranskog mora (slika 4.42). Svi dobiveni rezultati definirani su i pomoću Küblerove (1967) klasifikacije na 3 područja: dijageneze (KI>0,42), anhizone (KI 0,25-0,45) i epizone (KI<0,25)



Slika 4.42. Prostorna raspodjela uzoraka označenih različitim bojama ovisno o stupnju indeksa kristaliniteta illita po Tomadinu (crvena -jako dobro kristalizirani illit; plava - dobro kristalizirani illit; zelena - srednje kristalizirani illit; žuta - slabo kristalizirani illit; crna - jako slabo kristalizirani illit).

Područje zapadno od Istre

Vrijednost KI od 0,359 (tablica 4.9) po Tomadinu (2000) spadaju između skupine jako dobro kristaliziranog illita i dobro kristaliziranog illita. Po Kübleru (1967) pripadju u područje anhizone. Uspoređujući s ostalim analiziranim uzorcima KI skupine zapadno od Istre spada među sedimente s najbolje kristaliziranim mineralom illit.

Tablica 4.9. Vrijednosi KI skupine zapadno od Istre.

EM 08/10	EM 14/12
0,359	0,359

Sjeverni Jadran kanalsko područje

Sedimenti sjevernog kanalskog dijela Jadrana pokazuju širok raspon KI. Vrijednosti indeksa se kreću od 0,419 do 0,583 (tablica 4.10), i spadale bi po Tomadinu (2000) u skupine od srednje do jako slabo kristaliziranog illita. Po Kübleru (1967) uzorci pripadaju u područje dijageneze, osim uzorka EM 04/11 koji pripada u zonu anhizone. U odnosu na ostale analizirane uzorke, uzorci iz skupine sjeverni Jadran imaju najveće vrijednosti KI odnosno najslabije su kristalizirani. U uzorcima nije primijećena prostorna pravilnost raspodjele vrijednosti.

Tablica 4.10. Vrijednosti KI skupine sjeverni Jadran.

EM 06/10	EM 07/12	EM 04/10	EM 05/10	EM 04/11	EM 09/11	EM 04/12	EM 08/12
0,434	0,583	0,508	0,493	0,419	0,583	0,538	0,516

Srednji Jadran kanalsko područje

Sedimenti kanalskog dijela srednjeg Jadrana po Tomadinu (2000) sadrže dobro do srednje kristalizirani illit. U svim uzorcima, osim u uzorku OLIB 2012, vrijednosti KI (tablica 4.11) dale su vrijednosti koje spadaju u skupinu između 0,35-0,4. OLIB 2012 ima vrijednost KI 0,329 što bi spadalo u skupinu jako dobro kristaliziranog illita. Po Kübleru (1967) svi uzorci iz ovog područja uzorkovanja pripadaju u područje anhizone.

Tablica 4.11. Vrijednosti KI skupine srednjeg Jadrana.

EM 02/10	EM 02/12	EM 03/12	OLIB 2012
0,389	0,382	0,374	0,329

Jabučka kotlina

Vrijednosti KI (tablica 4.12) u sedimentima Jabučke kotline kreću se po Tomadinu (2000) između vrijednosti jako dobro kristaliziranog illita i dobro kristaliziranog illita. Te vrijednosti KI po Kübleru (1967) pripadaju u područje anhizone.

Tablica 4.12 Vrijednosti KI skupine Jabučka kotlina

EM 27/10	EM 45/10	JAB 2011
0,359	0,399	0,329

Južni Jadran

Sedimenti skupine južni Jadran imaju vrijednosti indeksa KI između 0,315 do 0,397 (tablica 4.13). Illit je u uzorcima po Tomadinu (2000) dobro kristaliziran. Sve uzorci po Kübleru (1967) pripadaju u područje anhizone.

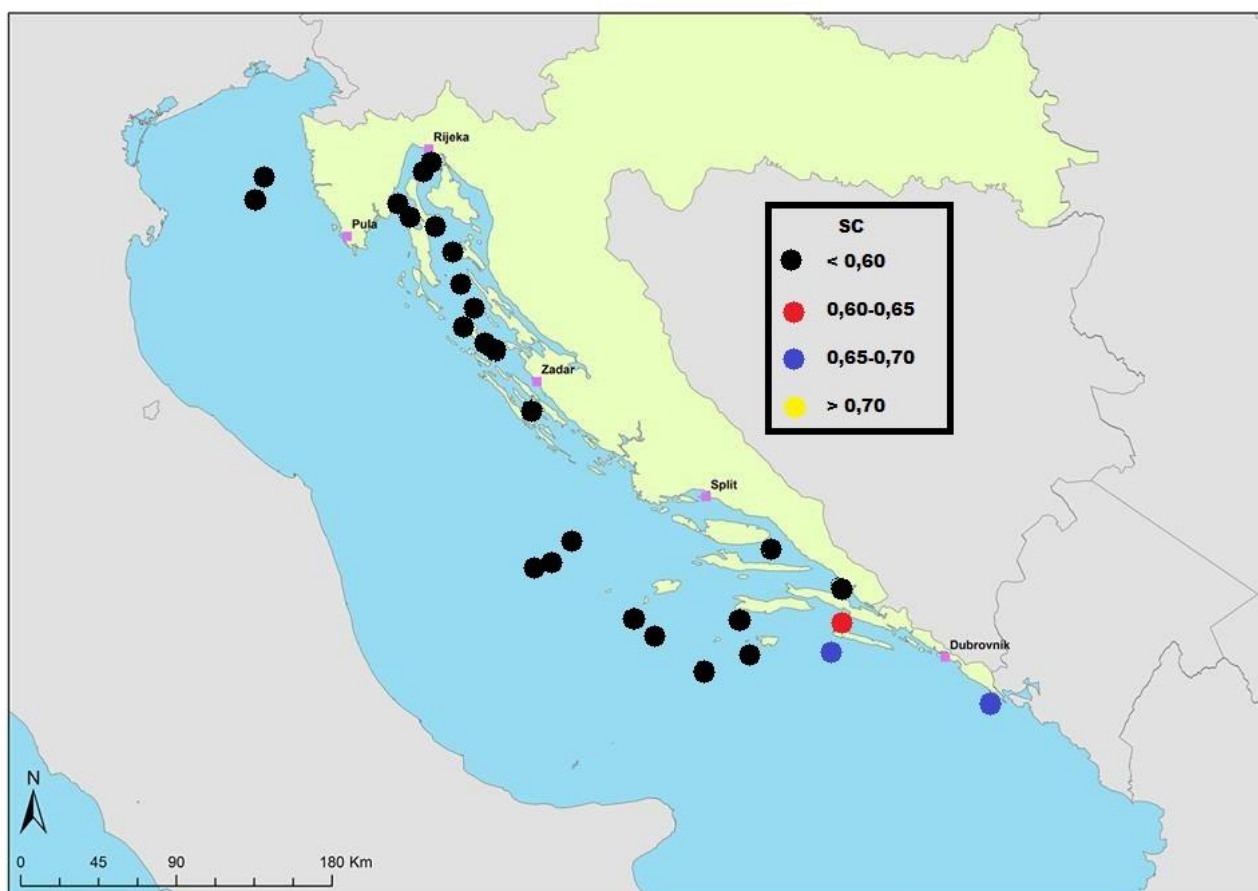
Tablica 4.13. Vrijednosti KI skupine južni Jadran.

EM 32/10	EM 33/10	EM 35/10	EM 34/10	EM 42/10
0,397	0,374	0,374	0,359	0,359

EM 37/10	EM 41/10	EM 39/10	EM 43/10	EM 44/10
0,322	0,337	0,344	0,322	0,315

4.4.2.2. Kristalinitet smektita

Određivanje „kristaliniteta“ smektita napravljeno je na 27 uzorka sedimenta. Dobiveni rezultati kreću se između -0,48 do 0,68 (slika 4.43). Dobiveni rezultati razvrstani su u kategorije stupnja kristaliniteta po Tomadinu (2000). Većina dobivenih vrijednosti pripada u kategoriju slabo kristaliziranog smektita, odnosno sve manje od 0,65, dok samo rezultati iz dva uzorka pripadaju u kategoriju dobro kristaliziranog smektita odnosno imaju vrijednosti između 0,65-0,70.



Slika 4.43. Prostorna raspodjela uzoraka označenih različitim bojama ovisno o različitom stupnju indeksa kristaliniteta smektita (crna - jako slabo kristalizirani smektit, crvena - slabo kristaliziran smektit, plava - dobro kristaliziran smektit, žuta - jako dobro kristalizirani smektit).

Područje zapadno od Istre

Sedimenti područja zapadno od Istre sadrže smektiti slabijeg stupnja kristaliniteta, s indeksima kristaliniteta ispod 0,60 (tablica 4.14).

Tablica 4.14. Vrijednosti indeksa „kristaliniteta“ smektita skupine zapadna Istra.

EM 08/10	EM 14/12
0,48	0,57

Sjeverni Jadran kanalsko područje

Sedimenti kanalskog područja sjevernog Jadrana imaju najniže vrijednosti indeksa „kristaliniteta“ smektita. Vrijednosti se kreću u širokom rasponu od -0,42 do 0,42, svi rezultati ukazuju na slab stupanj kristaliniteta (tablica 4.15).

Tablica 4.15. Vrijednosti indeksa „kristaliniteta“ smektita skupine sjeverni Jadran

EM 06/10	EM 07/12	EM 04/10	EM 05/10	EM 04/11	EM 09/11	EM 04/12	EM 08/12
0,42	-0,10	0,27	-0,42	0,33	0,17	0,33	0,08

Srednji Jadran kanalsko područje

Skupina kanalskog područja srednjeg Jadrana ima jednolične vrijednosti indeksa „kristaliniteta“ smektita, sve vrijednosti ukazuju na slabo kristalizirani smektit (tablica 4.16).

Tablica 4.16. Vrijednosti indeksa „kristaliniteta“ smektita skupine srednji Jadran

EM 02/10	EM 02/12	EM 03/12	OLIB 2012
0,32	0,38	0,27	-0,15

Jabučka kotlina

Uzorci sedimenata iz Jabučke kotline pokazali su slične rezultata i spadaju u kategoriju slabije kristaliziranog smektita (tablica 4.17).

Tablica 4.17. Vrijednosti indeksa „kristaliniteta“ smektita skupine Jabučka kotlina.

EM 27/10	EM 45/10	JAB 2011
0,51	0,56	0,53

Južni Jadran

Sedimenti skupine iz južnog Jadrana imaju podjednake kristalinitete smektita, osim uzorka EM 43/10, s vrijednostima od 0,50 do 0,68 i spadaju u slabije kristalizirane smektite do dobro kristalizirane smektite (tablica 4.18). Vrijednosti su više nego u ostalim uzorcima. Smektiti iz uzorka EM 43/10 sakupljenih u blizini ušća Neretve imaju vrijednosti puno niže od ostalih uzorka iz skupine Južni Jadran i ukazuju na jako slabo kristalizirani smektit.

Tablica 4.18. Vrijednosti indeksa „kristaliniteta“ smektita skupine južni Jadran.

EM 32/10	EM 33/10	EM 35/10	EM 34/10	EM 42/10
0,51	0,50	0,56	0,58	0,52

EM 37/10	EM 41/10	EM 39/10	EM 43/10	EM 44/10
0,65	0,60	0,68	0,20	0,57

5. RASPRAVA

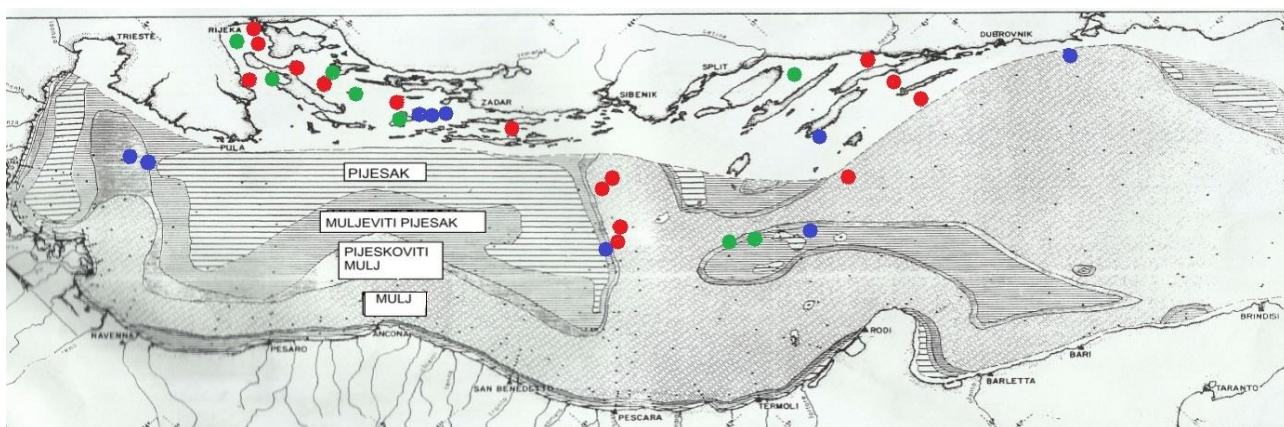
U ovom istraživanju cilj je bio odrediti osnovne granulometrijske i mineraloške karakteristike površinskih sedimenata hrvatske strane Jadranskog mora te ih usporediti s dosadašnjim rezultatima na istraživanom području (Pikelj, 2010). Dobiveni rezultati pokušali su se nadovezati na rezultate dobivene na talijanskoj strani (Van Straaten, 1970, Pigorini, 1968). Detaljnija analiza napravljena je na glinovitoj frakciji radi usporedbe i nadopunjavanja rezultata dobivenih na zapadnom i središnjem dijelu Jadrana (Tomadin, 2000).

Taložni prostor Jadranskog mora većim je dijelom prostor kontinentnog šelfa sa značajnim terigenim donosom sa zapadne strane i značajnom bioprodukcijom u moru. Osim tih čimbenika koji danas utječu na taložni prostor veliku ulogu imale su i oscilacije morske razine u nedalekoj prošlosti. Velika razvedenost hrvatske obale s puno otoka i najvećim dijelom karbonatnim zaleđem bila je dodatni motiv za usporedbu s talijanskim dijelom koji je slabo razveden i sa zaleđem iz kojeg je mogući značajan donos terigenog materijala. Usporedbe su napravljene na osnovi granulometrijskih karakteristika i sastava glinovite frakcije, te „kristaliniteta“ illita i smektiti. Na uzorcima je napravljena i kalcimetrija, te su pregledane frakcije pijeska i šljunka radi odredbe biogenih i terigenih fragmenata.

5.1. Granulometrijske karakteristike sedimenata

Rezultati granulometrijske analize pokazali su da se većina, čak 73%, analiziranih sedimenata može klasificirati kao mulj, dok je ostatak klasificiran kao pijesak. Ovakav rezultat je i očekivan s time da su uzorci ciljano birani s područja koja su po Pikelj (2010) određena kao muljevita. Raspodjela muljevite frakcije između silta i gline pokazala je da u većini uzoraka prevladava frakcija čestica veličine silta. U uzorcima silt je zastupljen s udjelom od 7,4 do 76,4%, s prosjekom od 44,1%. Velika zastupljenost silta u području kanalskog dijela sjevernog Jadrana, u blizini ušća Neretve i kanala između Brača i Hvara se podudara s rezultatima koje je dobila Pikelj (2010). Za razliku od toga analizirani sedimenti ispred zapadne obale Istre s prosjekom frakcije silta od 20% i dominantnijom frakcijom pijeska, ne podudaraju se s

dosadašnjim istraživanjima u kojima je zastupljenija sitnozrnatija frakcija (Pikelj, 2010, Van Straaten, 1970). Glinovita komponenta u sedimentima zastupljena je u postocima od 2,5 do 53% i prosjekom od 21%. Značajan udio glinovite komponente imaju uzorci iz Jabučke kotline, te većina uzoraka Južnog Jadrana. Vrijednosti udjela glinovite frakcije znatno niže od prosječne imaju uzorci kanalskog područja srednjeg Jadrana s udjelom od 5,6%. Dobiveni rezultati se poklapaju s rezultatima koje je prezentirala Pikelj (2010), jedino odstupanje u rezultatima imaju uzorci ispred zapadne obale Istre u kojima je dobiveni udio glinovite komponentne znatno manji, jednako kao i kod silta. Longitudinalno pružanje Jadranskog bazena i strujanje smjerom od jugoistoka duž istočne obale prema sjeverozapadu i od sjeverozapadan duž zapadne obale prema jugoistoku, rezultiralo je specifičnom sedimentacijom u bazenu. Istraživanja napravljena na sedimentima središnjeg i zapadnog dijela Jadranskog bazena pokazuju longitudinalnu raspodjelu sedimenata duž zapadne (talijanske) obale (Pigorini, 1968, Van Straaten, 1970). Područja preklapanja ovdje analiziranih uzoraka i onih analiziranih na zapadnoj strani su muljeviti pojas koji se zbog strujanja u sjevernom dijelu zakreće od ušća rijeke Po prema sjeveru te zahvaća područje uzorkovanja u ovom radu analiziranih sedimenata ispred zapadne obale Istre, te muljeviti pojas u kojem se nalaze i uzorci uzorkovani u dijelu južnog Jadrana i u Jabučkoj kotlini. Uzorci koji se preklapaju s ranije istraživanim područjem pokazali su identične rezultate, dok se na ostalom području može vidjeti pravilnost rasporeda nastavka protezanja pojedinih tipova sedimenata (slika 5.1).



Slika 5.1. Prostorna raspodjela vrsta sedimenata na području Jadranskog mora, uzorci su označeni točkama različitih boja ovisno o kojoj se vrsti sedimenta radi (crveno - mulj, zeleno - pijeskoviti mulj, plavo - muljeviti pijesak) na karti s rezultatima prijašnjih istraživanja označenim različitim šrafurama (preuzeto i preuređeno iz Pigorini 1968).

5.2. Karbonatna komponenta

Raspon udjela karbonatne komponente u sedimentima kreće se od 23% do 90%, s prosječnom vrijednosti od 50%. Najveće udjeli zabilježeni su na području kanalskog područja srednjeg Jadrana, a najmanje na području zapadno od Istre. Prosječni udio karbonata manji je od prosjeka istočnog Jadrana od 61% (Pikelj, 2010) što se može objasniti samim odabirom uzoraka koji su birani na temelju granulometrije, odnosno birani su uzorci s više glinovite komponente koja u sebi sadrže manji udio karbonata. Mjerenje udjela karbonata rađeno je i na glinovitoj frakciji i ustanovljeno da svi uzorci sadrže i karbontnu komponentu. Iako postoje velike razlike u zastupljenosti karbonatne komponente cjelokupnog uzorka, u glinovitoj frakcije taj postotak je podjednak na cijelom istraživanom području i iznosi oko 26%. Prisutnost karbonata u sitnozrnatost frakciji dokazana je i u prijašnjim istraživanjima (Brunović, 2013, Jakšić, 2012) kojima je ustanovljeno njihovo djelomično biogeno porijeklo.

5.3. Šljunak i pijesak

Mikroskopskim pregledom frakcija šljunka i pijeska određen je udio terigenih i biogenih čestica. Cilj je bio odrediti kojoj skupini organizama pripada najveći broj biogenih ostataka, te ih usporediti sa zajednicama organizama određenim na ovom području (Pikelj, 2010). U svim uzorcima je u frakcijama šljunka nađena samo biogena komponenta, dok je u pjeskovitim frakcijama nađena biogena i terigena komponenta. Od terigene komponente pronađena su nekarbonatna mineralna zrna, i u nekim uzorcima karbonatni litoklasti. Terigena komponenta zastupljenija je u 44% uzoraka, dok je u ostalima dominantnija biogena komponenta. Najveći dio mineralnih zrna nađen je u frakcijama 0,25-0,5 mm, 0,125-0,25 mm i 0,063-0,125 mm. Sedimenti u kojima su skeleti foraminifera nalaze u najvećem broju su s prostoru zapadno od Istre, prostora Jabučke kotline i većina uzoraka Južnog Jadrana. Takvi uzorci su i u dosadašnjim istraživanjima određeni kao foramol zajednica (Pikelj, 2010). Sedimenti s dominantnijim ostacima skeleta mekušaca su nađeni u kanalskom području sjevernog i južnog Jadrana. Uz skeletne ostatke mekušaca na tom prostoru značajan je udio i ostataka foraminifera. Zbog velikog broja skeletnih

ostataka foraminifera, ova zajednica je ranije određena kao foramol zajednica (Pikelj, 2010). Ostaci skeleta mahovnjaka jedino su pronađeni u sedimentima Južnog Jadrana, gdje su u tri najjužnija uzorka EM 42/10, EM 37/10 i EM 39/10 i najzastupljenija zajednica. Svi pronađeni ostaci skeleta organizama pripadaju zajednicama netropskih (hladnovodnih) karbonata kao što je i ustanovljeno dosadašnjim istraživanjima (Pikelj, 2010).

5.4. Glinovita frakcija (<2 μ m)

Rendgenskom analizom glinovite frakcije određen je mineralni sastav sedimenata svih uzoraka, te „kristaliniteti“ illita i smektita na 27 uzoraka.

Mineralni sastav sitnozrnate frakcije čine karbonati, kvarc i minerali glina. Mineral kvarc i minerali glina pronađeni su u svim uzorcima. Od karbonata u uzorcima su pronađeni dolomit, aragonit, kalcit (nisko-magnezijski) i visoko-magnezijski kalcit. Kalcit (nisko-magnezijski) pronađen je u svim sedimenata, dok je visoko-magnezijski kalcit pronađen u 42% uzorka. Visoko-magnezijski kalcit s oko 15% molarnog udjela $MgCO_3$ zastupljen je u 24% uzorka. Uzorci su prikupljeni na području južnog kanalskog područja. Visoko-magnezijski kalcit s oko 5% molarnog udjela $MgCO_3$ je zastupljen u 18% sedimenata. Uzorkovanih ispred zapadne obale Istre, te u nekim uzorcima Jabučke kotline i južnog Jadrana. Dominacija nisko-magnezijskog kalcita, naspram visoko-magnezijskog kalcita podudara se s rezultatima koje je dobila Pikelj (2010), čime je zaključeno da se biogena karbonatna komponenta površinskog sedimenta istočne strane Jadrana taloži u skladu s klimatskim prilikama.

Mineral aragonit ustanovljen je samo u uzorcima iz kanalskog područja srednjeg Jadrana, gdje je i pronađen najveći udio karbonata i gdje je biogena komponenta najzastupljenija.

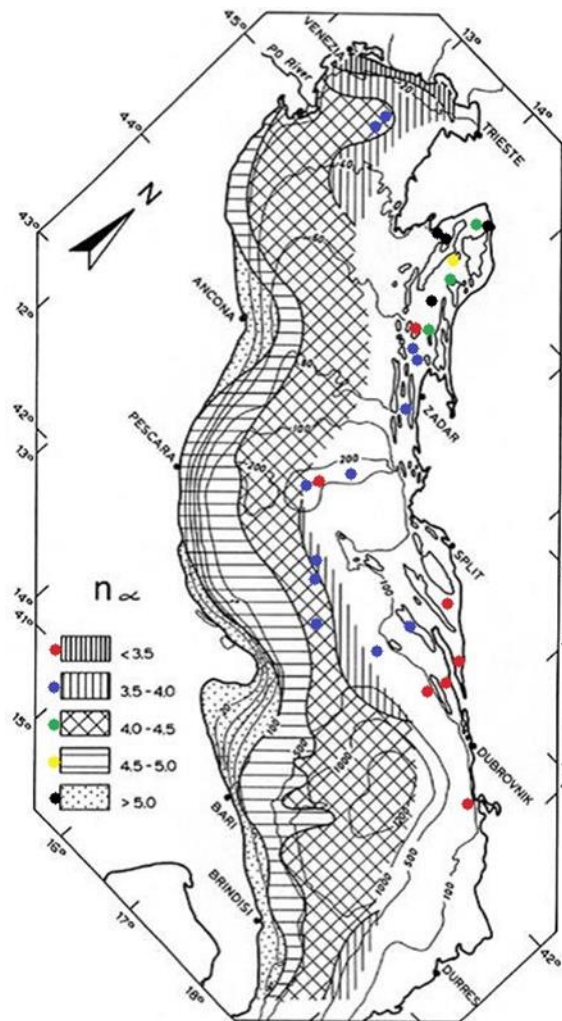
Mineral dolomit ustanovljen je u značajnijim udjelima u sedimentima na području zapadno od Istre, u jednom uzorku iz Jabučke kotline, te na području u blizini ušća Neretve. Uvjeti u kojima nastaje dolomit trenutno ne postoje u Jadranskom moru, pa se smatra da je dolomit u sedimentima isključivo terigenog porijekla (Ravaioli et al, 2003). Područje ispred zapadne obale Istre je prostor nekadašnje aluvijalne ravnice,

na kojem su značajan utjecaj imale rijeke s sjevera koje su tekle s sjevera Jadranskog mora a teku po podlozi izgrađenoj od vapnenaca i dolomita (Ravaioli et al, 2003), što bi moglo objasniti značajan udio dolomita u uzorcima. Sedimenti u blizini ušća rijeke Neretve nalaze se na području značajnog donosa terigenog materijala što bi jednako tako mogao biti izvor terigenog dolomita. U ostalim uzorcima dolomit je mineral u tragovima. Jednake rezultate dobila je Pikelj (2010) i oni su potvrdili biogeno i terigeno porijeklo karbonata.

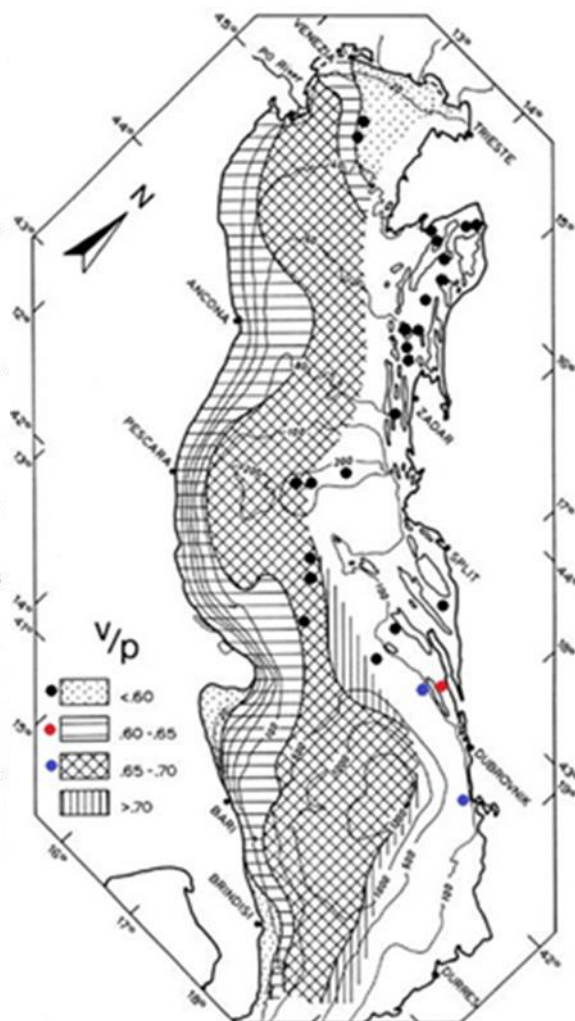
Da bi se ustanovio sastav minerala glina na istraživanom području rađene su analize na orijentiranim preparatima kojima je ustanovljeno prisustvo illita, smektita, klorita, kaolinita i serpentina u tragovima. Serpentin je pronađen u tragovima samo u sedimentima područja zapadno od Istre i u uzorcima Južnog Jadrana, dok su ostali minerali pronađeni u svim uzorcima. Isti minerali glina pronađeni su i u uzorcima na talijanskoj strani Jadranskog mora (Tomadin, 2000). Usporedbom rendgenograma sedimentata s različitih područja uzorkovanja primijećene su neke razlike u udjelu minerala glina. Područja zapadno od Istre, Jabučka kotlina i južni Jadran imaju veće udjele minerala smektita, odnosno intenziteti difrakcijskih maksimuma su jači nego na području sjevernog i srednjeg Jadrana.

Tomadin (2000) je u svom radu objavio i prostornu raspodjelu illita i smektita na temelju indeksa njihovog „kristaliniteta“ pa se i u ovom radu pokušalo prikazati isto to i za hrvatsku stranu Jadrana. Na područjima koja se nadovezuju na prostor koji je istraživao Tomadin (2000) dobiveni su rezultati koji nadopunjavaju njegove rezultate (slika 5.2). Dobro kristalizirani illit nalazi se longitudinalno duž obale i u kanalskom području južnog Jadrana, dok prostor Kvarnerskog zaljeva ima bitno drugačije indekse. Kl na području sjevernog kanalskog područja je visok, odnosno illit u tim sedimentima je slabo kristaliziran. Tako visoki indeksi javljaju se uz samu zapadnu talijansku obalu, u području s donosom materijala iz Apenina. Küblerovom (1967) klasifikacijom određeno je da mineral illit s područja zapadno od Istre, srednjeg Jadrana, Jabučke kotline i južnog Jadrana pripada u zonu anhizone, odnosno prošao je veći stupanj promijene od minerala illita iz područja sjevernog Jadrana koji je prošao samo dijagenezu. Rezultat ukazuje na drugačije porijeklo materijala, a izvor materijala sa slabo kristaliziranim illitom mogao bi biti fliš, što potvrđuju i slični rezultati dobiveni uz samu talijansku obalu, te dosadašnja istraživanja (Škrivanić & Magdalenić, 1979) na području Riječkog zaljeva, Kvarnerića, sjevernog dijela

Kvarnera, te u Vinodolskom i Velebitskom kanalu (Šošić, 2012) u čijim je sedimentima ustanovljen isti mineralni sastav kao u naslagama fliša (Magdalenčić, 1972; Pikelj et al., 2009). Dodatna potvrda da bi izvorišni materijal mogao biti fliš su visoke vrijednosti KI dobivene za naslage fliša (Buntak, 2014, usmeno priopćenje).



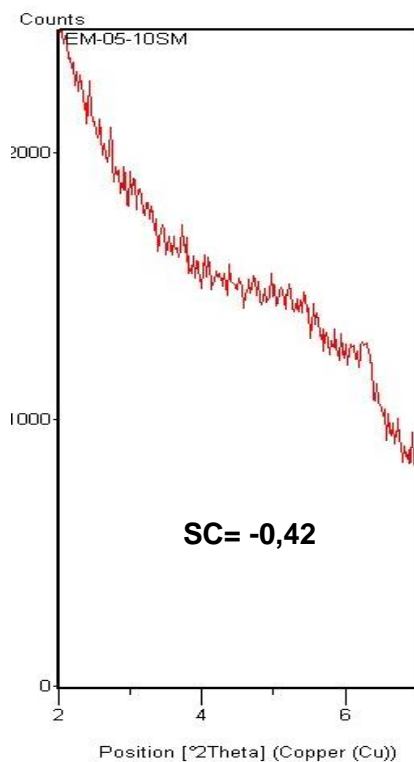
Slika 5.2. Prostorna raspodjela indeksa „kristaliniteta“ illita. Rezultati istraživanja zapadne strane prikazana su različitim šrafurama, a istočne strane točkama različitih boja (preuzeto i preuređeno iz Tomadin, 2000).



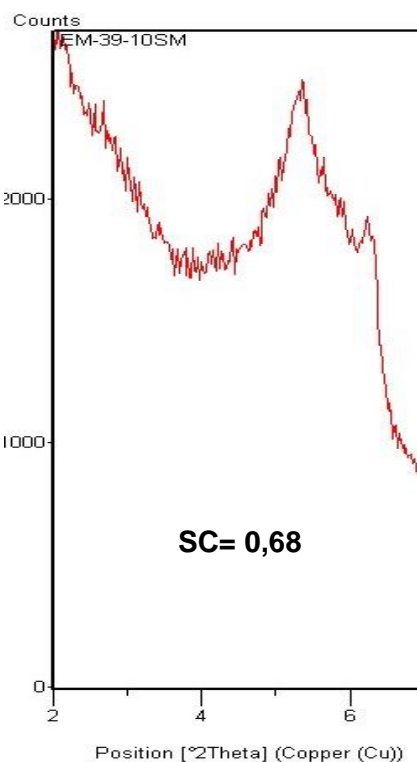
Slika 5.3. Prostorna raspodjela indeksa „kristaliniteta“ smektita. Rezultati istraživanja zapadne strane prikazana su različitim šrafurama, a istočne strane točkama različitih boja (preuzeto i preuređeno iz Tomadin, 2000).

Vrijednosti indeksa „kristaliniteta“ smektita su niže nego vrijednosti dobivene na talijanskoj strani, tako da se predviđeni nastavak karte ne podudara s dobivenim

rezultatima (slika 5.3). Razlog takvih razlika može biti u problemima pri mjerenju. Zbog malog udjela smektita na području sjevernog Jadrana, bilo je jako teško točno utvrditi vrijednosti, tako da su moguća odstupanja od točnih vrijednosti. Uzorci s malim udjelom smektita imaju i manje vrijednosti indeksa „kristaliniteta“. Kod svih takvih uzoraka došlo je do problema pri mjerenju, odnosno bilo je jako teško precizno odrediti visinu pika i visinu dola koje su potrebne za određivanje indeksa „kristaliniteta“ smektita. Na slikama 5.4. i 5.5. se jasno vidi razlika između uzoraka sa sjevernog Jadrana (pr. EM 05/10) koji sadrže mali udio smektita, odnosno imaju male vrijednosti „kristaliniteta“ smektita i uzorka s južnog Jadrana (pr. EM 39/10) koji imaju značajan udio smektita i velike vrijednosti „kristaliniteta“ smektita. Kod većine uzoraka je i dosta velik šum na svim rendgenogramima što je dodatno stvaralo probleme.



Slika 5.4. Rendgenogram s očitanim vrijednostima „kristaliniteta“ smektita (SC) uzorka EM 05/10.



Slika 5.5. Rendgenogram s očitanim vrijednostima „kristaliniteta“ smektita (SC) uzorka EM 39/10.

Kanalsko područje istočnog Jadrana sadrži uzorke s najslabije kristaliziranim smektitima, s puno vrijednosti ispod nule ili malo iznad, dok uzorke s bolje kristaliziranim smektitom nalazimo na području zapadno od Istre, u Jabučkoj kotlini i na području južnog Jadrana, gdje neke vrijednosti čak i prelaze u skupine bolje

kristaliziranog smektita po Tomadinu (2000). Rezultati svih indeksa smektita su puno niži od vrijednosti predviđenih na granici talijanskog i hrvatskog dijela. Uspoređujući vrijednosti međusobno uzorci se mogu razvrstati u skupine od slabo do dobro kristaliziranog smektita koji se podudaraju s ranije istraživanim područjima. Područja s bolje kristaliziranim smektitom i većim udjelom smektita u uzorcima su prostori srednjeg i južnog Jadrana, gdje bi utjecaj mogla imati blizina talijanskih vulkana, koji bi mogli biti značajan izvor minerala smektita u Jadranu. Utjecaj vulkana na udio smektita u mora ustanovio je i Biscaye (1965). Prostori s najslabije kristaliziranim smektitom su prostori kanalskog područja koji bi mogli biti pod utjecajem naslaga fliša u blizini obale. Primjer velikog prostora zone fliša u kontaktu s morem je dio od Kaštela do Ploča, s kojeg se danas denudacijom troši fliš (Pikelj & Juračić, 2013). Sličan primjer je uz zapadnu obalu Italije, gdje imamo značajan terigeni donos iz fliša Apenina sa slabo kristaliziranim smektitom (Tomadin, 2000).

6. ZAKLJUČAK

Na temelju provedenog istraživanja na površinskim sedimentima istočne strane Jadranskog mora ustanovljeno je da su uzorkovani sedimenti uglavnom muljeviti sa značajnim udjelom pjeskovite komponente. Karbonatna komponenta u uzorcima prosječno je oko 50% i najzastupljenija je u krupnozrnatijim frakcijama (šljunak i pijesak). Frakcije šljunka i pijeska uglavnom se sastoje od biogenih čestica, odnosno skeleta organizama tipičnih za netropske karbonate (foraminifere, mekušci, mahovnjaci, bodljikaši). Od terigene siliciklastične komponente u krupnozrnatim frakcijama nalazimo uglavnom mineralna zrna. Analizom glinovite frakcija (<2 μ m) ustanovljeno je da sadrži u prosjeku 25% karbonatne komponente, što je znatno više od očekivanog u toj frakciji. Karbonatnu komponentu čine kalцит (nisko-magnezijski), visoko-magnezijski kalцит, aragonit i dolomit. Aragonit je nađen u uzorcima gdje je slabi donos terigenog materijala, odnosno gdje je značajna biogena produkcija, dok je dolomit zastupljeniji samo u uzorcima koji se nalaze u blizini značajnijeg terigenog donosa ili u području koje je za vrijeme niže razine mora bilo pod značajnijim donosom materijala iz dolomitnih područja (pr. Područje ispred zapadne obale Istre). Visoko-magnezijski kalцит zastupljeniji je u prostorima kanalskog područja u kojima je veći udio karbonata, odnosno u području gdje je dominantnije taloženje biogenog materijala. Ostatak glinovite komponente čine kvarc i minerali glina. Od minerala glina u sedimentima nađeni su smektiti, illit, klorit, kaolinit i serpentin u tragovima. Takav mineralan sastav zastupljen je i na ostalim istraživanim dijelovima Jadranskog mora (Tomadin, 2000). Na pojedinim područjima uzorkovanja vidljive su velike razlike u količini glinovitog materijala. Najveća razlika između uzoraka iz kanalskog područja i područja otvorenog mora vidljiva je u mineralima iz grupe smektita čiji su intenziteti puno jači na području otvorenog mora, najviše na prostoru južnog Jadrana. Određivanjem indeksa „kristaliniteta“ illita i smektita uspješno su nadovezane zone rasprostranjenosti istih indeksa u sedimentima istočne strane Jadrana na rezultate dobivene prijašnjim istraživanjima. Područje središnjeg Jadrana pokazuje longitudinalno pružanje pojedinih zona s različito kristaliziranim illitom i smektitom. Dobro kristaliziran illit nalazimo u području otvorenog mora (ispred obale zapadne Istre, u Jabučkoj kotlini, i na južnom Jadranu) gdje je donos terigenog materijala danas slab ili ga nema, ali je za vrijeme pleistocena, kada je razina mora bila znatno niža, bio značajan. Dobro kristaliziran illit nađen je i u području kanalskog područja

srednjeg Jadrana. Moglo bi se pretpostaviti da je mineral glina illit u središnjem području reliktni ostatak od nekadašnjeg značajnijeg donosa materijala rijekom Po i venetskim rijekama, dok je illit sjevernog kanalskog područja jako slabo kristaliziran a koji bi se mogao pripisati taloženju čestica porijeklom iz naslaga fliša koje se nalaze u zaleđu na obali. Kristalinitet smektita nije dao podatke s kojima bi se mogli lako nadovezati na starije podatke s područja središnjeg Jadrana, jer su dobivene vrijednosti znatno niže. Ipak, međusobnom usporedbom dobivenih rezultata moguće je izdvojiti zone sa slabije i bolje kristaliziranim smektitom, a koja bi se podudarala s kartama zapadnog dijela. Smektiti istraživanog područja su slabo kristalizirani, a naročito smektiti sjevernog kanalskog područja koji imaju najniže vrijednosti indeksa „kristaliniteta“. Time bi se porijeklo tog materijala moglo pripisati naslagama fliša. Sastav sedimentata istočne strane Jadranskog mora je kompleksan, sastoji se od recentnog i reliktnog materijala. Danas većina recentnog taloženja pripada biogenoj sedimentaciji, iako postoje mala područja sjevernog kanalskog dijela i ušća Neretve za koja bi se na temelju dobivenih rezultata moglo zaključiti da su i danas pod utjecajem terigene sedimentacije. Ostatak terigenog materijala na većini dijelova istaložen je u pleistocenu dok je razina mora bila znatno niža i donos materijala rijekom Po i venetskim rijekama znatno veći na istraživanom području (Colantoni, 1979).

7. LITERATURA

Abad, I. (2007): Physical meaning and applications of the illite Kübler index: measuring reaction progress in low-grade metamorphism. U: Diagenesis and Low-Temperature Metamorphism. Theory, Methods and Regional Aspects (ur.): Nieto F. & Jiménez-Millán J., Seminarios SEM, 3, 53-64

Argnani, A., Bortoluzzi, G., Favali, P., Frugoni, F., Gasperini, M., Ligi, M., Marani, M., Mattiotti, G. & Mele, G. (1994): Foreland tectonics in the southern Adriatic sea. Memorie della Societa Geologica Italiana, 48, 573-578.

Artegiani, A., Bregant, D., Paschini, E., Pinardi, N., Raicich, F. & Russo, A. (1997): The Adriatic Sea General Circulation. Part I: Air-Sea Interactions and Water Mass Structure. Journal of Physical Oceanography, 27, 1492-1514.

Biscaye, P.E. (1965): Mineralogy and sedimentation of recent deep-sea clay in Atlantic Ocean and adjacent seas and oceans. Geological Society of America Bulletin, 76, 803-832.

Bischoff, W.D., Bishop, F.C., & Mackenzie, F.T. (1983). Biogenically produced magnesian calcite: Inhomogeneities in chemical and physical properties; comparison with synthetic phases. American Mineralogist, 69, 1183-1188.

Biševac, V. (2009): Porijeklo materijala, starost i stupanj metamorfizma Radlovačkog metamorfnog kompleksa; doktorska disertacija, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 304 str.

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.

Brigatti, M.F., Galan, E. & Theng, B.K.G. (2006): Structures and mineralogy of clay minerals. U: Handbook of Clay Science (ur.): Bergaya, F., Theng, B.K.G., Lagaly, G., 19-86.

Brunović, D. (2013): Porijeklo muljevite frakcije sedimenata sjeveroistočnog dijela Jadranskog šelfa. Diplomski rad, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 89 str.

Buljan, M. & Zore-Armanda, M. (1976): Oceanographical properties of the Adriatic Sea. *Oceanography and Marine Biology, Annual Review*, 14, 11–98.

Carannante, G., Esteban, M., Milliman, J.D & Simone, L. (1988): Carbonate lithofacies as paleolatitude indicators: problems and limitations. *Sedimentary Geology*, 60, 333-346.

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

Chamley, M.H. (1967): Possibilités d'utilisation de la cristallinité d'un minéral argileux (Illit) comme témoin climatique dans les sédiments récents. *GÉOLOGIE SOUS-MARINE*, 3, 184-187.

Colantoni, P., Gallignani, P. & Lenaz, R. (1979): Late Pleistocene and Holocene evolution of the North Adriatic continental shelf (Italy). *Marine Geology*, 33, M41-M50.

De Lazzari, A., Rampazzo, G. & Pavoni, B. (2004): Geochemistry of sediments in the Northern and Central Adriatic Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 59, 429-440.

Dolenec, T., Faganeli, J. & Pirc, S. (1998): Major, Minor and Trace Elements in Surficial Sediments from the Open Adriatic Sea: A Regional Geochemical Study. *Geologia Croatica*, 51/1, 59-73.

Emery, K.O. (1968): Relict sediments on continental shelves of the world. *American Association of Petroleum Geologists*, 52, 445-464.

Flügel, E. (2004): *Microfacies od carbonat rocks: analysis, interpretationa and application.* Springer science & Business media, 976 str.

Folk, R. PL. (1954): The distinction between grain size and mineral composition in sedimentary-rock nomenclature. *Journal of Geology*, 62, 344-359.

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.

Guggenheim, S. & Martin, R.T. (1995): Definition of clay and clay mineral: Journal report of the AIPEA nomenclature and CMS nomenclature committees. *Clay and Clay Minerals*, 43, 255-256.

Jakšić, L. (2012): Porijeklo muljevite frakcije sedimenta kanalskog područja Jadrana. Diplomski rad, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 70 str

Juračić, M. (2008/2009): <http://geol.pmf.hr/~mjuracic/predavanja/>.

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

Kisch, H. J. (1991): Illite crystallinity recommendations on sample preparation, X-ray diffraction settings and interlaboratory samples. *Metamorphic Geology*, 9, 665-670.

Krumm, S. (1994): Centrifuge, Erlangen. <http://www.ccp14.ac.uk/ccp/web-mirrors/krumm/html/software/winsoft.html>

Kübler, B. (1967). La cristallinité de l'illite et les zones tout à fait supérieures du métamorphisme. U: Etages Tectoniques, Colloque de Neuchâtel 1966, 105-121.

Lees, A. & Buller, A.T. (1972): Modern temperate-water and warm-water shelf carbonate sediments contrasted. *Marine geology*, 19, 159-198.

Lezzerini, M., Sartori, F. & Tamponi, M. (1995): Effect of amount of material used on sedimentation slides in the control of illite crystallinity measurements. *European Journal of Mineralogy*, 7, 819-823.

Micrometrics (2002): SediGraph 5100 Particle size analysis system operator' manual. Micromeritics Instrument Corporation.

McCave, I.N. (1972): Transport and escape of fine-grained sediment from shelf areas. U: Shelf Sediment Transport: Process and Pattern. (ur.): Dowden Hutchinson and Ross, 225-248.

Magdalenić, Z. (1972): Sedimentologija fliških naslaga srednje Istre. Acta Geologica, 7/2, 71-96.

Mikuličić Pavlaković, S., Crnjaković, M., Tibljaš, D., Šoufek, M., Wacha, L., Frechen M. & Lacković, D. (2011): Mineralogical and geochemical characteristic of Quaternary sediments from the Island of Susak (Northern Adriatic, Croatia). Quaternary International , 234, 32-49.

Nelson, C.S., Keane, S.L. & Head, P.S. (1988): Non-tropical carbonate deposits on the modern New Zealand shelf. Sedimentary Geology, 60, 71-94.

Önorm L. 1084 (1989): Chemical analysis of soils – Determination of carbonate, Österreichisches Normungsinstitut.

Pigorini, B. (1968): Sources and dispersion of recent sediments of the adriatic sea; Marine Geology, 6, 187-229.

Pikelj, K., Žigić, V. & Juračić, M. (2009): Origin and distribution of surface sediments in the Grgur Channel, Adriatic Sea, Croatia. Geologia Croatica, 62/2, 95-105.

Pikelj, K. (2010): Sastav i porijeklo površinskih sedimenata dna istočne strane Jadranskog mora; doktorska disertacija, Prirodoslovno-matematički fakultet, 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, 29/4, 944 – 957.

Scisciani, V. & Calamita, F. (2009): Active intraplate deformation within Adria: Examples from the Adriatic region. Tectonophysics, 476, 57-72.

Seibold, E. & Berger, W.H. (1996): The Sea Floor-An Introduction to Marine Geology, 3rd Ed., Springer Science & Business Media, 356.

Sekulić, B. & Sondi, I. (1997): To What Extent is the Adriatic Sea Actually Burdened with Men-induced and Natural Inflow of Substances?. *Hrvatski geografski glasnik*, 59; 95-105.

Sekulić, B. & Vertačnik, A. (1996): Balance of average annual fresh water inflow into the Adriatic Sea. *Water resources development*. 12 /1, 89-97.

Sondi, I., Lojen, S., Juračić, M. & Prohić, E. (2008): Mechanisms of land-sea interactions - the distribution of metals and sedimentary organic matter in sediments of a river-dominated Mediterranean karstic estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 80, 12-20

Starkey, H.C.; Blackmon, P.D.; Hauff, P.L. (1984): The routine mineralogical analysis of clay-bearing samples. *US Geological Survey Bulletin*, 1563, 31.

Stipanicev, D. & Miljuš, P. (1986): Recentni sedimenti i neke paleodelte Jadranskog mora. *Hidrografski godišnjak*, 41-50.

Storms, E.A.J., Weltje, G.J., Terra, G.J., Cattaneo, A. & Trincardi, F. (2008): Coastal dynamics under conditions of rapid sea-level rise: Late Pleistocen to Early Holocen evolution of barrier-lagoon systems on the northern Adriatic shelf (Italy). *Quaternary Science Reviews*, 27, 1107-1123.

Škrivanić, A. & Magdalenić, Z. (1979): Cruises of the Research Vessel "Vila Velebita" in the Kvarner Region of the Adriatic Sea. IX. Quaternary sea-bottom sediments. *Thalassia Jugoslavica*, 15, 149-166.

Šošić, I. (2012): Provinijencija površinskih sedimenata sjevernog dijela kanalskog područja Jadranskog mora; završni rad, Prirodoslovno-matematički fakultet, 25 str.

Tibljaš, D., Biševac, V., Grizelj, A. & Balen, D. (2013): Kristalokemijska istraživanja filosilikata i njihova primjena u interpretaciji geoloških procesa. U: *Kristalografija u Hrvatskoj*, (ur.): ak. Popović, S., 243-253.

Tomadin, L. (2000): Sedimentary fluxes and different dispersion mechanisms of the clay sediments in the Adriatic Basin. *Rendiconti Lincei: Scienze Fisiche e Naturali*, 11, 161-174.

Tucker, M.E. (2001): Sedimentary petrology: an introduction to the origin of sedimentary rocks. Blackwell Science, 272.

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

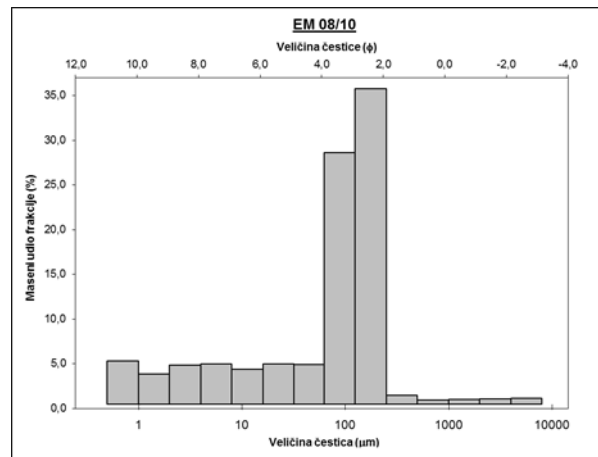
Vlahović, I., Tišljarić, J., Velić, I. & Matičec, D. (2005): Evolution of the Adriatic Carbonate Platform: Palaeogeography, main events and depositional dynamics. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 220, 333-360.

Wang, H. & Zhou, J. (2000): The relationships between the Kübler index, Weaver index and Weber index of illite crystallinity and their applications. *Schweizerische mineralogische und petrographische Mitteilungen*, 80/2, 187-198.

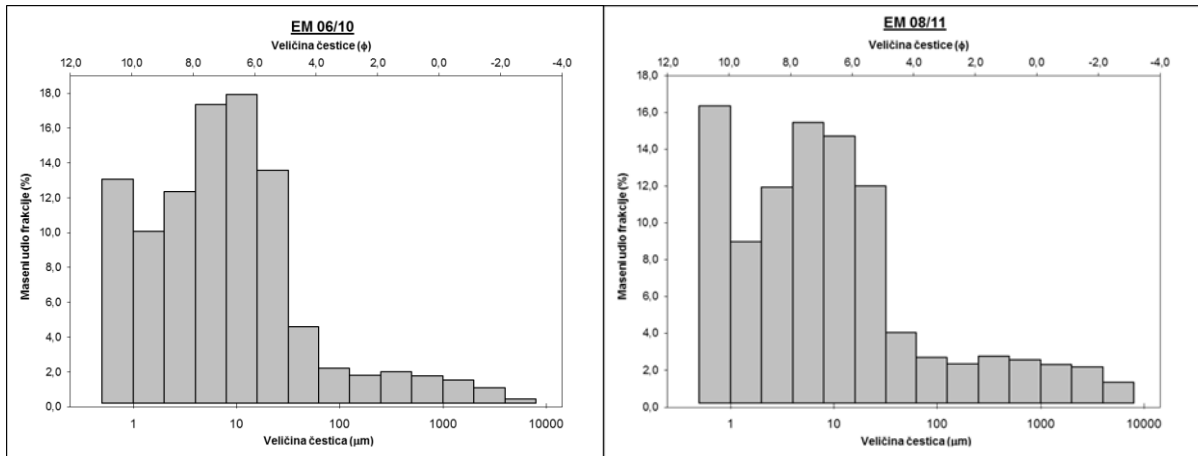
8. PRILOZI

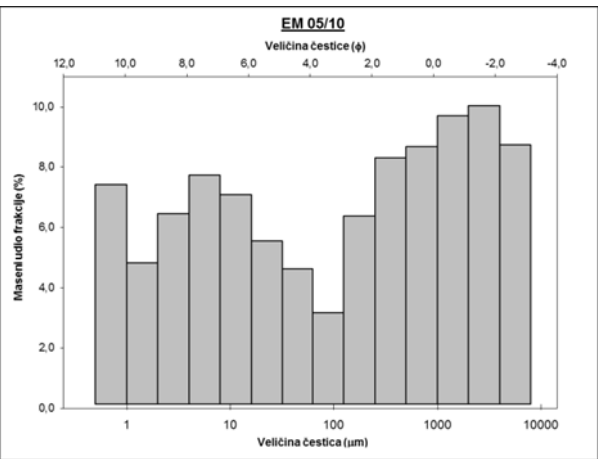
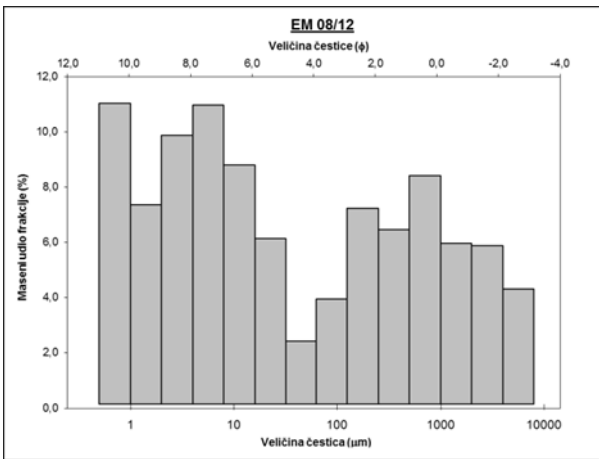
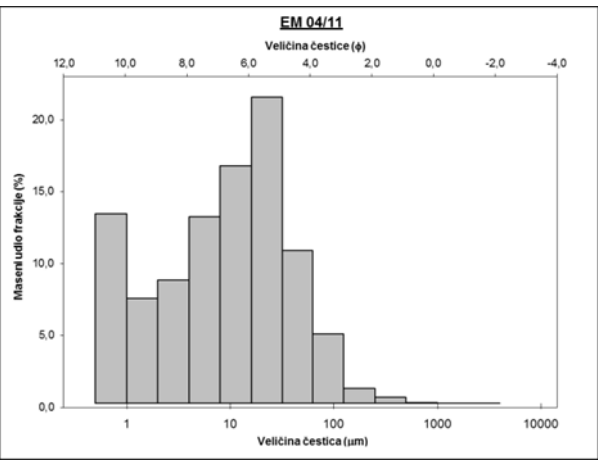
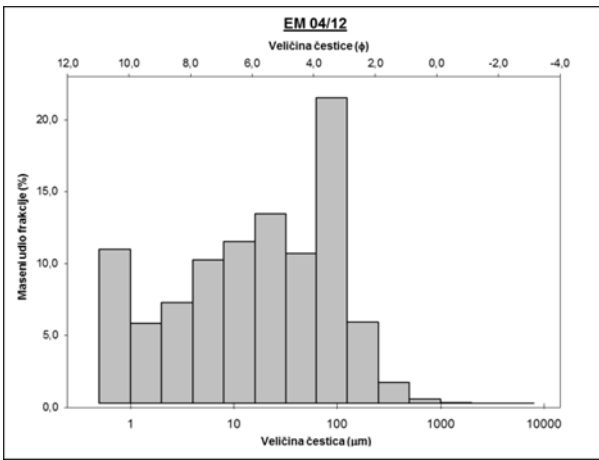
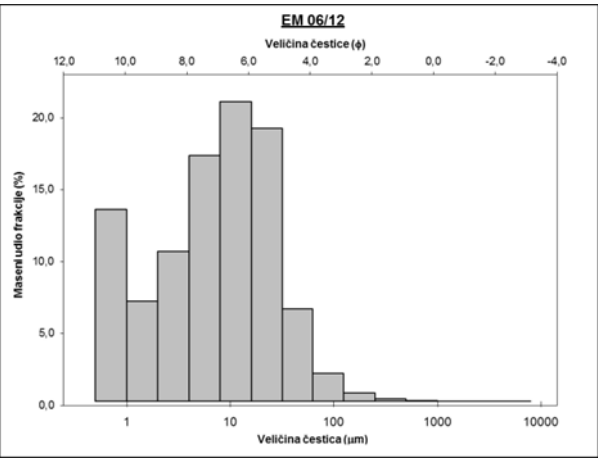
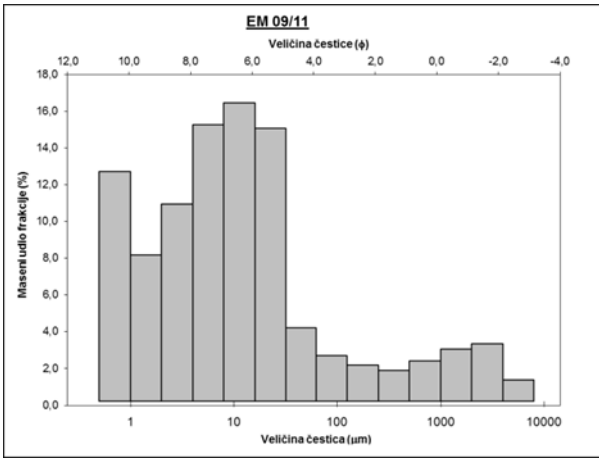
PRILOG 1. Raspodjela pojedinih frakcija u sedimentu prikazana je histogramima po pojedinim skupinama uzoraka. Osi na histogramima označavaju x-os: veličinu čestica u ϕ i u μm , y-os: maseni udio frakcije (%).

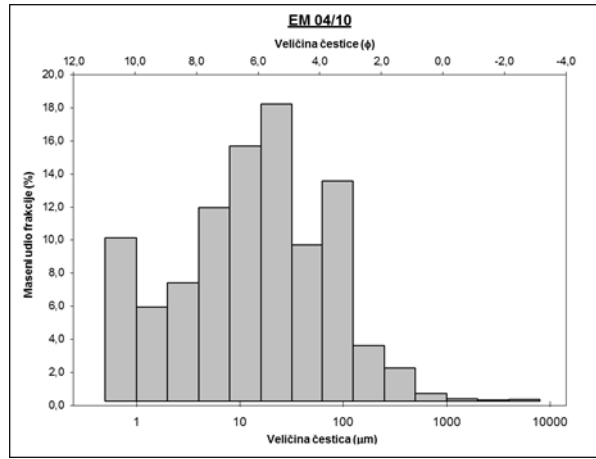
Z Istra



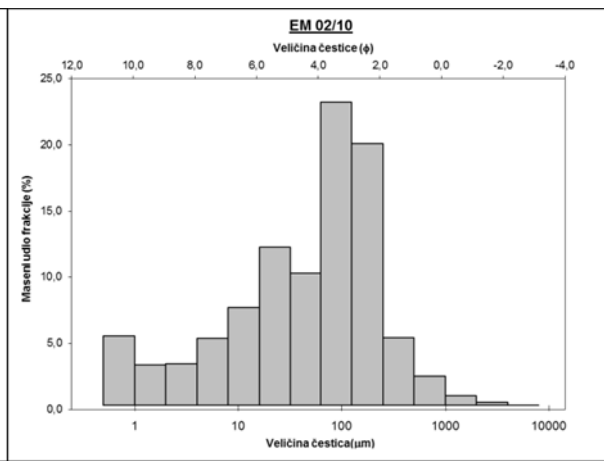
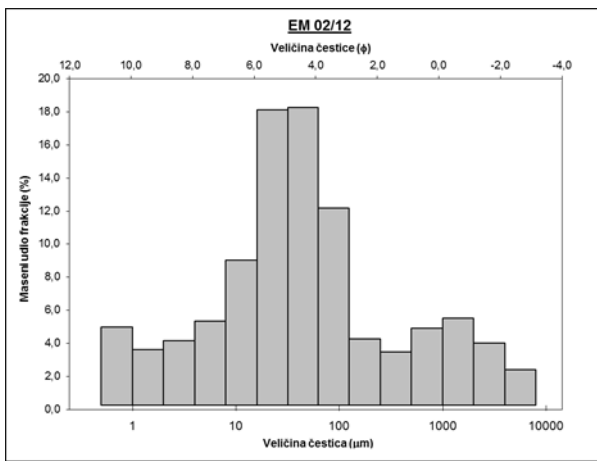
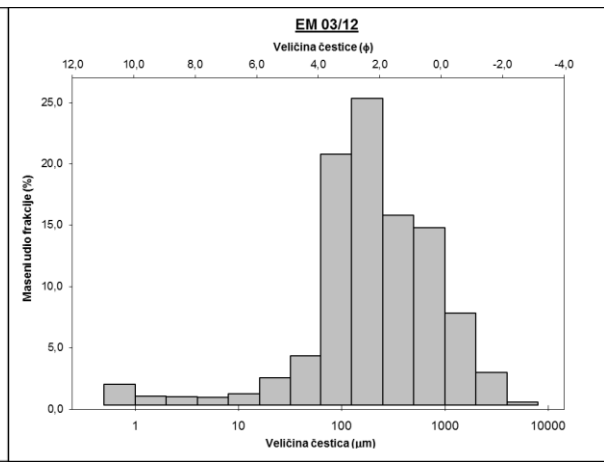
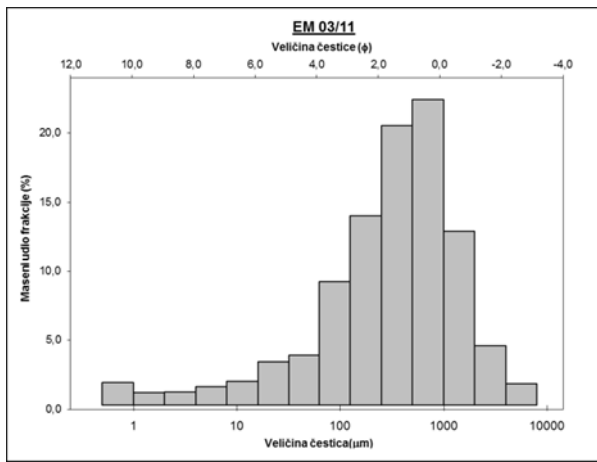
S Jadran



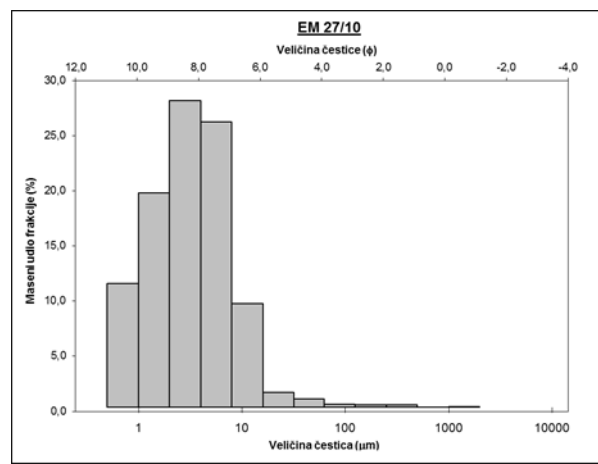
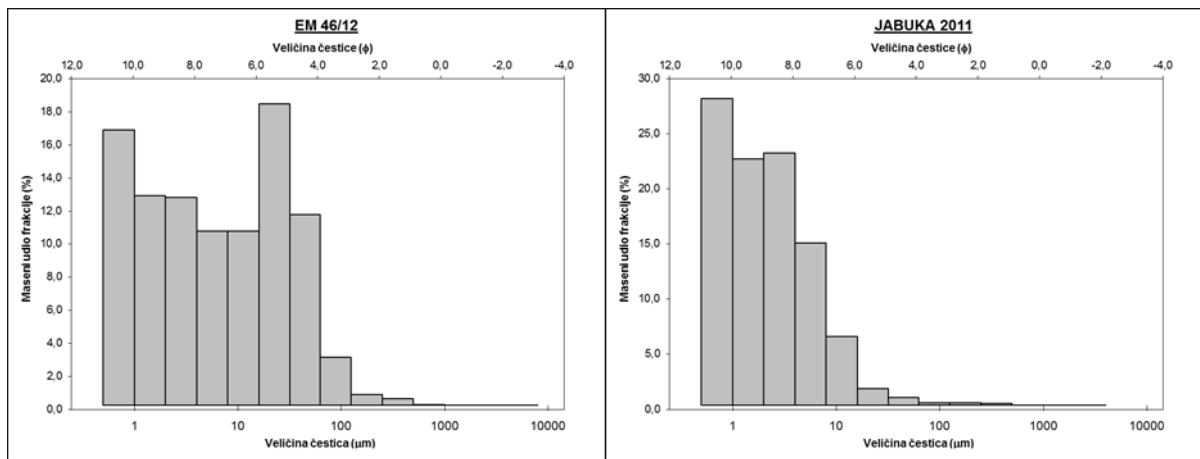




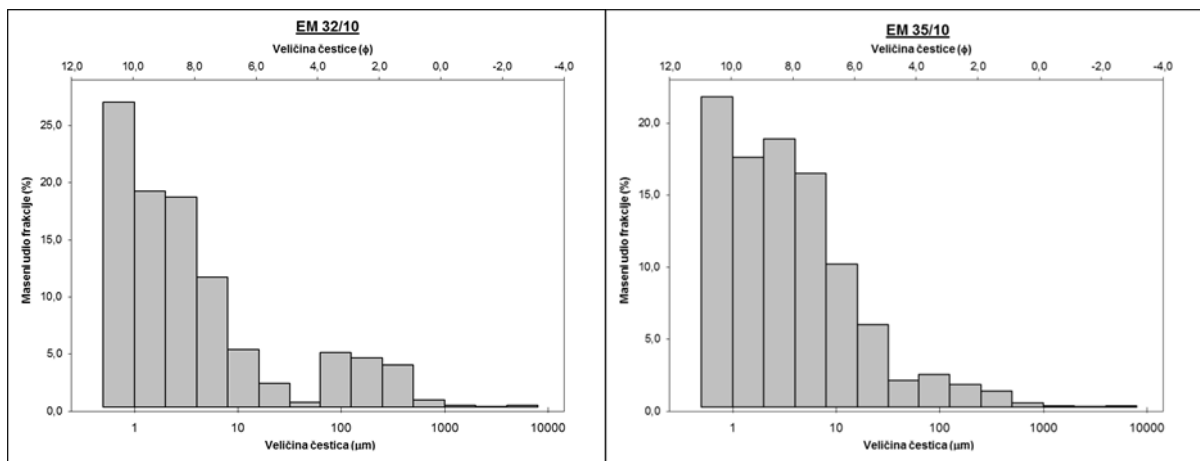
Sr Jadran

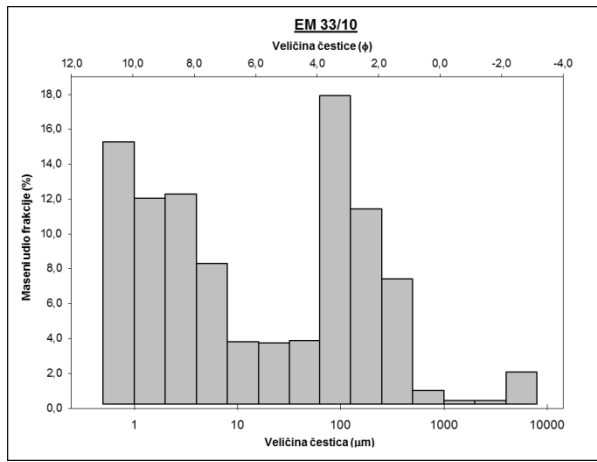
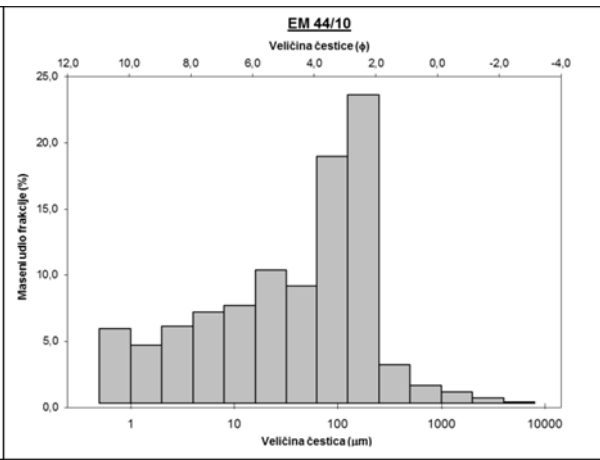
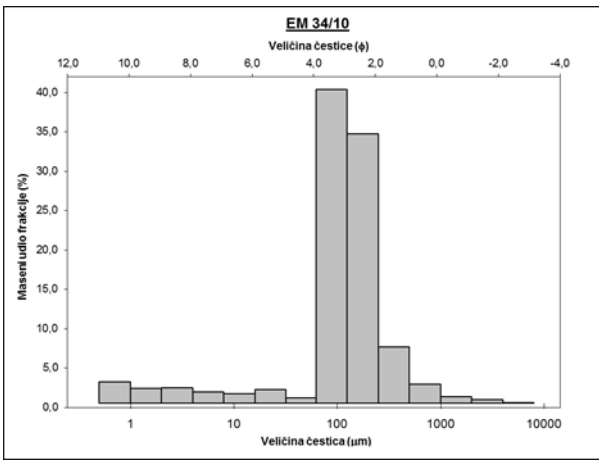
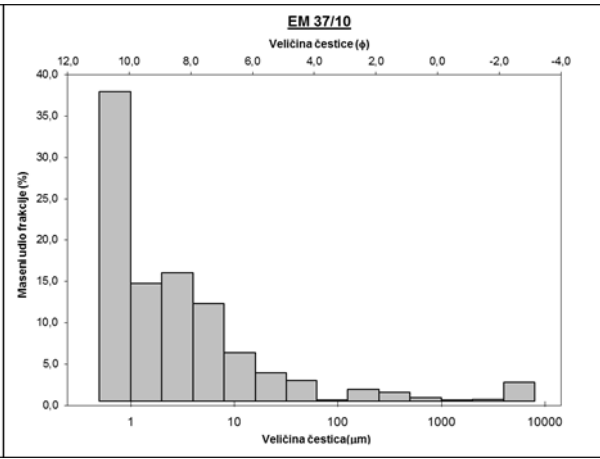
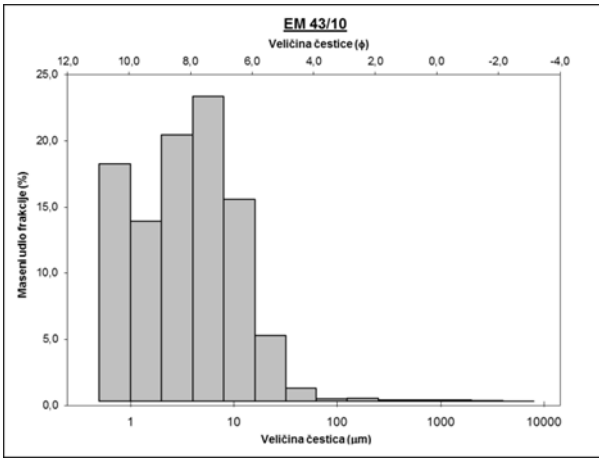


Jab kotlina



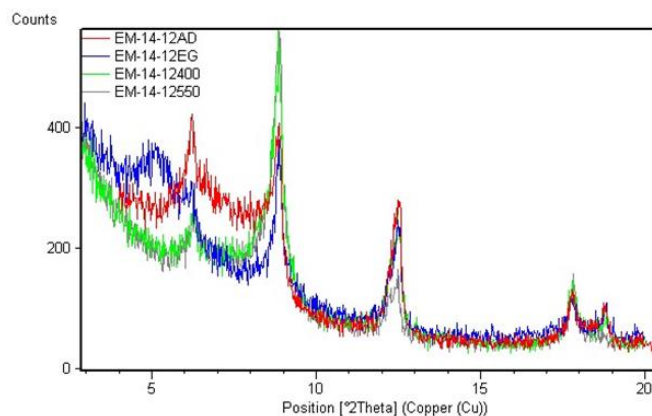
J Jadran





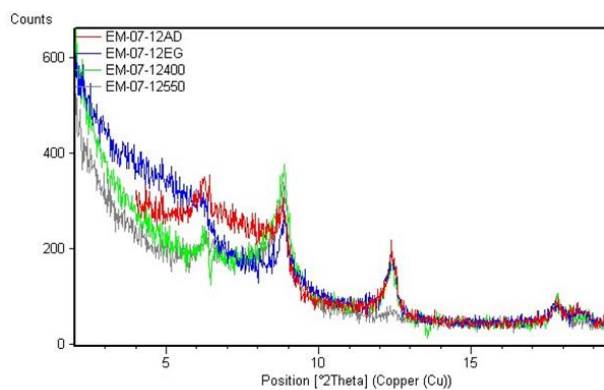
PRILOG 2. Usporedni rendgenogrami orijentiranih preparata sušenih na zraku (AD), tretiranih etilen-glikolom (EG), žarenih na 400°C, te žarenih na 550°C. Prikazani su po pojedinim skupinama.

Z Istra

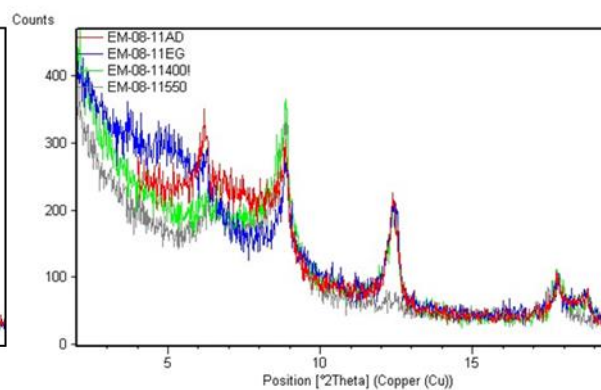


Usporedni prikaz difraktograma orijentiranih preparata uzorka EM 14/12.

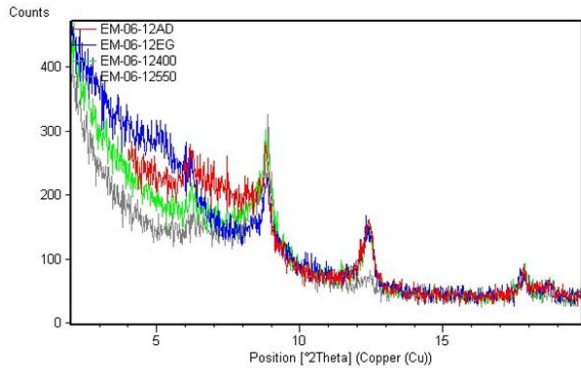
S Jadran



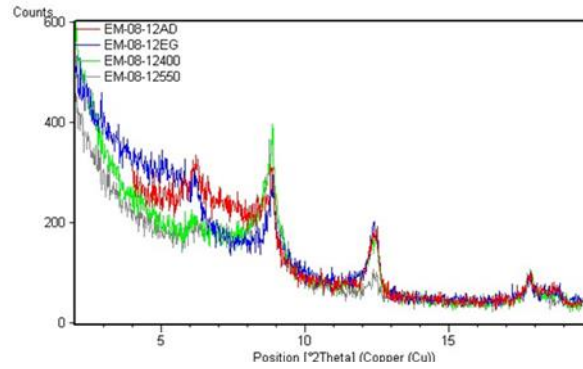
Usporedni prikaz difraktograma orijentiranih preparata uzorka EM 07/12.



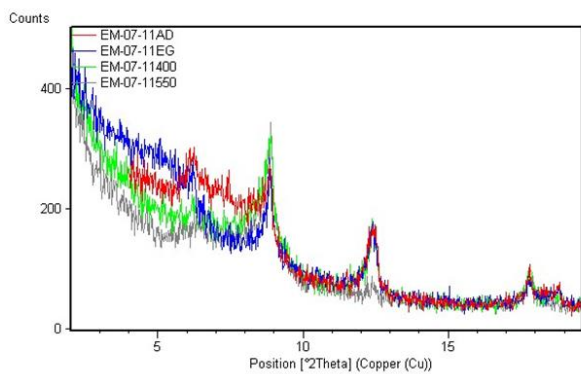
Usporedni prikaz difraktograma orijentiranih preparata uzorka EM 08/11.



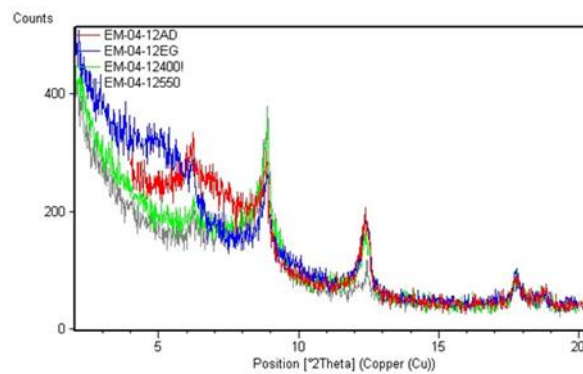
Usporedni prikaz difraktograma orijentiranih preparata uzorka EM 06/12.



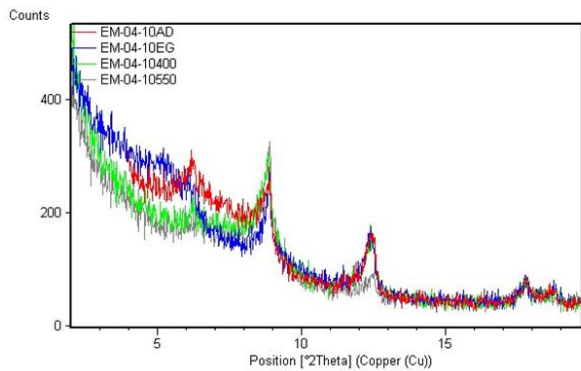
Usporedni prikaz difraktograma orijentiranih preparata uzorka EM 08/12.



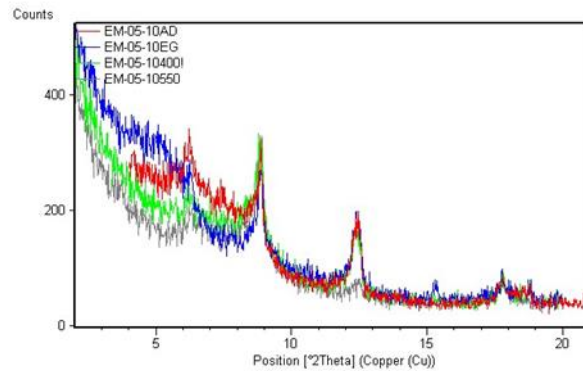
Usporedni prikaz difraktograma orijentiranih preparata uzorka EM 07/11.



Usporedni prikaz difraktograma orijentiranih preparata uzorka EM 04/12.

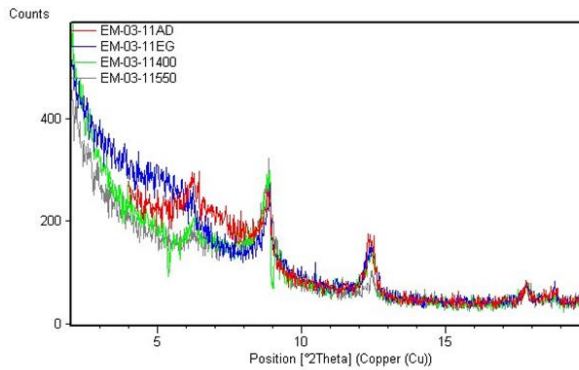


Usporedni prikaz difraktograma orijentiranih preparata uzorka EM 04/10.

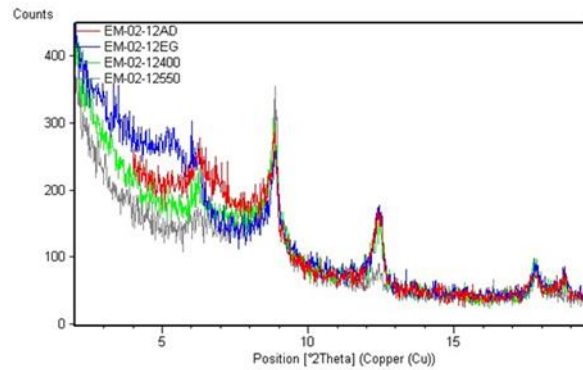


Usporedni prikaz difraktograma orijentiranih preparata uzorka EM 05/10.

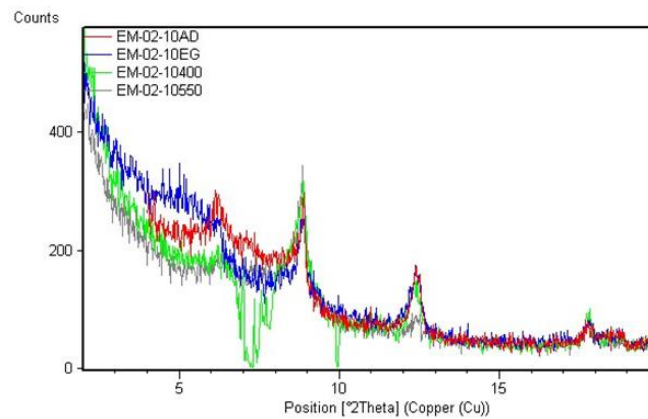
Sr Jadran



Usporedni prikaz difraktograma orijentiranih preparata uzorka EM 03/11.

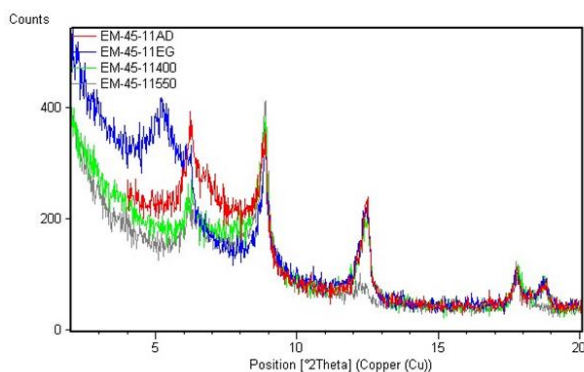


Usporedni prikaz difraktograma orijentiranih preparata uzorka EM 02/12.

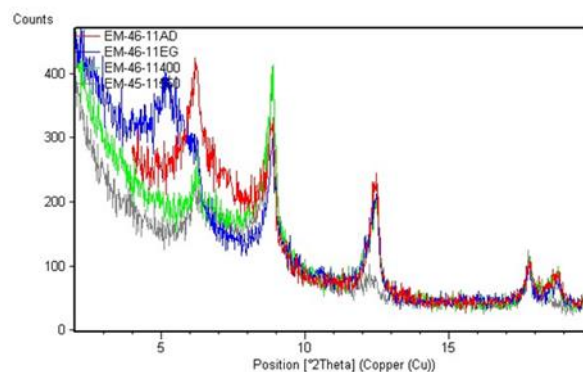


Usporedni prikaz difraktograma orijentiranih preparata uzorka EM 02/10.

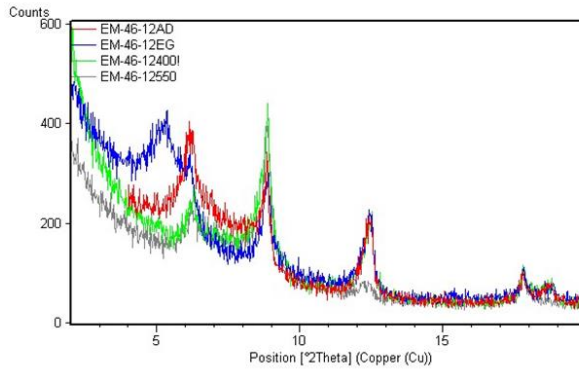
Jab kotlina



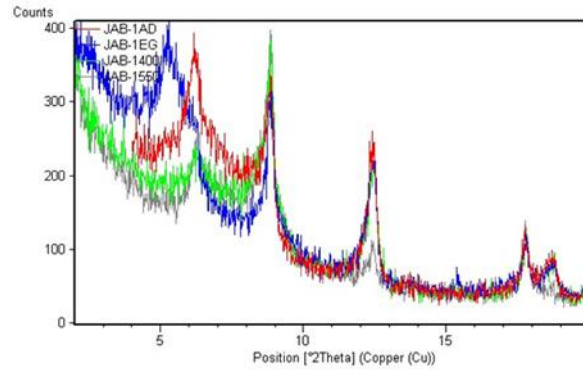
Usporedni prikaz difraktograma orijentiranih preparata uzorka EM 45/11.



Usporedni prikaz difraktograma orijentiranih preparata uzorka EM 46/11.

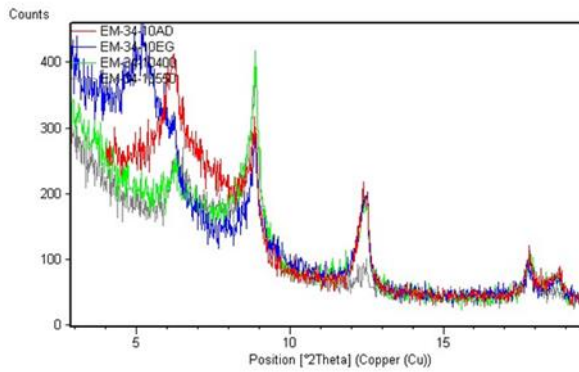


Usporedni prikaz difraktograma orijentiranih preparata uzorka EM 46/12.

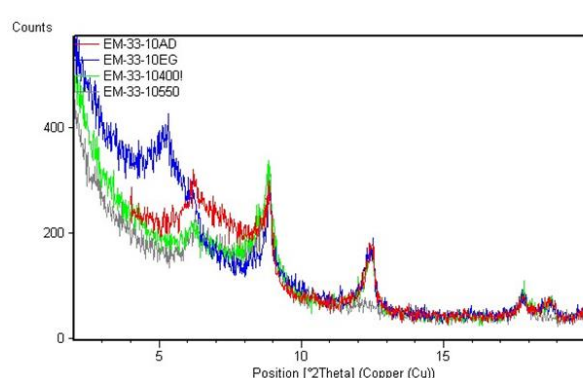


Usporedni prikaz difraktograma orijentiranih preparata uzorka JAB.

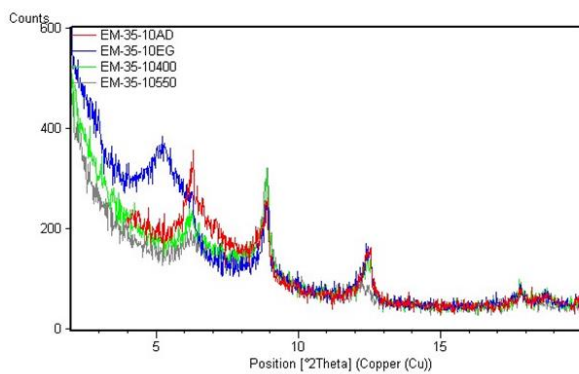
J Jadran



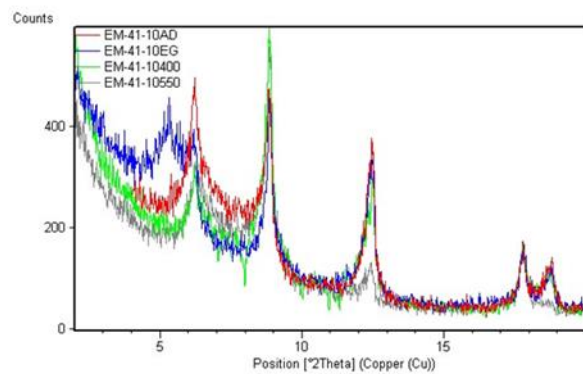
Usporedni prikaz difraktograma orijentiranih preparata uzorka EM 33/10.



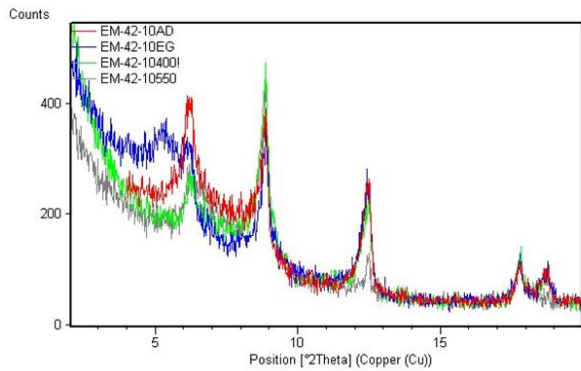
Usporedni prikaz difraktograma orijentiranih preparata uzorka EM 34/10.



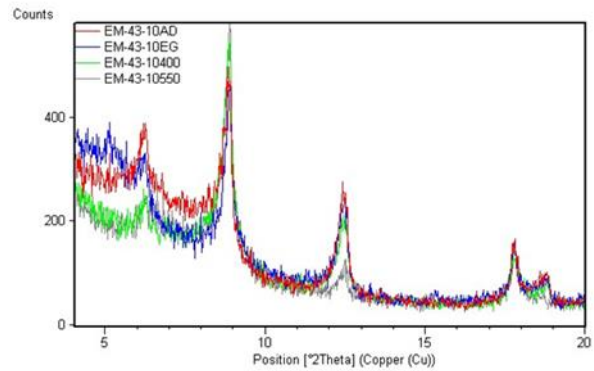
Usporedni prikaz difraktograma orijentiranih preparata uzorka EM 35/10.



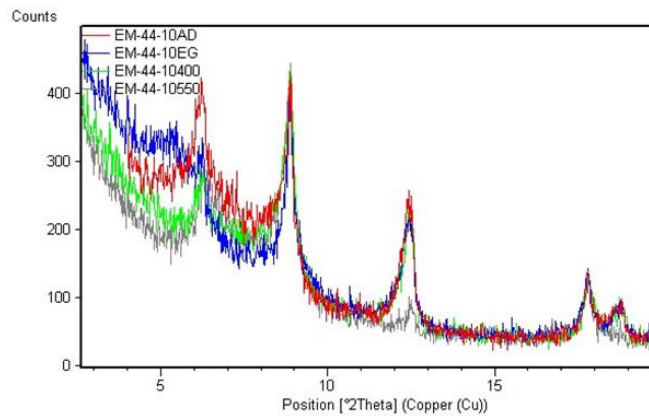
Usporedni prikaz difraktograma orijentiranih preparata uzorka EM 41/10.



Usporedni prikaz difraktograma orijentiranih preparata uzorka EM 42/10.

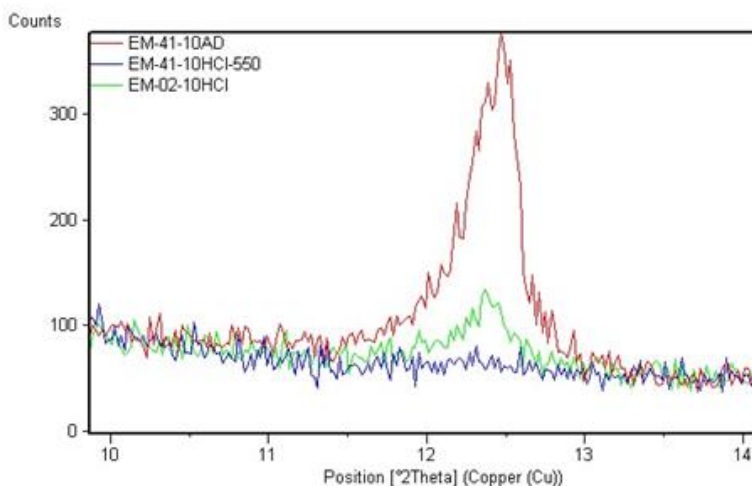


Usporedni prikaz difraktograma orijentiranih preparata uzorka EM 43/10.

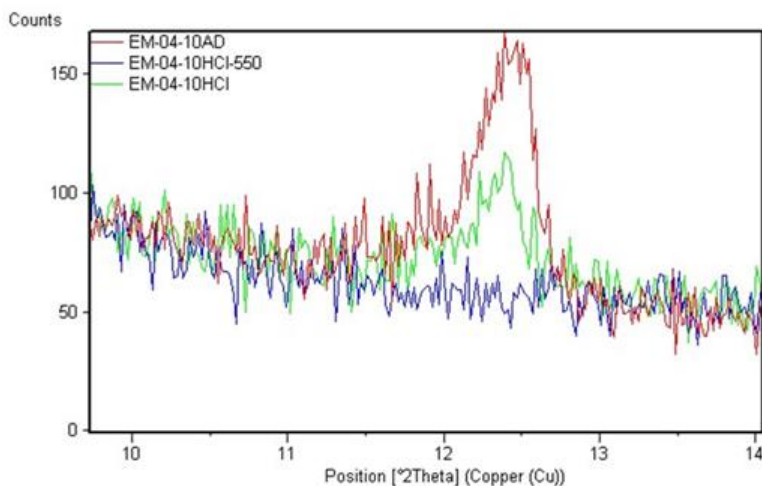


Usporedni prikaz difraktograma orijentiranih preparata uzorka EM 44/10.

PRILOG 3. Usporedni prikaz difraktograma snimljenih na orijentiranim preparatima osušenim na zraku (AD), na koje se djelovalo kiselinom (HCl), te žarenim na 550°C (HCl-550).



Usporedni prikaz difraktograma snimljenih na orijentiranim preparatima osušenim na zraku (AD), na koje se djelovalo kiselinom (HCl), te žarenim na 550°C (HCl-550) uzorka EM 41/10.



Usporedni prikaz difraktograma snimljenih na orijentiranim preparatima osušenim na zraku (AD), na koje se djelovalo kiselinom (HCl), te žarenim na 550°C (HCl-550) uzorka EM 04/10.