Geokemijske karakteristike sedimentnih jezgri iz deltne ravnice rijeke Neretve

Galinović, Ida

Master's thesis / Diplomski rad

2017

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://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:217:966484

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

Repository / Repozitorij:

Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb

zir.nsk.hr

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET

GEOLOŠKI ODSJEK

IDA GALINOVIĆ

GEOKEMIJSKE KARAKTERISTIKE SEDIMENTNIH JEZGRI IZ DELTNE RAVNICE RIJEKE NERETVE

Diplomski rad

predložen Geološkom odsjeku

Prirodoslovno-matematičkog fakulteta

Sveučilišta u Zagrebu

radi stjecanja akademskog stupnja

magistra geologije

Zagreb, 2017.

Ovaj diplomski rad izrađen je na Geološko-Petrografskom zavodu Geološkog odsjeka, pod vodstvom prof.dr.sc. Mladena Juračića i neposrednim vodstvom dipl. ing. Igora Felje, u sklopu diplomskog studija Geologije, na Prirodoslovno – matematičkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu.

ZAHVALE

Voljela bih se zahvaliti:

- *svome mentoru **prof.dr.sc. Mladenu Juračiću** na pomoći, strpljenju i usmjeravanju prilikom izrade ovog diplomskog rada, te na korisnim diskusijama i savjetima,*
- *svom neposrednom voditelju **dipl.ing. Igoru Felji** na pomoći prilikom odabiru teme, izradi pojedinih analiza, interpretaciji dobivenih rezultata, ali i na strpljenju kod raznih pitanja i na brojnim savjetima i raspravama,*
- ***dipl.ing. Štefici Kampić** i **dipl.ing. Željku Ištuku** na pomoći i ugodnoj radnoj atmosferi prilikom izrada laboratorijskih analiza,*
- ***kolegama u Analitičkom laboratoriju Zavoda za melioracije Agronomskog fakulteta**, Sveučilišta u Zagrebu, na izradi geokemijskih analiza za ovaj diplomski rad,*
- ***dipl.iur. Mariji Cindro** na susretljivosti, dobroj volji i razumijevanju kod svih studentskih pitanja i problema tijekom mog studija,*
- *svojim **kolegama** i **kolegicama,** koji su moje studiranje učinili značajno lakšim i zabavnijim, na svoj podršci, pomoći i ugodnom društvu,*
- *svojoj obitelji i posebno **roditeljima**, koji su mi omogućili bezbrižno studiranje, na bezuvjetnoj ljubavi i podršci,*
- *svim **prijateljima** koji su mi pružali potporu tijekom cijelog mog studija.*

Veliko HVALA!

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Geološki odsjek

Diplomski rad

GEOKEMIJSKE KARAKTERISTIKE SEDIMENTNIH JEZGRI IZ DELTNE RAVNICE RIJEKE NERETVE

IDA GALINOVIĆ

Rad je izrađen: Prirodoslovno-matematički fakultet, Mineraloško-petrografski zavod, Horvatovac 95; Geološko-paleontološki zavod, Horvatovac 102a, 10 000 Zagreb

Sažetak: U ovom diplomskom radu određene su granulometrijske i geokemijske karakteristike tri plitke jezgre dubine od oko 10 m iz područja delte rijeke Neretve. Cilj rada je određivanje prirodnih (pozadinskih) koncentracija određenih elemenata u sedimentu delte, te postoji li antropogeni doprinos njihovim koncentracijama. Rezultati granulometrijskih analiza ukazuju na dominaciju frakcije praha i malu zastupljenost frakcije šljunka. Glavni izvor elemenata u tragovima su čestice koje su nastale trošenjem magmatskih, metamorfnih i sedimentnih stijena kroz koje teče rijeka Neretva. Snažne pozitivne korelacije Al s Fe i elementima u tragovima ukazuju na njihovu povezanost, te na povezanost s glinom. Prema tome, gline imaju veliku ulogu u prijenosu elemenata u tragovima. Suprotno tome, snažna negativna korelacija Al s Ca, Mg i Sr, te pozitivna korelacija Ca i Mg pokazuju povezanost tih elemenata s karbonatima. U sedimentu analiziranih jezgara, na istim dubinama na kojima su zabilježeni visoki udio karbonata i visoke koncentracije Ca, zabilježene su niske koncentracije Al i Fe i obrnuto, što ukazuje na izmjenu perioda u kojem je dominiralo taloženje karbonata i onog s dominantnim taloženjem terigenog materijala. Koncentracije elemenata u jezgrama su u okviru pozadinske koncentracije, te nije primjetan antropogeni utjecaj.

Ključne riječi: delta, rijeka Neretva, granulometrijske karakterstike, geokemijske karakteristike, elementi u tragovima, pozadinske koncentracije
Rad sadrži: VI + 76 stranica, 31 slika, 12 tablica, 3 formule, 38 literaturna navoda, 3 internetska izvora i 4 dodatka
Jezik izvornika: hrvatski
Rad je pohranjen u: Središnjoj geološkoj knjižnici, Prirodoslovno-matematičkog fakulteta, Sveučilište u Zagrebu, Horvatovac 102a, 10 000 Zagreb, RH.
Mentor: Mladen Juračić, prof. dr.sc.
Ocjenjivači: Mladen Juračić, prof. dr.sc.
Esad Prohić, prof. dr.sc.
Borna Lužar-Oberiter, v. pred. dr.sc.
Rad prihvaćen: 12.05.2017.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Geology

Master Thesis

GEOCHEMICAL CHARACTERISTIC OF SEDIMENT CORE FROME THE NERETVA RIVER DELTA

IDA GALINOVIĆ

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

Abstract: In this graduate thesis, granulometric and geochemical characteristics of three shallow core, depths of about 10 m, in the area of the Neretva River Delta have been determined. The aim of the research is to determine the natural (background) concentration of certain elements in the delta sediment and whether there is anthropogenic contribution to their concentrations. The results of granulometric analysis indicate the dominance of the silt fraction and the low representation of the gravel fraction. The main source of trace elements is the particles generated by the consumption of magmatic, metamorphic and sedimentary rocks through which the river Neretva runs. Strong positive correlations of Al with Fe and trace elements point to the connection of those elements with clay. Therefore, clay has a major role in the transfer of trace elements. Conversely, the strong negative correlation of Al with Ca, Mg and Sr, and the positive correlation of Ca and Mg show the connection of those carbonate elements. In the sediment of the analyzed cores, low concentrations of Al and Fe were observed in the same depths as the high carbonate and Ca content, and vice versa, suggesting a change in the period dominated by the deposition of carbonate and the dominant sedimentation of terigene material. Concentrations of core elements are within the background concentration, and no anthropogenic influence is noticed.

Keywords: delta, Neretva River, granulometric characteristics, geochemical characteristics, trace elements, background concentrations

Thesis contains: VI + 76 pages, 31 figures, 12 tables, 3 formulas, 38 references, 3 internet source and 4 addition

Original in: Croatian

Thesis deposited in: Central Geological Library, Faculty of Science, University of Zagreb, Horvatovac 102 a, 10 000 Zagreb, Croatia.

Supervisor: Mladen Juračić, prof. dr. sc.

Reviewers: Mladen Juračić, prof. dr.sc.
Esad Prohić, prof. dr.sc.
Borna Lužar-Oberiter, v. pred. dr.sc.

Thesis accepted: 12.05.2017.

SADRŽAJ

1. UVOD 1

2. TEORIJSKI DIO 3

2.1. RIJEČNE DELTE 3

2.2. RASPODJELA KEMIJSKIH ELEMENTA U JADRANU I POZADINSKA KONCENTRACIJA U ODNOSU NA ANTROPOGENU KONCENTRACIJU ELEMENATA 5

3. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA I NJEGOVA GEOLOŠKA OBILJEŽJA 7

3.1. JADRANSKI ŠELF 7

3.2. DELTA RIJEKE NERETVE I NJENA GEOLOŠKA OBILJEŽJA 9

4. MATERIJALI I METODE 12

4.1. UZORKOVANJE 12

4.2. LABORATORIJSKE ANALIZE 14

4.2.1. GRANULOMETRIJSKE ANALIZE 14

4.2.2. KALCIMETRIJA 18

4.2.3. GEOKEMIJSKE ANALIZE 21

5. REZULTATI 23

5.1. REZULTATI GRANULOMETRIJSKE ANALIZE 23

5.1.1. Jezgra NER1 23

5.1.2. Jezgra NER3 25

5.1.3. Jezgra NER6 26

5.2. REZULTATI KALCIMETRIJE 28

5.2.1. Jezgra NER1 28

5.2.2. Jezgra NER3 30

5.2.3. Jezgra NER6 31

5.3. REZULTATI GEOKEMIJSKE ANALIZE 33

5.3.1. Jezgra NER1 33

5.3.2. Jezgra NER3 36

5.3.3. Jezgra NER6 39
6. RASPRAVA 42
7. ZAKLJUČAK 55
8. LITERATURA 57
POPIS SLIKA 61
POPIS TABLICA 63
POPIS FORMULA 64
DODATAK 1 65
DODATAK 2 67
DODATAK 3 73
DODATAK 4 76

1. UVOD

U današnje vrijeme antropogeni utjecaj na okoliš je sve veći, prvenstveno kao rezultat globalnog povećanja populacije i razvoja tehnologije. Kako bi se on mogao kontrolirati i što je moguće više umanjiti potrebno je obaviti različita istraživanja koja nam u konačnici daju informacije o njegovom intenzitetu, volumenu i izvorima. Osnovni korak u određivanju količine i samog izvora zagađenja sedimenata vodenih okoliša, odnosno sedimenata morskog dna, deltnih/riječnih sedimenata i dr., je određivanje koncentracije elemenata, od kojih su elementi u tragovima vrlo važni s obzirom da oni mogu biti potencijalni toksični zagađivači (Dolenec i sur., 1998). Glavni problem prilikom određivanja antropogenog utjecaja na sediment je procjena prirodnih (pozadinskih) koncentracija istraživanih elemenata, odnosno koncentracija koje nisu bile zahvaćene utjecajem ljudi. Upravo iz tog razloga potrebno je prikupiti što je moguće više podataka o podrijetlu samog sedimenta, njegovim geokemijskim, mineraloškim i fizičko-kemijskim svojstvima, ali i o uvjetima u okolišu u kojem se nalazi, koji kontroliraju trošenje, transport i taloženje. Sedimentne jezgre su veoma korisne u određivanju prirodnih koncentracija elemenata jer, iako je njihov površinski dio mogao biti izložen antropogenom utjecaju, u dubljim dijelovima jezgre on ne bi trebao biti prisutan (Prohić i Juračić, 1989).

Ovaj diplomski rad temelji se na geokemijskim istraživanjima delte rijeke Neretve, najveće delte u Republici Hrvatskoj (Slika 1). Analiziran je sediment jezgara prikupljenih s tri različite lokacije u delti Neretve u svrhu određivanja koncentracije različitih elemenata u sedimentu. Rijeka Neretva izvire i u svom gornjem toku teče kroz Bosnu i Hercegovinu, odnoseći pritom trošinu magmatskih, metamorfnih i sedimentnih stijena preko kojih prolazi, dok u donjem toku teče kroz krško područje izgrađeno većim dijelom od karbonatnih stijena i klastičnog fliša (Juračić, 1998). Delta rijeke Neretve formirala se donosom materijala prikupljenog u porječju gornjeg toka rijeke, pri različitim uvjetima u okolišu. Prvo se formirala dolina na ušću rijeke koja je potom potopljena zbog rasta morske razine. Taloženjem sedimenta, odnosno zapunjavanjem doline sedimentom, nastala je delta, koja je, tijekom holocena, progradirala.

Danas, uslijed ljudskog utjecaja, koji je bitno promijenio prirodne procese, i podizanja globalne razine mora, delta rijeke Neretve povlači se prema kopnu (degradira). Naime, izgradnja hidroelektrana, smanjenje erozije na pojedinim područjima, sustav za obranu od poplava, razvoj poljoprivrednih površina i dr. uzrokovali su promjenu u akumulaciji sedimenta na slivu, ali i u delti rijeke Neretve. Tako je sustavom za obranu od poplava spriječeno izlijevanje rijeke u svoju dolinu, a time i donosa i taloženja novog materijala na tim područjima (Vranješ i sur., 2007). Također rijeka je u delti nekad imala 12 rukavaca, dok ih sada ima samo 3 (Romić i sur., 2012). Dobiveni rezultati ovog istraživanja trebali bi pomoći u određivanju prirodnih koncentracija elemenata, te u određivanju antropogenog utjecaja u delti rijeke Neretve i boljem razumijevanju njihovog odnosa.



Slika 1. Ušće rijeke Neretve (glavni tok) u Jadransko more (izvor: http://opgmataga.hr/hr/dolina-neretve/, travanj 2017).

2. TEORIJSKI DIO

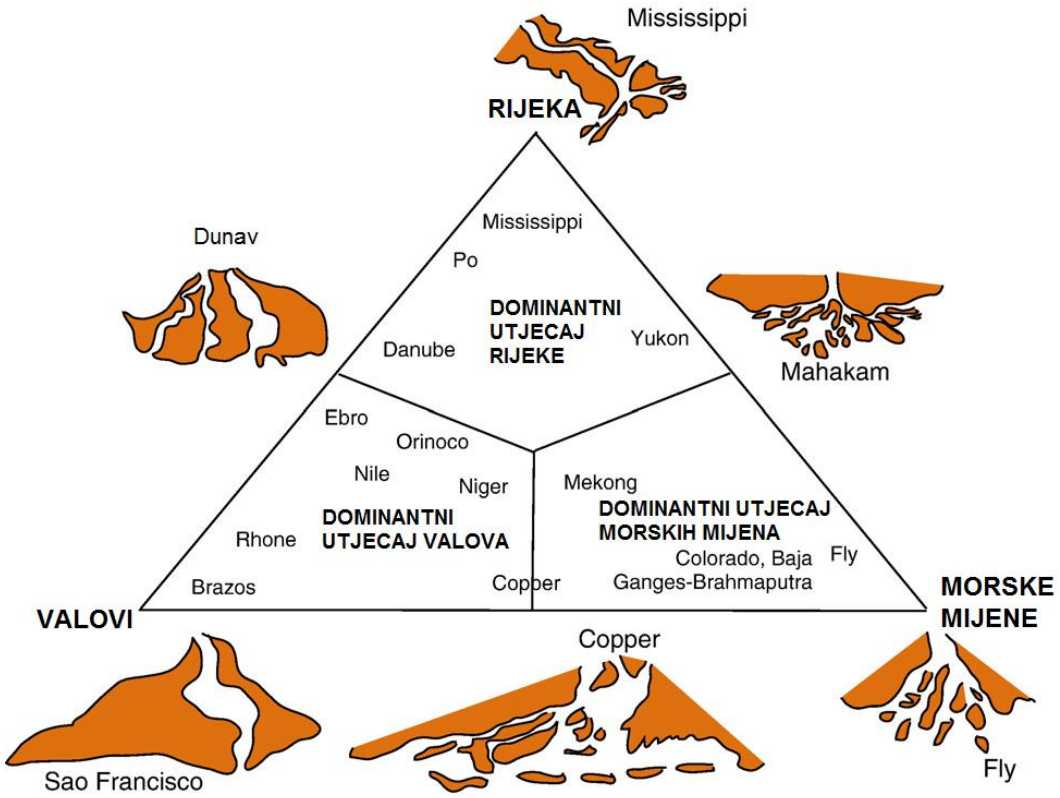
2.1. RIJEČNE DELTE

Riječne delte su poseban oblik ušća, od kojih je simbolična delta rijeke Nil. Delta Nila dobila je ime prema svome izgledu koji nalikuje na grčko slovo delta, te je time postala općeniti naziv za sva slična ušća na svijetu. Riječne delte formiraju se kao rezultat akumulacije sedimenta na ušću rijeke, odnosno na području na kojem se rijeka ulijeva u neku drugu rijeku, jezero, more ili ocean. Akumulacija riječnog materijala, a time i samo formiranje delte, uvjetovana je velikom količinom materijala kojeg rijeka donosi, te malom energijom vodenog okoliša u koje se rijeka ulijeva, odnosno slabim utjecajem valova i struja morskih mijena na obalu (Juračić, 1998). Dakle, delta nastaje taloženjem sedimenta, kada rijeka donosi više materijala nego što morski procesi mogu odnijeti dalje od ušća, te se one formiraju u svim klimatskim zonama. Na morfološke karakteristike delte utječe velik broj čimbenika, od kojih je među najvažnijima promjena razine morske vode, koja određuje gdje će biti smještena obalna linija. Osim toga, utjecaj na oblikovanje delte imaju tektonski pokreti, klimatski uvjeti, režim valova i vjetrova koji određuju procese transporta i taloženja, zatim stijene od kojih je izgrađena obala i porječje, što određuje vrstu i količinu materijala koja će biti transportirana do ušća rijeke, i dr.

Svaka pojedina riječna delta sadrži prepoznatljive glavne dijelove, a to su riječni tokovi, deltna ravnica, čelo delte i deltna padina, odnosno prodelta. Na riječne tokove utječe količina nošenog sedimenta, a deltna ravnica je široki poplavni prostor koji se nalazi bočno od riječnog toka. Deltna ravnica se dijeli na gornju i donju, te se većim dijelom nalazi iznad razine mora. Područje gornje deltne ravnice smješteno je iznad razine najviše plime i izgrađuju ga aluvijalni sedimenti koji su taloženi tijekom poplava, dok se donja deltna ravnica nalazi u morskoj razini, te se u njenom prostoru riječno korito nalazi pod utjecajem morskih mijena (Brown i sur., 2006). Na deltnoj ravnici obično dolazi do dijeljenja glavnog vodenog toka na manje tokove, tzv. rukavce, čiji broj može varirati ovisno o nagibu delte ili duljini same rijeke (Syvitski i sur., 2005). Do razdvajanja toka na rukavce dolazi zbog taloženja sedimenta na dnu korita, uzrokovanog smanjenjem brzine toka rijeke idući prema ušću, koji potom stvara prepreke koje rijeka mora zaobići. Nadalje, na deltnu ravnicu nastavlja se čelo delte,

koje se nalazi ispod razine mora. U ovom području riječni tok se ulijeva u more, te dolazi do njegovog širenja i naglog smanjenja brzine, što uzrokuje taloženje sedimenta donesenog rijekom. Čelo delte uglavnom izgrađuju šljunci i pijesci, odnosno krupno do srednje zrnati sedimenti, a njihovo taloženje ovisi o priobalnim strujama, morskim mijenama i energiji valova. Sitnozrnati materijal, odnosno silt i glina, se uglavnom taloži iza čela delte, odnosno na prostoru prodelte (Brown i sur., 2006).

Postoji nekoliko različitih klasifikacija deltnih sustava, a najčešće korištena je ona temeljena na dominirajućim utjecajima, utjecajima rijeke, valova i struja morskih mijena, koju je uveo Galloway (1975) (Slika 2). Primjer deltne ravnice pod dominantnim utjecajem rijeke je delta rijeke Mississippi u SAD-u, a pod utjecajem valova delta rijeke Sao Francisco u Brazilu. Delte koje su pod dominantnim utjecajem struja morskih mijena sadrže karakteristično djelomično potopljena ušća i otoke građene od sedimenta, te je najbolji primjer delta rijeke Fly na otoku Nova Gvineja. S obzirom na veliki broj čimbenika koji utječu na delte i velik broj procesa koji se u njima odvijaju, vrlo je teško odrediti pojedinu deltu prema samo jednoj klasifikaciji (Syvitski i Saito, 2007).



Slika 2. Klasifikacija delti prema dominirajućem utjecaju rijeke, valova i morskih mijena (modificirano prema Syvitski i Saito, 2007 i prema Galloway, 1975).

2.2. RASPODJELA KEMIJSKIH ELEMENTA U JADRANU I POZADINSKA KONCENTRACIJA U ODNOSU NA ANTROPOGENU KONCENTRACIJU ELEMENATA

Jadransko more je pretežno zatvoreno i plitko more, te je zbog svoje izoliranosti jače izloženo onečišćenju izazvanom antropogenim utjecajem. Među prvim koracima pri određivanju antropogenog utjecaja na marinski ekosustav je određivanje koncentracije elemenata u marinskom sedimentu. Izvori pojedinih elemenata u sedimentima Jadranskog mora su prirodno trošenje kopnenih stijena i transport, najčešće rijekama, koje su većim dijelom i pod antropogenim utjecajem, od kojih su najznačajniji industrija i otpad. Istraživanja koncentracija elemenata u Jadranu započela su prije više od 40 godina, a među prvim podacima o koncentracijama elemenata u površinskom dijelu sedimenta morskog dna objavili su Paul i Meischner (1976). Njihovi podaci ukazuju da se koncentracije teških metala mogu pripisati prirodnim procesima, dok su kasnija istraživanja pokazala da se koncentracije nekih elemenata teško mogu objasniti na taj način. Elementi u tragovima su od posebne važnosti jer mogu biti potencijalno toksični, te bi se iz tog razloga daljnjim istraživanjima trebalo pratiti njihov utjecaj na Jadransko more i odrediti glavne izvore zagađenja (Dolenec i sur., 1998).

Dolenec i sur. (1998) su u svome radu objavili regionalnu distribuciju koncentracija, ali i korelacijske koeficijente primarnih elemenata, sekundarnih elemenata i elemenata u tragovima u površinskim sedimentima morskog dna s područja cijelog Jadrana (sjevernog, centralnog i južnog). Najviše koncentracije Al i K zabilježene su u jugoistočnom dijelu južnog Jadrana, što potvrđuje i istraživanje Ilijanić i sur. (2014), ali i uzduž talijanske obale, dok su njihove najniže koncentracije pronađene na području dalmatinske obale i Istre (Dolenec i sur., 1998). Regionalna distribucija željeza slična je onoj od aluminija i kalija, ali se ono također pojavljuje u obliku pirita koji ukazuje na redukcijske uvjete. Suprotno tome, najviše koncentracije Ca i Mg izmjerene su na području sjevernog i centralnog Jadrana, a najniže na području južnog Jadrana (Dolenec i sur., 1998; Ilijanić i sur., 2014). Aluminij prvenstveno potječe od klastičnih alumosilikata, a kalcij od marinskog biogenog karbonata, što potvrđuje visoka korelacija Ca sa sadržajem kalcita (Ilijanić i sur., 2014). Nadalje, najniže koncentracije mangana izmjerene su na području sjevernog Jadrana, dok je u najdubljim dijelovima centralnog i južnog Jadrana zabilježeno njegovo

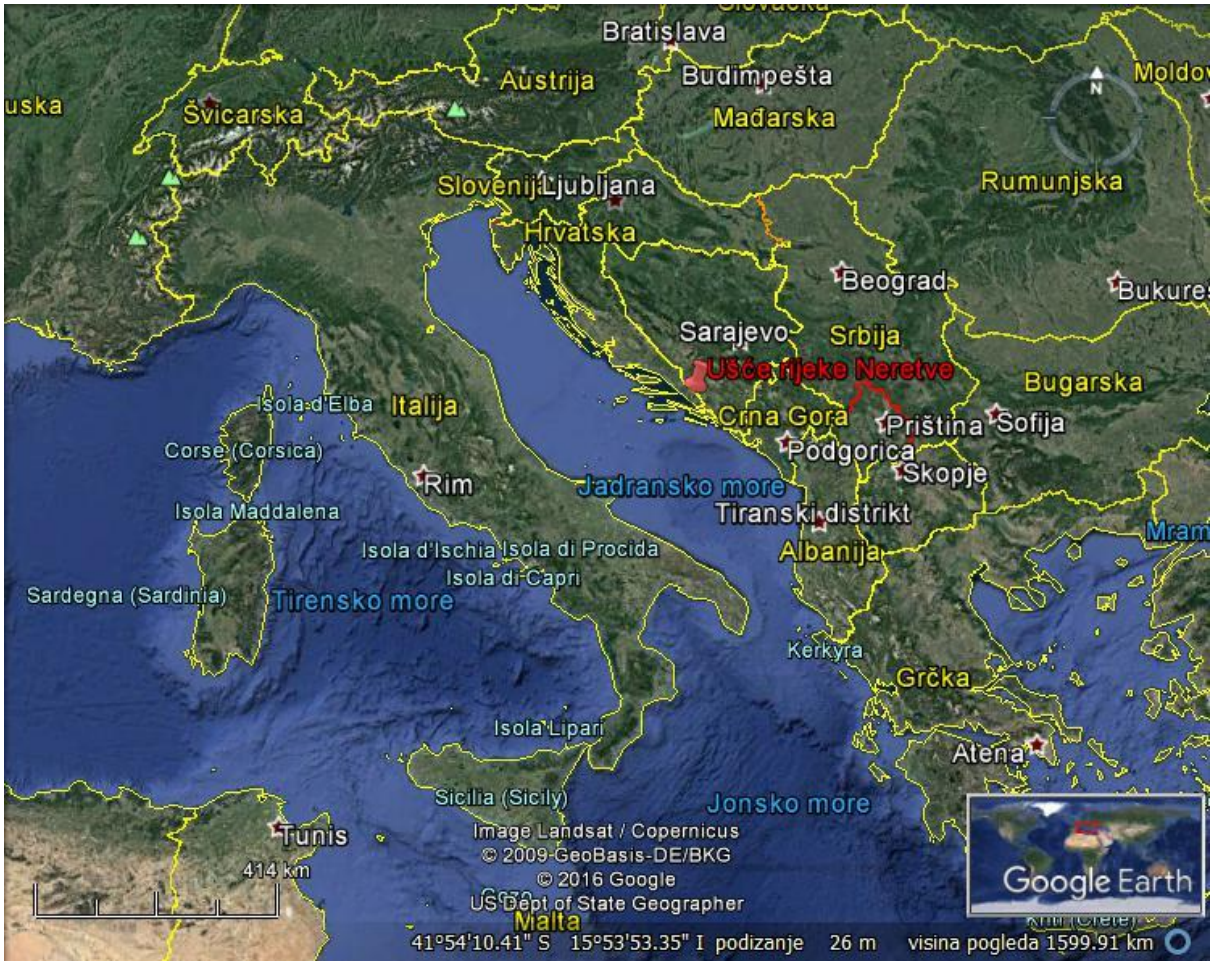
obogaćenje koje se jednim dijelom pripisuje podmorskom trošenju bazaltnih stijena, koje se nalaze u otvorenom moru. Znatno obogaćenje fosfora zabilježeno je na području južnog Jadrana, dok su najviše koncentracije titana pronađene uzduž talijanske obale i u najdubljem dijelu južnog Jadrana, a najniže ograničene na centralni Jadran uzduž dalmatinske obale (Dolenec i sur., 1998).

Elementi u tragovima generalno jako koreliraju s granulometrijskom frakcijom gline, te bilježe nedostatak korelacije s karbonatima, što ukazuje na važnu ulogu gline (i minerala glina) u prijenosu tih elemenata. Najviše koncentracije elemenata u tragovima pronađene su u području južnog Jadrana i uzduž talijanske obale koji sadrže najveći udio glina, dok su najniže vrijednosti zabilježene na području sjevernog i istočnog dijela centralnog Jadrana, bogatog karbonatima (Dolenec i sur., 1998; Ilijanić i sur., 2014). Elementi koji se najčešće smatraju potencijalnim zagađivačima u vodenim okolišima su arsen (As), kadmij (Cd), krom (Cr), bakar (Cu), živa (Hg), nikal (Ni), olovo (Pb) i cink (Zn). U dijelovima centralnog Jadrana, djelomično kao rezultat viših koncentracija Ca, izmjerene su niske koncentracije kroma i nikla, koje rastu prema južnom dijelu Jadrana (Ilijanić i sur., 2014). Također, zabilježene su visoke koncentracije arsena (As) i stroncija (Sr), dok su koncentracije ostalih elemenata (Ag, Ba, Be, Co, Cu, Hg, La, Ni, Pb, Sc, Th, Zn, Zr) niže u usporedbi s onim zabilježenim u južnom Jadranu. Prostorna distribucija olova razlikuje se od distribucija ostalih metala i ukazuje na antropogeni unos, s obzirom da se njegova koncentracija smanjuje idući od kopna prema moru (Dolenec i sur., 1998). Olovo može potjecati od različitih ljudskih aktivnosti kao što su izgaranje ugljena, upotreba olovnog benzina, taljenje metala i rudarstvo (Ilijanić i sur., 2014). Povišene koncentracije As, Cu, Hg i Zn u obalnom sedimentu u odnosu na koncentracije istih elemenata u sedimentu Jadranskog mora također ukazuju na antropogeni utjecaj, odnosno utjecaj industrije i urbanih središta (Dolenec i sur., 1998). Suprotno tome, pozitivna korelacija Cu i Al, kao i Zn i Cr, ukazuje na povezanost njihovih koncentracija s alumosilikatima (Ilijanić i sur., 2014). Osim prirodnih izvora, izvori elemenata u tragovima u Jadranu su poljoprivreda, industrijski i komunalni otpad koji dospijevaju direktno u Jadransko more ili putem rijeka koje se u njega ulijevaju (Dolenec i sur., 1998), dok bi u delti rijeke Neretve izvor teških metala mogla biti industrija u njenom gornjem i srednjem toku (Romić i sur., 2012).

3. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA I NJEGOVA GEOLOŠKA OBILJEŽJA

3.1. JADRANSKI ŠELF

Jadransko more (Slika 3) je epikontinentsko more izduženog oblika, koje se smjestilo između planinskih lanaca Dinarida, Apenina i Južnih Alpa, te pristup njemu ima šest država (Italija, Slovenija, Hrvatska, Bosna i Hercegovina, Crna Gora i Albanija). Ono je uvučeno duboko u kopno, pruža se u smjeru SZ-JI, a s ostatkom Sredozemnog mora, odnosno s Jonskim morem povezuju ga Otrantska vrata. Veći dio površine dna Jadranskog mora nalazi se na dubinama manjim od 200 m, čineći ga time šelfom (Riđanović, 2002).



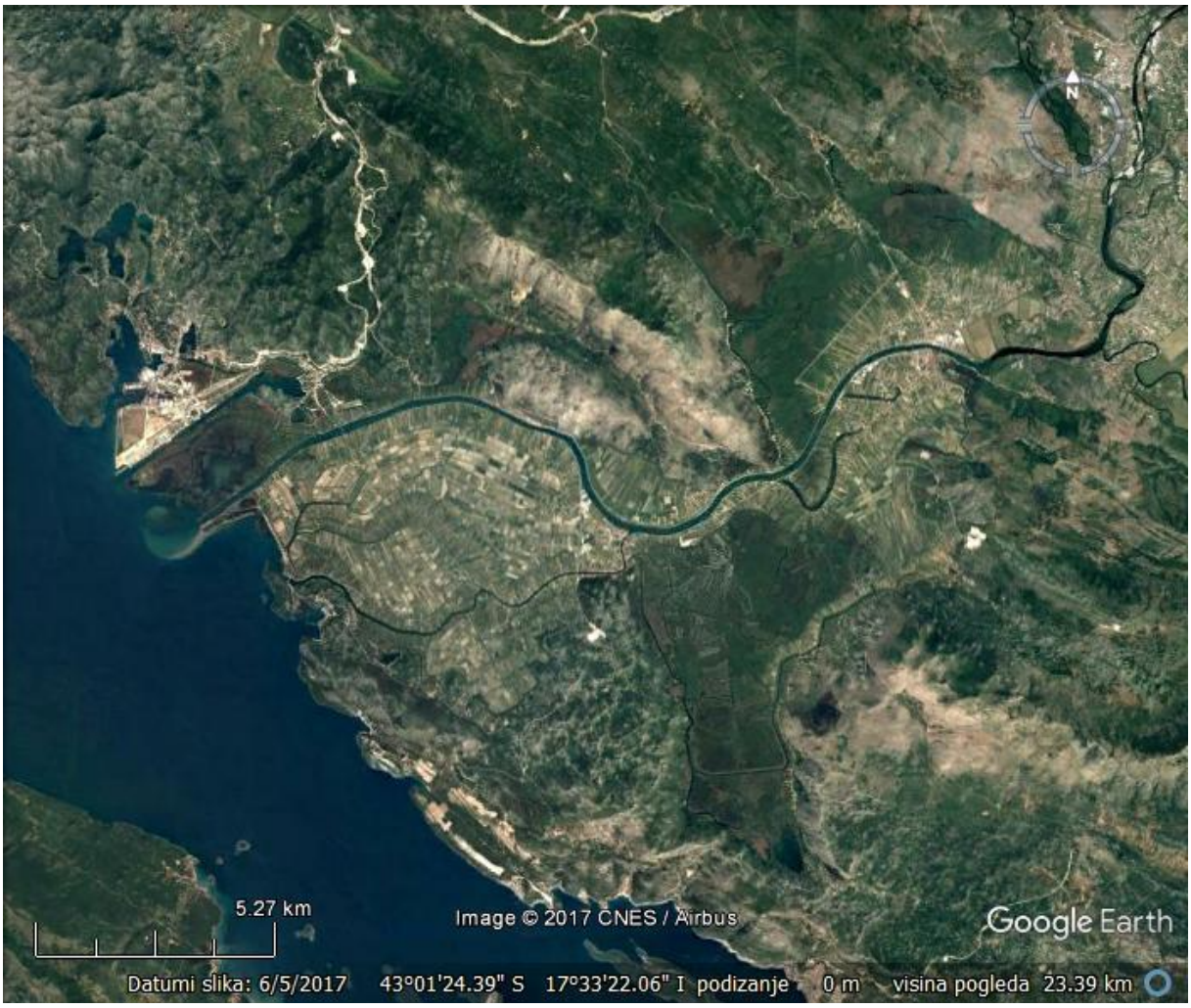
Slika 3. Lokacija Jadranskog mora s označenom lokacijom ušća rijeke Neretve (Google Earth).

Kontinentski šelf je produžetak kontinenta u more do dubine od oko 200 m, tj. dio marinskog okoliša koji je pod utjecajem mora i kopna, a danas i čovjeka. S geološkog stajališta, šelf je prostor na kojem se taloži najveća količina sedimenta, koji potječe s kopna, te se iz tog razloga na njemu nalaze najveće debljine sedimenata (Seibold i Berger, 1996). Vrstu sedimenta određuju odnosi brzine donosa materijala i morskih procesa koji ga dalje raspoređuju. Ovisno o uvjetima u kojima se nalaze, odnosno vrsti sedimenta koji se na njima taloži, razlikujemo tri vrste šelfova: terigene šelfove, karbonatne šelfove i miješane karbonatno siliciklastični šelfove (Seibold i Berger, 1996). Na terigenim šelfovima, koji su najčešći na Zemlji, taloži se materijal terigenog podrijetla koji je transportiran različitim agensima (rijekom, vjetrom ili ledom) s kopna na šelf. Za razliku od terigenih, karbonatni šelfovi mogu nastati samo ako je donos terigenog materijala zanemariv, a na njima dominira sedimentacija skeletnih i neskeletnih karbonatnih čestica najčešće u plitkim i toplim morima (Seibold i Berger, 1996).

Otvaranje Tethysa u srednjem trijasu uzrokovalo je odvajanje Jadranske mikroploče, na kojoj se nalazi današnje Jadransko more, od Gondwane, te se ona kretala prema budućem euroazijskom kopnu. U tom razdoblju na njoj započinje taloženje biogenog sedimenta što rezultira stvaranjem tzv. Južne tetijske megaplatforme (Vlahović i sur., 2005). U razdoblju donje jure dolazi do diferencijacije megaplatforme, čime nastaju tri plitkovodna platformna prostora (Jadranski, Apeninski i Apulijski) i bazena (Pamić i sur., 1998), od kojih je jedan bio preteča Jadrana. Uzrok formiranja naslaga kilometarskih debljina na Jadranskoj karbonatnoj platformi (Adriatic Carbonate Platform - AdCP) je, osim taloženja, istovremeno tonjenje baze platforme. Na kraju krede na prostoru AdCP dolazi do emerzije (Vlahović i sur., 2005), te u razdoblju paleogena (paleocen-eocen) dijelovi platforme poplavljuju što uzrokuje taloženje slatkovodnih-brakičnih karbonata i morskih foraminiferskih vapnenaca. U paleogenu afrička ploča mijenja smjer kretanja prema euroazijskoj ploči, te na početku neogena dolazi do njihove kolizije, a time i zatvaranja Tethysa i formiranja Paratethysa i Sredozemnog mora. Kolizija spomenutih ploča imala je utjecaj na deformacije na prostoru Jadranske mikroploče, te je zaslužna za postepeno izdizanje triju planinskih lanaca (Alpe, Apenini, Dinaridi) (Scisciani i Calamita, 2009). Razdoblje neogena na prostoru Jadranskog bazena obilježeno je karbonatnom sedimentacijom (uglavnom vapnenaca i lapora) i okršavanjem. Posljednja transgresija (gornji pleistocen-holocen) uzrokovala je današnji izgled istočne obale Jadranskog mora.

3.2. DELTA RIJEKE NERETVE I NJENA GEOLOŠKA OBILJEŽJA

Delta rijeke Neretve (Slika 4) smještena je na jugu hrvatske obale Jadranskog mora, a formira je rijeka Neretva na svome ušću. Rijeka Neretva izvire u Bosni i Hercegovini, jugoistočno od planine Zelengora, na nadmorskoj visini od 1095 m (Juračić, 1998). Dugačka je oko 225 km i dok većim dijelom prolazi kroz Bosnu i Hercegovinu, posljednjih 22 km prolazi kroz Republiku Hrvatsku (Romić i sur., 2012), te južno od Ploča utječe u Jadransko more. Ukupna površina porječja rijeke Neretve iznosi oko 5 580 km^2 od čega se 430 km^2 nalazi u Hrvatskoj, što je čini najvećom hrvatskom rijekom u jadranskom slijevu. Reljef kopnenog i podmorskog područja delte i njene okolice formirao se kao posljedica utjecaja tektonskih procesa, klimatskih promjena i promjena razine mora koje su se dogodile u bližoj geološkoj prošlosti (Juračić, 1998).



Slika 4. Delta rijeke Neretve (Google Earth).

Tok rijeke Neretve može se podijeliti na gornji, srednji i donji. Gornji tok obuhvaća prostor rijeke od njenog izvora do grada Konjica, srednji tok od Konjica do Počitelja, te donji tok od Počitelja do ušća rijeke u Jadransko more. Dolina rijeke područja gornjeg i srednjeg toka sadrži bujične erozivne karakteristike, dok u svome donjem toku prelazi u zaravnjeno deltno područje s meandrirajućim tokom (Juračić, 1998). U svom gornjem i srednjem toku Neretva teče kroz planinska područja Vanjskih Dinarida, sastavljena od različitih magmatskih, metamorfnih i sedimentnih stijena. Na tim područjima nailazimo većim dijelom na trijaske i miocenske klastite, trijaske vulkanske stijene i vulkano-sedimentnu seriju, te kredni fliš (konglomerati, pješčenjaci, lapori) (Mojičević i Laušević, 1973a; Mojičević i Laušević, 1973b; Sofilj i Živanović, 1979; Mojičević i Tomić, 1981). Karbonatna sukcesija najvećim dijelom zastupljena je u donjem toku rijeke, a izgrađena je od dolomita i vapnenaca, koji na određenim područjima sadrže amonite i druge fosile. U donjem toku također nailazimo na kredni fliš sastavljen prvenstveno od lapora i kalkarenita (Raić i sur., 1976; Raić i sur., 1977; Marinčić i sur., 1978; Raić i sur., 1980). Smjer pružanja riječne doline na početku je paralelan smjeru pružanja Dinarida, dok ih nizvodni tok rijeke presijeca. Gornji i srednji tok rijeke Neretve imaju veliki energetski potencijal zbog čega su na njoj napravljene hidroelektrane (Juračić, 1998). Početak donjeg toka rijeke Neretve, kojeg obilježavaju aluvijalne naslage, nalazi se nizvodno od Počitelja. Donji tok prolazi uglavnom kroz karbonatne stijene, prvenstveno kredne i paleogenske vapnence, dolomite i breče, te klastične sedimente, uglavnom eocenski fliš (Raić i sur., 1976; Raić i sur., 1977; Marinčić i sur., 1978; Raić i sur., 1980). Temeljnu stijenu doline donjeg toka čine karbonatne stijene, kao i humke, odnosno brežuljke koji se u njoj nalaze (Romić i sur., 2012). Dolina donjeg toka tektonski je predisponirana, te na se na tom području nalaze brojni rasjedi, bore i navlake čije je pružanje u smjeru sjeverozapad – jugoistok (Juračić, 1998). Ona se veže uz rasjednu zonu okomitu na pružanje Dinarida, koja je nastala kao posljedica neotektonskih pokreta za vrijeme posljednje orogeneze, kada se formirao stijenski okvir, čije rubove karakteriziraju nagla promjena nagiba i vrste stijena. Unutar tog okvira nalazi se zaravnjeno deltno područje rijeke koje je smješteno u kvartarnim rastresitim sedimentima nastalim u različitim riječnim, jezerskim i morskim okolišima. Zaravnjeni dio u području ušća rijeke Neretve zauzima oko 170 km^2, od kojih se veći dio, odnosno oko 120 km^2, nalazi u Republici Hrvatskoj. Deltu rijeke Neretve obilježava nekoliko većih proširenja koja se pružaju uglavnom u smjeru Dinarida, a poljoprivredno najvažnije je proširenje Ploče – Krvavac – Lovorje. Na delti su također karakteristični humovi, odnosno ostaci krške podloge koji se izdižu iz deltne ravnice.

Upravo zato što dotječe iz ne krškog područja, gdje je izraženo mehaničko trošenje, rijeka Neretva transportira velike količine materijala (Juračić, 1998).

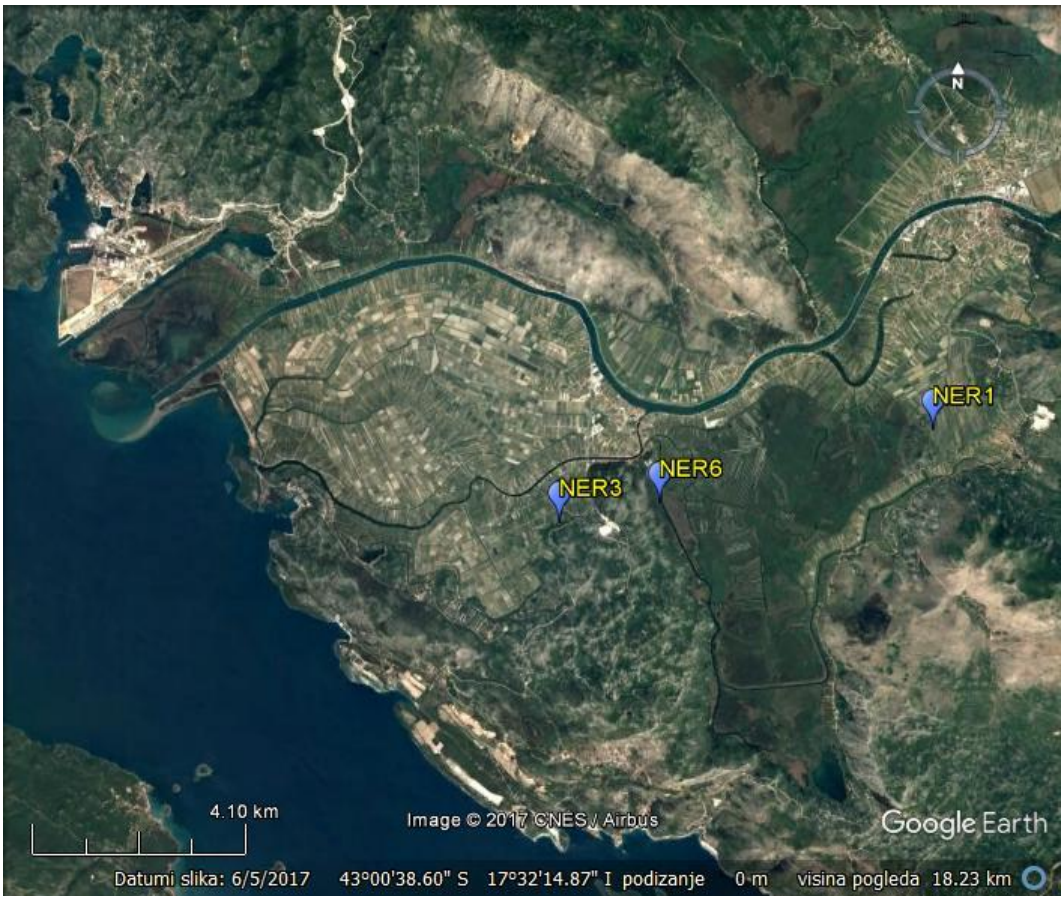
Na formiranje delte u posljednjih 700 000 godina snažan utjecaj su imale klimatske promjene i oscilacije razine mora, dok su tektonski pokreti iz razdoblja donjeg pliocena do danas odredili njezinu strukturnu građu. S obzirom da je globalna razina mora granica iznad koje se odvija erozija i trošenje, a ispod koje prevladava akumulacija materijala, njena oscilacija u bližoj geološkoj prošlosti imala je važnu ulogu u nastanku delte (Juračić, 1998). U razdoblju posljednjeg glacijalnog maksimuma, koji se dogodio prije otprilike 26 500 do 20 000 godina, globalna razina mora, pa time i Jadranskog, bila je za oko 120 m niža nego što je danas (Clark i sur., 2009). Prema tome, tadašnja obalna linija razlikovala se od današnje, te su svi hrvatski otoci koji se nalaze u centralnom Jadranu, osim Jabuke, Palagruže i Sušca, vjerojatno bili dio kopna (Sikora i sur., 2014). Pretpostavlja se da je u tom vremenskom razdoblju rijeka Neretva formirala korito na vapnenačkoj, odnosno krškoj podlozi kod koje prevladava kemijsko trošenje (otapanje) stijena. U razdoblju prije otprilike 17 000 do 6 000 godina ledenjaci su se otapali što je uzrokovalo nagli porast globalne razine mora, a time i potapanje neretvanske doline te stvaranje dubokog morskog zaljeva (estuarija) i drastičnu promjenu okoliša (Juračić, 1998). Delta rijeke Neretve, kao i većina recentnih delti, vjerojatno je započela svoje formiranje prije otprilike 8 000 do 6 000 godina kada je razina mora bitno usporila svoj rast. Zbog velikog donosa materijala s kopna, zapunjavanje se brzo odvijalo, te je veći dio nekadašnjeg dubokog morskog zaljeva ispunjen sedimentima. Njenom nastanaku također su pomogli poluotok Pelješac, koji štiti Neretvanski kanal od utjecaja otvorenog mora, te općenito mali raspon morskih mijena (plime i oseke) u Jadranskom moru. Na recentnu strukturnu građu okolnog područja utjecaj su imali neotektonski pokreti od donjeg pliocena pa sve do danas (Juračić, 1998).

Veličini delte rijeke Neretve pogodovao je niskoenergetski okoliš Jadranskog mora, ali i utjecaj rijeke, odnosno donos velike količine materijala. Ljudske aktivnosti na rijeci Neretvi i u njenoj delti, ponajprije korištenje energetskog potencijala rijeke i stvaranje poljoprivrednih površina u delti, rezultirale su smanjenjem dotoka vode, a gradnja brana i smanjenjem količine donesenog sedimenta u deltu (Vranješ, i sur., 2007). Delta rijeke Neretve je važan poljoprivredni kraj u kojem se uzgaja razno voće i povrće. Od voća se pretežno uzgajaju agrumi (Romić i sur., 2012) od kojih su najzastupljenije mandarine.

4. MATERIJALI I METODE

4.1. UZORKOVANJE

U okviru šireg projekta izvađene su tri plitke jezgre, jezgra NER1 (43°00'50.6"N - 17°38'05.5"E), NER3 (42°59'52.4"N - 17°32'37.2"E) i NER6 (43°00'04.7"N - 17°34'05.0"E), na području ravnice delte Neretve. Navedene jezgre izvađene su na lokacijama prikazanim na slici 5. Jezgre su vađene uz pomoć ručnog korera marke Eijkelkamp (Slika 6). Prilikom vađenja sedimenta koji se nalazio iznad razine podzemne vode (vodnog lica) koristila se *Edelmanova* glava, a za onaj ispod razine podzemne vode žlijeb. Uzorci prikupljeni pomoću *Edelmanove* glave mogu se poremetiti prilikom jezgrovanja, dok oni prikupljeni žlijebom ostaju neporemećeni. Dubine izvađenih jezgara NER1, NER3 i NER6 iznose oko 10 m, te su one ograničene zbog dostupnosti opreme, ali i krutosti sedimenta i trenja. Detaljniji opis načina uzorkovanja opisan je u radu Felja i sur. (2015).



Slika 5. Lokacije na kojima su izvađene jezgre NER1, NER3 i NER6 (Google Earth).



Slika 6. Korer marke Eijkelkamp s označenim pojedinim dijelovima (modificirano prema izvoru: https://en.eijkelkamp.com/products/augering-soil-sampling-equipment/bi-partite-gouge-auger-set-sa.html, travanj 2017).

4.2. LABORATORIJSKE ANALIZE

4.2.1. GRANULOMETRIJSKE ANALIZE

Granulometrijske karakteristike svih uzoraka sedimenta određene su kombiniranom metodom mokrog sijanja, za čestice veće od 63 μm, i sedigrafa, za čestice manje od 63 μm. Sedimenti su analizirani u laboratoriju Geološko-paleontološkog zavoda, Geološkog odsjeka, Prirodoslovno-matematičkog fakulteta, Sveučilišta u Zagrebu.

Iz svakog uzorka izdvojen je poduzorak mase 10 g i stavljen u posudu s destiliranom vodom. Posuda s destiliranom vodom i poduzorkom, prije samog sijanja, stavljena je u ultrazvučnu tresilicu kako bi se poduzorak bolje raspršio, odnosno kako ne bi zaostale slijepljene nakupine čestica. Poduzorci su prosijani na standardnim Retsch® ASTM sitima od nehrđajućeg čelika uz pomoć tresilice Fritcsh Analysette® (Slika 7). Raspon promjera otvora sita bio je od 4 mm do 63 μm, prema granicama definiranim Wentworth (1922) klasifikacijom, od sitnog šljunka do vrlo sitnog pijeska. Frakcije sedimenta koje su zaostale na sitima prebačene su u staklene zdjelice uz pomoć destilirane vode i dekantirane, te su ostavljene par dana da se osuše na zraku. Osušene frakcije sedimenta izvagane su i prebačene u označene papirnate vrećice. Frakcije sedimenta koje su prošle kroz sito s otvorima promjera 63 μm sakupljene su u obliku suspenzije u staklenu bocu i ostavljene oko tjedan dana kako bi se istaložile. Nakon toga, uz pomoć cijevi, dekantirana je voda, koja se izdvojila iznad sedimenta, tako da omjer sedimenta i vode u staklenoj boci bude 50:50. Sadržaj staklene boce je izmiješan kako bi se ponovno dobila suspenzija, koja je potom analizirana na sedigrafu (SediGraph 5100). Proces sijanja pojedinog uzorka trajao je oko 45 minuta, a dobiveni podaci analizirani su uz pomoć programa GRADISTAT (2008).



Slika 7. Set Retsch® ASTM sita pričvršćenih na tresilicu Fritcsh Analysette®, Geološko-paleontološki zavod PMF-a.

SediGraph 5100 je uređaj (instrument) koji služi za raspodjelu veličina čestica (Slika 8). Uređaj se sastoji od sučelja, računala i analizatora, kojeg čine izvor i detektor rendgenskih zraka (rtg), pumpe koje čine sustav za cirkulaciju, koji odvodi tekućinu s uzorkom u ćeliju za analizu, zatim dovodnu i odvodnu cijev za čistu i otpadnu tekućinu, te čašicu za suspendirani uzorak. Rad analizatora i njegovo upravljanje omogućeno je putem računala, odnosno pomoću računalnog programa SediGraphWin 5100 (Micromeritics, 2002). Rad sedigrafa temelji se na gravitacijskom taloženju sedimenta i apsorpciji nisko-energetskih rendgenskih (rtg) zraka (Pikelj, 2010).



Slika 8. SediGraph 5100, Geološko-paleontološki zavod PMF-a.

Sedimentacija čestica uvjetovana gravitacijom temelji se na Stokes-ovom zakonu, koji kaže da je brzina taloženja sferične čestice u fluidu ovisi o promjeru čestice, odnosno:

$$v = \left(\frac{d}{K}\right)^2, \qquad [1]$$

gdje *v* označava brzinu taloženja čestice, *d* promjer iste čestice, a *K* konstantu koja uključuje gustoću čestice i fizikalne karakteristike fluida (gustoća, viskozitet). Također, može se mjeriti i vrijeme koje je potrebno da čestica padne na određenu udaljenost, te se uz navedene poznate vrijednosti, uz pomoć formule:

$$v = \frac{s}{t}, \qquad [2]$$

pri čemu je *v* brzina taloženja čestice, *s* put koji je prošla pri taloženju i *t* vrijeme potrebno da prijeđe navedeni put, lako odredi brzina taloženja. S poznatim vrijednostima *K* i *v*, uz pomoć Stokes-ovog zakona, moguće je odrediti promjer čestice, definiran kao funkcija vremena koje je potrebno za njeno taloženje na poznatoj udaljenosti. Sedigraf bilježi vrijeme koje je potrebno česticama različitih veličina da dosegnu određenu dubinu, te daje informacije o veličini čestica u suspenziji (Pikelj, 2010).

Kako bi dobili informacije o masenoj koncentraciji čestica koje se nalaze unutar suspenzije sedigraf se koristi snopom paralelnih rtg zraka. Prije same analize uzorka potrebno je napraviti mjerenje intenziteta rtg zraka koje prolaze kroz čistu tekućinu, smjesu destilirane vode i natrijevog heksametafosfata ($(NaPO_3)_6$), čime se dobiva bazna linija koja pokazuje prolaznost rtg zraka u suspenzijskoj tekućini. Kao suspenzijska tekućina korištena je navedena otopina u cilju poboljšanja raspršenja čestica u uzorku. Nakon uvođenja uzorka u tu tekućinu i njihovog miješanja kako bi ona postala homogena, intenzitet propuštenih rtg zraka se smanjuje jer se jedan dio zraka apsorbira na čestice u suspenziji. Prestankom miješanja, započinje taloženje čestica koje se, sukladno Stokes-ovom zakonu, prilikom tonjenja razdvajaju ovisno o svojoj veličini. Naime, čestice većih dimenzija imat će veću brzinu taloženja od onih manjih dimenzija koje mogu jako dugo ostati u suspenziji. Što je više četica istih dimenzija u uzorku apsorpcija energije rtg zraka bit će veća, odnosno njihova prolaznost će biti manja. Kada se sve čestice u suspenziji istalože iznad njih ostaje bistra tekućina, a linija prolaznosti rtg zraka preklapa se s baznom linijom (Pikelj, 2010).

4.2.2. KALCIMETRIJA

Udio karbonata u sedimentima, odnosno svim uzorcima, određen je volumetrijskim mjerenjem Scheiblerovim kalcimetrom (Slika 9) (Önorm, L 1084, 1989). Analize za određivanje udjela karbonata uzoraka i priprema uzoraka izvođeni su u laboratoriju Mineraloško-petrografskog zavoda, Geološkog odsjeka, Prirodoslovno-matematičkog fakulteta, Sveučilišta u Zagrebu. Analitička preciznost uređaja je ±2 %.



Slika 9. Scheiblerov kalcimetar, Mineraloško-petrografski zavod PMF-a.



Slika 10. Osušeni i usitnjeni poduzorci na satnim stakalcima.

Iz svakog uzorka su izdvojeni i odvagani poduzorci sedimenta mase od oko 1 g, te su ostavljeni nekoliko dana da se osuše na zraku. Osušeni poduzorci ručno su zdrobljeni u tarioniku. Od svakog pojedinog usitnjenog poduzoraka odvojeno je oko 300 mg na dva satna stakalca (Slika 10). Scheiblerov kalcimetar je aparatura za određivanje udjela karbonata u sedimentu, a temelji se na mjerenju volumena razvijenog plina ugljikovog dioksida (CO_2). Aparatura na kojoj je vršena analiza sastoji se od termometra, Erlenmeyerove tikvice i dvije staklene cijevi koje su međusobno spojene gumenim cijevima. Prva, graduirana staklena cijev je fiksna, te na vrhu ima ventil koji služi za regulaciju tlaka u cijevi s okolinom, dok je druga staklena cijev pomična i služi za izjednačavanje tlaka tijekom rada. Obje staklene cijevi sadrže vodu zakiseljenu sa sumpornom kiselinom (H_2SO_4) kako bi se spriječila adsorpcija razvijenog CO_2. Razvijeni CO_2 nalazi se u graduiranoj staklenoj cijevi na kojem se očitava i preračunava u postotak kalcijevog karbonata ($CaCO_3$) pomoću formule:

$$\% \, CaCO_3 = (ml \; CO_2 \times F \times 2{,}274 \times 100) \div mg \; sedimenta, \qquad [3]$$

gdje je faktor F težina 1 ml CO_2 pri temperaturi i tlaku provođenja analize, a iščitava se iz tablice. Faktor 2,274 predstavlja količnik molarne mase ugljikovog dioksida (CO_2) i kalcijevog karbonata ($CaCO_3$). Prije određivanja udjela karbonata poduzoraka, bilo je potrebno napraviti mjerenje standarda, odnosno 100 postotnog $CaCO_3$. Oko 300 mg standarda, kao naknadno i ostali poduzorci sedimenta, odloženo je u Erlenmeyerovu

tikvicu zajedno s malom posudicom koja sadrži 5 ml klorovodične kiseline razrijeđene s destiliranom vodom u omjeru 1:1 i mali magnet. Nadalje, ventil na graduiranoj staklenoj cijevi postavljen je u položaj tako da povezuje graduiranu i pomičnu staklenu cijev, te su poravnate razine tekućina u obje cijevi pomicanjem pomične staklene cijevi. Ventil je zatim postavljen u položaj tako da povezuje graduiranu cijev s okolinom, a Erlenmeyerova tikvica zatvorena je gumenim čepom, koji preko gumene cijevi povezuje tikvicu s graduiranom staklenom cijevi, te na taj način dobivamo u potpunosti zatvoreni sustav. Ventil je ponovno postavljen u položaj tako da povezuje dvije staklene cijevi aparature i uključena je magnetna miješalica kako bi se 10%-tna klorovodična kiselina (HCl) prolila po uzorku. Time dolazi do otapanja karbonata prilikom čega se razvija plinoviti CO_2, koji potiskuje tekućinu u graduiranoj staklenoj cijevi. Zatim se ponovno poravnaju razine tekućina u staklenim cijevima, te se na skali graduirane cijevi očita volumen razvijenog plinovitog CO_2. Prilikom izvođenja analize za svaki pojedini poduzorak očitane su vrijednosti temperature i tlaka. Napravljene su po dvije analize standarda i svakog pojedinog poduzorka, te su određene srednje vrijednosti udjela karbonata u svakom pojedinom uzorku.

4.2.3. GEOKEMIJSKE ANALIZE

Određivanje koncentracije kemijskih elemenata (Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, Al, Ca, Fe, Mg, Mn, P, S, Ba, Ti, V, Mo, La, Li, Sr, Hg) u uzorcima jezgre NER1, NER3 i NER6 izvedeno je metodom optičke emisijske spektroskopije s induktivno spregnutom plazmom (ICP-OES) na instrumentu Vista MPX AX (Varian), dok su koncentracije natrija (Na) i kalija (K) određene pomoću plamene atomske emisijske spektroskopije na instrumentu AAS PerkinElmer 3110. Prije samih analiza, uzorci sedimenata otopljeni su u zlatotopki, smjesi koncentrirane dušične i klorovodične kiseline, prema HRN ISO 11466, 2004. Nakon otapanja, uzorci su stavljeni u mikrovalni sustav CEM MARS Xpress sa zatvorenim teflonskim posudama (Felja i sur., 2016). Koncentracije žive (Hg) određene su atomskom apsorpcijskom spektroskopijom, uz $SrCl_2$ kao redukcijsko sredstvo, na živinom analizatoru PerkinElmer FIMS 400 s AS-91 autosamplerom (HRN ISO 16772:2009). Za pripravu kalibracijskih otopina korišten je certificirani živin standard koncentracije 10 ppm, PerkinElmer Pure Plus. Navedene analize i pripreme uzoraka izvedene su u Analitičkom laboratoriju Zavoda za melioracije Agronomskog fakulteta, Sveučilišta u Zagrebu. Za osiguranje kontrole kvalitete korišteni su referentni materijal sličnog matriksa iz WEPAL-ISE programa međunarodne interkalibracije za analize tla i sedimenta, te certificirani referentni materijal STSD-3 iz programa CCRMP (Canadian Certified Reference Material Project).

Optička emisijska spektroskopija s induktivno spregnutom plazmom (ICP-OES) je metoda pomoću koje se određuju koncentracije metala u različitim uzorcima sedimenta. Ona se temelji na promjeni energetskog stanja atoma prilikom čega dolazi do atomske emisije u obliku UV i vidljivog zračenja. Uzorak se umeće u instrument u tekućem stanju, te se unutar instrumenta pretvara u maglicu putem procesa raspršenja, koja se zatim dovodi do plazme gdje isparava, biva atomiziran i ioniziran te pobuđen od strane plazme. Pobuđeni atomi prelaze u više energetsko stanje, odnosno dolazi do prijelaza njihovih vanjskih elektrona u orbitale više energije. U takvom stanju atom je nestabilan te kako bi postigao ponovnu stabilnost on se vraća u svoje prvobitno energetsko stanje pri čemu emitira višak energije u obliku karakterističnog zračenja koje se u instrumentu bilježi i razvrstava prema valnim duljinama zračenja. Otkrivena radijacija pretvara se u elektronske signale koji se pretvaraju u informacije o koncentraciji (Ghosh i sur., 2013). Plamena atomska emisijska spektroskopija temelji se na istim principima kao i ICP-OES, a sredstvo

pobude je plamen. Nadalje, atomska apsorpcijska spektroskopija temelji se na količini svjetla koju atom apsorbira. U ovoj metodi sredstvo pobude je svijetlo koje uzorak djelomično apsorbira, a djelomično propušta. Atom, koji je u nižem energetskom stanju, apsorpcijom fotona svjetlosti prelazi u više energetsko stanje. Intenzitet svjetla koje napušta uzorak u odnosu na količinu ulaznog svjetla je smanjen za onoliko koliko je uzorak apsorbirao (Rouessac i Rouessac, 2007).

5. REZULTATI

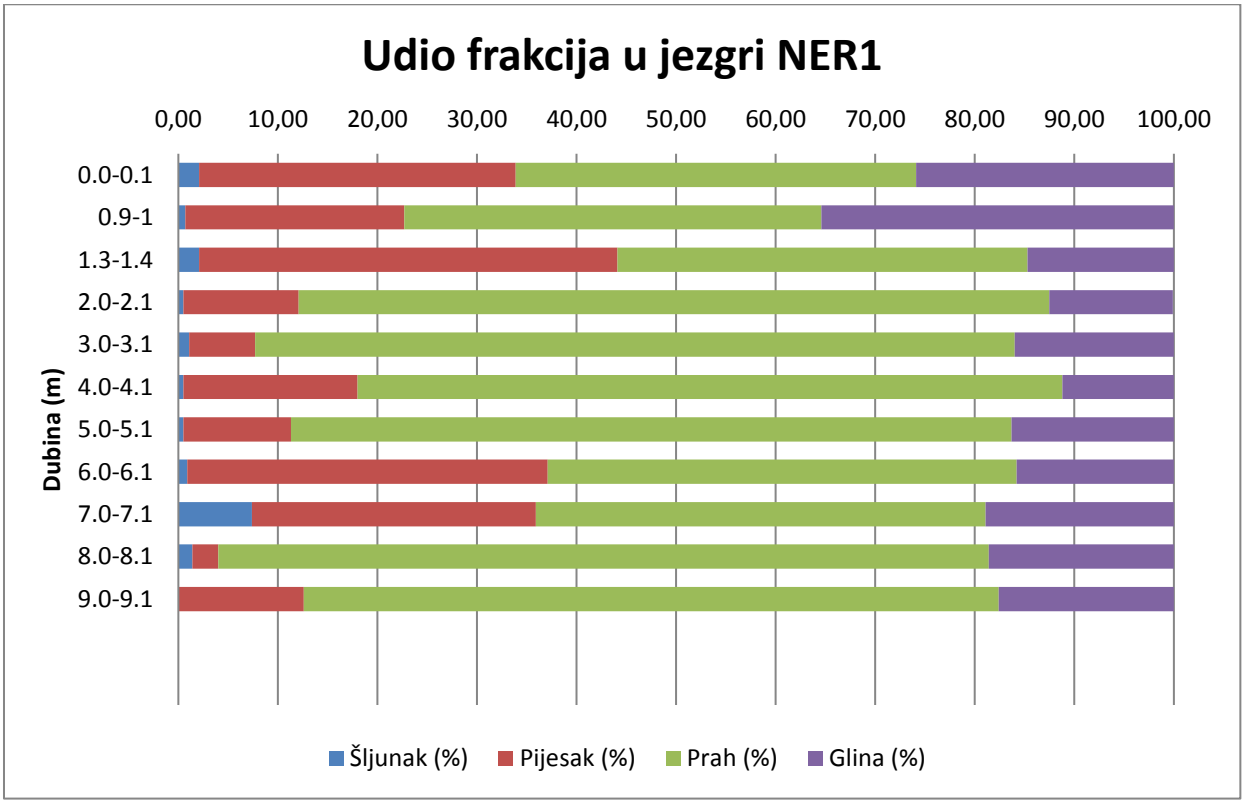
5.1. REZULTATI GRANULOMETRIJSKE ANALIZE

5.1.1. Jezgra NER1

Granulometrijska analiza provedena je na ukupno 11 uzoraka jezgre NER1, u rasponu dubina od 0 m do 9,10 m. Rezultati analiza (Tablica 1; Slika 11) pokazuju da u analiziranom sedimentu prevladava frakcija praha u odnosu na druge frakcije, dok je frakcija šljunka izrazito malo zastupljena ili u potpunosti izostaje. Frakcija pijeska u uzorku s dubine od 1,30 m do 1,40 m malo je zastupljenija od frakcije praha, dok u svim drugim uzorcima udio praha prevladava nad udjelom pijeska. Udio glinovite frakcije varira od 11,2 % do 25,9 %. Zastupljenost i distribucija frakcije šljunka, pijeska, praha, mulja i gline u uzorcima sedimenta jezgre NER1 prikazana je trokomponentnim dijagramima (Folk, 1954) (DODATAK 1). Na trokomponentnom dijagramu zastupljenosti i distribucije šljunka, pijeska i mulja vidljivo je da većina uzoraka sedimenta jezgre NER1 pripada skupini pjeskovitog mulja, zatim dva uzorka pripadaju skupini malo šljunkovito pjeskovitog mulja, dva skupini malo šljunkovitog mulja, dok samo jedan uzorak, onaj s dubine od 7,0 do 7,10 m, ulazi u skupinu šljunkovitog mulja. Trokomponentni dijagram zastupljenosti i distribucije pijeska, praha i gline prikazuje da uzorci pripadaju skupini pjeskovitog praha, praha i pjeskovitog mulja.

Tablica 1. Udio zastupljenosti frakcije šljunka, pijeska, praha i gline u sedimentu jezgre NER1 s obzirom na dubinu.

Dubina(m)	Šljunak (%)	Pijesak (%)	Prah (%)	Glina (%)
0.0-0.1	2,10	31,80	40,20	25,90
0.9-1,0	0,70	22,00	41,90	35,40
1.3-1.4	2,10	42,00	41,20	14,70
2.0-2.1	0,50	11,60	75,40	12,40
3.0-3.1	1,10	6,60	76,30	16,00
4.0-4.1	0,50	17,50	70,80	11,20
5.0-5.1	0,50	10,80	72,40	16,30
6.0-6.1	0,90	36,20	47,10	15,80
7.0-7.1	7,40	28,50	45,20	18,90
8.0-8.1	1,40	2,60	77,40	18,60
9.0-9.1	0,00	12,60	69,80	17,60



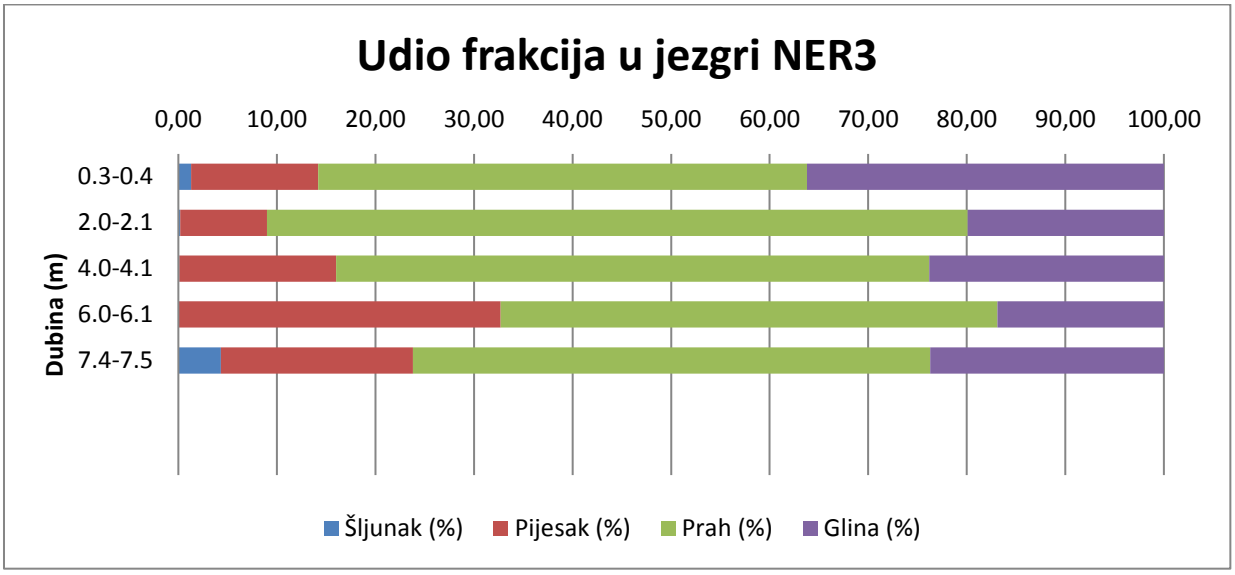
Slika 11. Zastupljenost frakcija šljunka, pijeska, praha i gline kroz uzorke sedimenta jezgre NER1 iz delte rijeke Neretve.

5.1.2. Jezgra NER3

Granulometrijska analiza provedena je na ukupno 5 uzoraka jezgre NER3, u rasponu dubina od 0,3 m do 7,50 m. Rezultati analiza (Tablica 2; Slika 12) pokazuju da u analiziranom sedimentu, kao i u sedimentu jezgre NER1, prevladava frakcija praha u odnosu na druge frakcije, te je njena zastupljenost u svim analiziranim uzorcima iznad 50 %, osim u uzorku s dubina od 0,30 m do 0,40 m (49,6 %). Frakcija šljunka je jako malo zastupljena u uzorcima s dubina od 0,30 m do 0,40 m i od 7,40 m do 7,50 m (1,3 – 4,3 %), dok je u preostala tri uzorka ona manja od 1 %. Frakcija gline je značajno zastupljena u uzorcima jezgre NER3, te se ona kreće od 16,9 % do 36,2 %. Trokomponentni dijagram zastupljenosti i distribucije šljunka, pijeska i mulja prikazuje da uzorci sedimenta jezgre NER3 pripadaju grupi pjeskovitog mulja i malo šljunkovitog pjeskovitog mulja (Folk,1954) (DODATAK 1). Na trokomponentnom dijagramu zastupljenosti i distribucije pijeska, praha i gline vidljivo je da uzorci pripadaju grupi pjeskovitog praha, praha i pjeskovitog mulja (Folk,1954) (DODATAK 1).

Tablica 2. Udio zastupljenosti frakcije šljunka, pijeska, praha i gline u sedimentu jezgre NER3 s obzirom na dubinu.

Dubina(m)	Šljunak (%)	Pijesak (%)	Prah (%)	Glina (%)
0.3-0.4	1,30	12,90	49,60	36,20
2.0-2.1	0,20	8,80	71,10	19,90
4.0-4.1	0,10	15,90	60,20	23,80
6.0-6.1	0,00	32,70	50,40	16,90
7.4-7.5	4,30	19,50	52,50	23,70



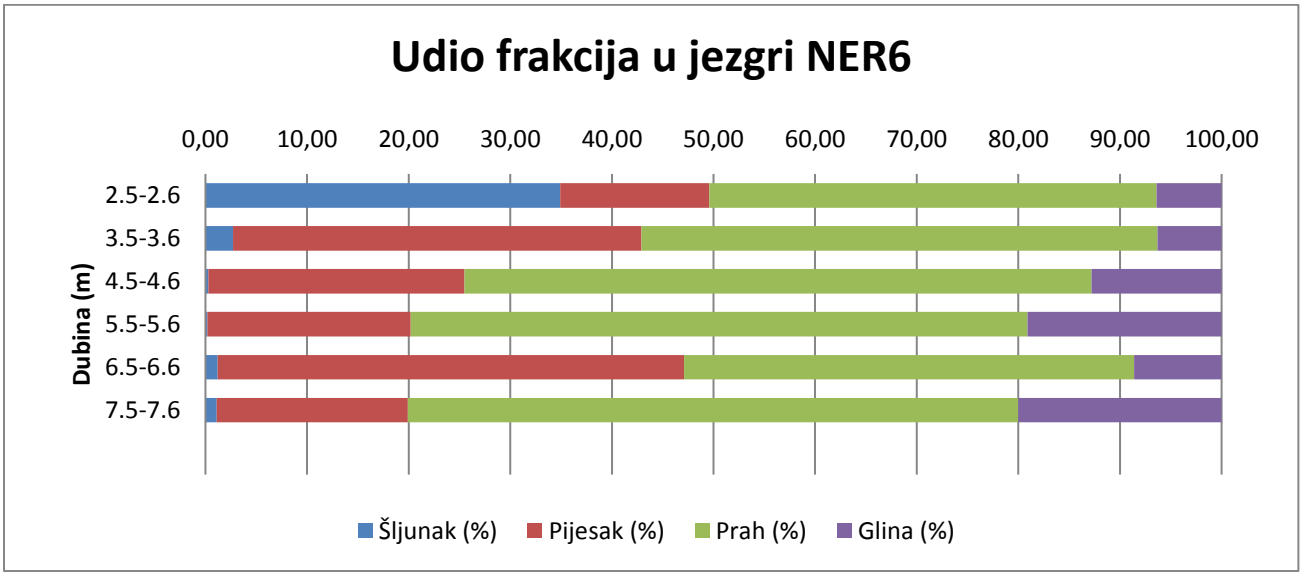
Slika 12. Zastupljenost frakcija šljunka, pijeska, praha i gline kroz uzorke sedimenta jezgre NER3 iz delte rijeke Neretve.

5.1.3. Jezgra NER6

Granulometrijska analiza provedena je na ukupno 6 uzoraka jezgre NER6, u rasponu dubina od 2,50 m do 7,60 m. Rezultati analiza (Tablica 3; Slika 13) pokazuju da u analiziranom sedimentu prevladava frakcija praha u odnosu na druge frakcije, slično kao i u uzorcima sedimenta jezgara NER1 i NER3. Iznimku predstavlja uzorak sedimenta s dubine od 6,50 m do 6,60 m gdje je udio frakcije pijeska nešto veći od udjela frakcije praha. Udio frakcija šljunka u uzorku s dubine od 2,50 m do 2,60 m iznosi 34,90 %, što je veoma visoko u odnosu na ostale uzorke gdje je on izrazito nizak ili u potpunosti izostaje. Udio frakcije gline u uzorcima kreće se u rasponu od 6,3 % do 20 %. Prema Folk (1954) gotovo svi uzorci sedimenta jezgre NER6 pripadaju skupini pjeskovitog mulja, što je prikazano na trokomponentnom dijagramu zastupljenosti i distribucije šljunka, pijeska i mulja (DODATAK 1). Uzorak s dubine od 3,50 do 3,60 m pripada skupini malo šljunkovito pjeskovitog mulja, dok uzorak s dubine od 2,50 do 2,60 m pripada skupini muljevitog šljunka. Trokomponentni dijagram zastupljenosti i distribucije pijeska, praha i gline prikazuje da svi uzorci pripadaju skupini pjeskovitog praha (Folk, 1954) (DODATAK 1).

Tablica 3. Udio zastupljenosti frakcije šljunka, pijeska, praha i gline u sedimentu jezgre NER6 s obzirom na dubinu.

Dubina (m)	Šljunak (%)	Pijesak (%)	Prah (%)	Glina (%)
2.5-2.6	34,90	14,70	44,00	6,40
3.5-3.6	2,70	40,20	50,80	6,30
4.5-4.6	0,30	25,20	61,70	12,80
5.5-5.6	0,20	20,00	60,70	19,10
6.5-6.6	1,20	45,90	44,30	8,60
7.5-7.6	1,10	18,80	60,10	20,00



Slika 13. Zastupljenost frakcija šljunka, pijeska, praha i gline kroz uzorke sedimenta jezgre NER6 iz delte rijeke Neretve.

5.2. REZULTATI KALCIMETRIJE

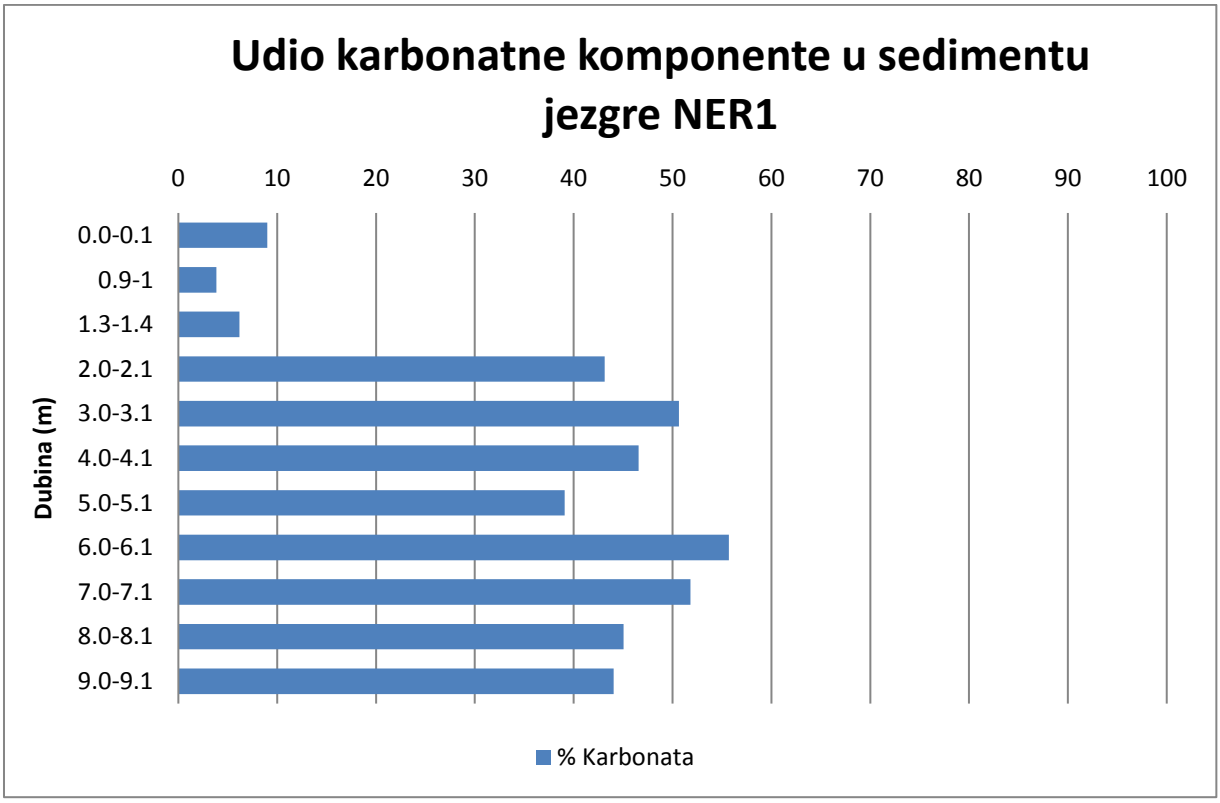
5.2.1. Jezgra NER1

Određivanje udjela karbonatne komponente uzoraka jezgre NER1 izvršeno na 11 uzoraka sedimenta u rasponu dubina od 0 m do 9,1 m. Najviši udio karbonata zabilježen je na dubini jezgre od 6,0 m do 6,1 m i iznosi 55,7 %, dok je najniži zabilježen na dubini od 0,9 m do 1 m (3,84 %). Rezultati analiza udjela karbonata s rasponom dubina prikazani su u Tablici 4.

Tablica 4. Udio karbonatne komponente u 11 uzoraka sedimenta jezgre NER1 s rasponom dubina od 0 m do 9,10 m.

OZNAKA	DUBINA (m)	CaCO3 (%)
NER1.1	0,0 - 0,1	9,0
NER1.2	0,9 – 1,0	3,8
NER1.3	1,3 - 1,4	6,2
NER1.4	2,0 - 2,1	43,1
NER1.5	3,0 - 3,1	50,6
NER1.6	4,0 - 4,1	46,6
NER1.7	5,0 - 5,1	39,1
NER1.8	6,0 - 6,1	55,7
NER1.9	7,0 - 7,1	51,8
NER1.10	8,0 - 8,1	45,0
NER1.11	9,0 - 9,1	44,0

Prikaz rezultata analiza (Slika 14) ukazuju na relativno nizak udio karbonata u vršnim dijelovima u odnosu na dublje dijelove analizirane jezgre. Udio karbonata analiziranih uzoraka sedimenta na dubini od 0 m do 1,4 m kreće se u rasponu od 3,8 % do 9,0 % s time da se najviši iznos odnosi na površinski dio. Kod uzorka s dubine od 2,0 m vidljiv je nagli porast udjela karbonata (43,1 %) koji se nastavlja do dubine od 3,1 m, gdje on iznosi 50,6 %, nakon čega u idućih 2 m slijedi pad na 39,1 %. Na dubini od 6 m do 6,1 m zabilježeno je 55,7 % udjela karbonata, te slijedi njegov ponovni pad.



Slika 14. Udio karbonatne komponente u 11 analiziranih uzoraka sedimenta jezgre NER1 iz deltne ravnice rijeke Neretve.

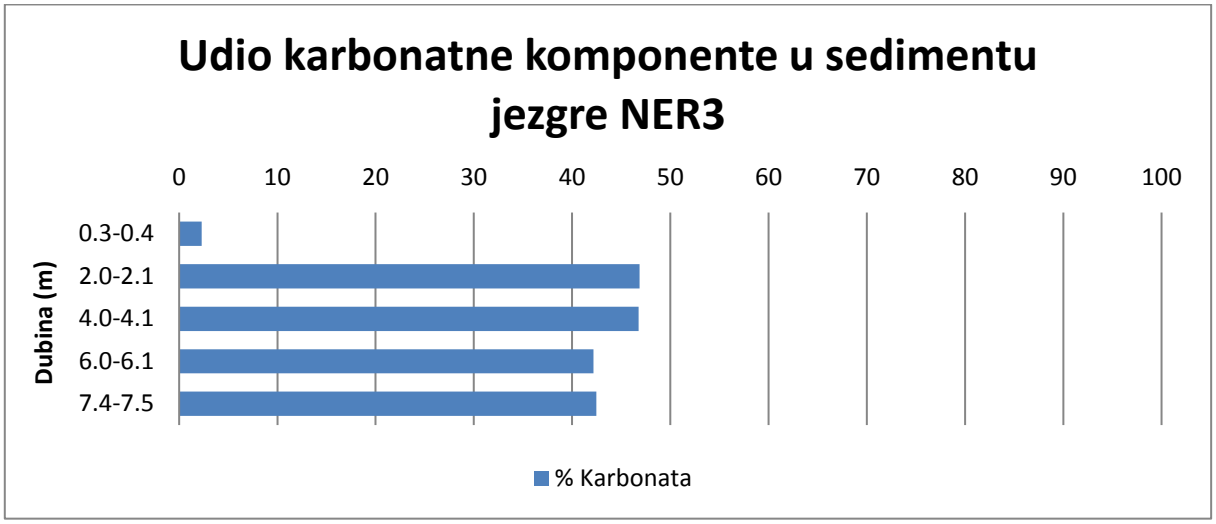
5.2.2. Jezgra NER3

Određivanje udjela karbonatne komponente uzoraka jezgre NER3 izvršena je na 5 uzoraka sedimenta u rasponu dubina od 0,3 m do 7,5 m. Najviši udio karbonata zabilježen je na dubini jezgre od 2,0 m do 2,1 m i iznosi 46,9 %, dok je najniži zabilježen na dubini od 0,3 m do 0,4 m (2,3 %). Tablica 5. prikazuje rezultate analiza udjela karbonata s rasponom dubina.

Tablica 5. Udio karbonatne komponente u 5 uzoraka sedimenta jezgre NER3 s rasponom dubina od 0,3 m do 7,50 m.

OZNAKA	DUBINA (m)	CaCO3 (%)
NER3.1	0,3 - 0,4	2,3
NER3.2	2,0 - 2,1	46,9
NER3.3	4,0 - 4,1	46,8
NER3.4	6,0 - 6,1	42,2
NER3.5	7,4 - 7,5	42,5

Rezultati analiza (Slika 15) pokazuju nizak udio karbonata (2,3 %) u uzorku uzetom na dubini od 0,3 m do 0,4 m. Uzorak s dubine od 2,0 m do 2,1 m bilježi nagli porast udjela karbonata na 46,9 %, te je on u iduća 2 m gotovo jednak. U uzorcima ispod dubine od 4,1 m zabilježen je mali pad udjela karbonata s 46,8 % na 42,2 %, te ostaje približno konstantan do dubine od 7,5 m.



Slika 15. Udio karbonatne komponente u 5 analiziranih uzoraka sedimenta jezgre NER3 iz deltne ravnice rijeke Neretve.

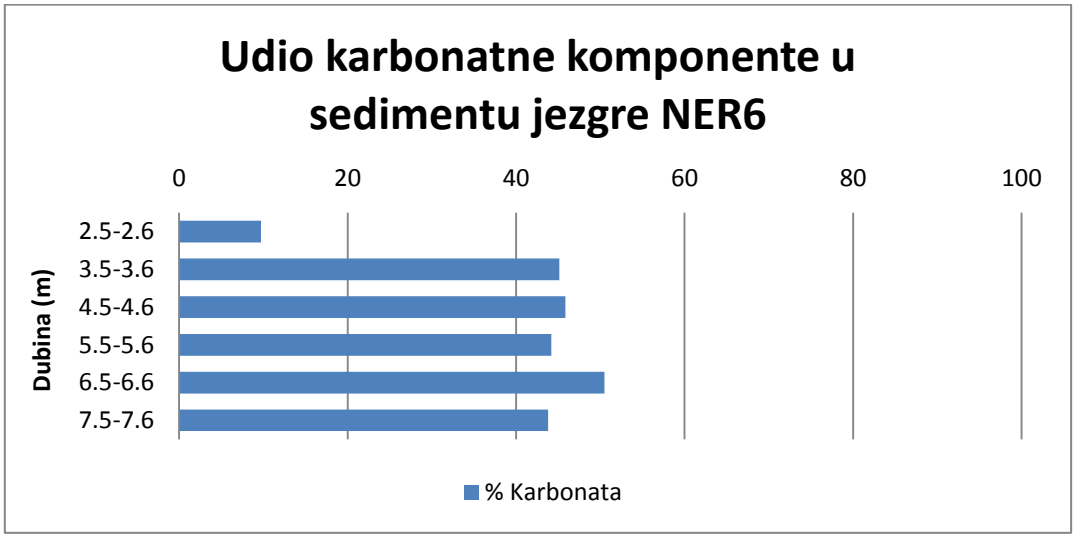
5.2.3. Jezgra NER6

Udio karbonatne komponente uzoraka jezgre NER6 određen je na 6 uzoraka sedimenta u rasponu dubina od 2,5 m do 7,6 m. Najviša vrijednost udjela karbonata, koja iznosi 50,5 %, izmjerena je u uzorku sedimenta s dubine od 6,5 m do 6,6 m. Najniža vrijednost udjela karbonata zabilježena je na dubini jezgre od 2,5 m do 2,6 m (9,7 %). Rezultati analiza udjela karbonata s rasponom dubina prikazani su u Tablici 6.

Tablica 6. Udio karbonatne komponente u 6 uzoraka sedimenta jezgre NER6 s rasponom dubina od 2,50 m do 7,60 m.

OZNAKA	DUBINA (m)	CaCO3 (%)
NER6.1	2,5 - 2,6	9,7
NER6.2	3,5 - 3,6	45,1
NER6.3	4,5 - 4,6	45,9
NER6.4	5,5 - 5,6	44,2
NER6.5	6,5 - 6,6	50,5
NER6.6	7,5 - 7,6	43,8

Prikaz rezultata analiza (Slika 16) ukazuju na porast udjela karbonata s 9,7 % na 45,1 % na dubini jezgre od 3,5 m do 3,6 m. Udio karbonata uzoraka izvađenih na dubinama od 3,5 m do 5,6 m se znatno ne razlikuje, dok je na dubini od 6,50 m do 6,6 m zabilježen mali porast. Kod uzoraka s dubine od 7,5 m do 7,6 m vidljiv je pad udjela karbonata s 50,5 % na 43,8 %.



Slika 16. Udio karbonatne komponente u 6 analiziranih uzoraka sedimenta jezgre NER6 iz deltne ravnice rijeke Neretve.

5.3. REZULTATI GEOKEMIJSKE ANALIZE

5.3.1. Jezgra NER1

Vertikalna distribucija glavnih elemenata u jezgri NER1 prikazana je u Tablici 7. Najviša koncentracija aluminija (Al) od 4,04 % zabilježena je na dubini od 1,3 do 1,4 m, dok je najniža koncentracija (1,36 %) izmjerena na dubini od 3 do 3,1 m. Nadalje, najviša koncentracija kalcija (Ca) zabilježena je na dubini od 6 do 6,1 m (17,7 %), a najniže na dubini od 0,9 do 1 m (0,8 %). Koncentracije željeza (Fe) kreću se u rasponu od 1,3 do 3,66 % s maksimumom na dubini od 1,3 do 1,4 m i minimumom na dubini od 0,9 do 1 m. Koncentracije magnezija (Mg) variraju između 0,58 i 4,61 % s maksimumom na dubini od 2 do 2,1 m te minimumom na dubini od 0,9 do 1 m. Maksimalna koncentracija sumpora (S) u iznosu od 1,93 % izmjerena je na dubini od 1,3 do 1,4 m, dok je minimalna vrijednost zabilježena na dubini do 0,1 m u iznosu od 0,49 g/kg. Koncentracije kalija (K) kreću se u rasponu od 0,074 do 1,04 % s najvišom koncentracijom na dubini od 1,3 do 1,4 m i najnižom na dubini do 0,1 m. Maksimalna koncentracija fosfora (P) u iznosu od 0,048 % izmjerena je na dubini do 0,1 m, dok je minimalna koncentracija u iznosu od 0,024 % zabilježena na dubini od 6 do 6,1 m.

Tablica 7. Raspodjela koncentracija glavnih elemenata jezgre NER1 s rasponom dubina.

Dubina (m)	Al (%)	Ca (%)	Fe (%)	Mg (%)	S (%)	K (%)	P (%)
0,0-0,1	3,64	3,4	3,03	1,17	0,49	0,074	0,048
0,9-1,0	2,13	0,8	1,3	0,58	1,04	0,517	0,029
1,3-1,4	4,04	1,2	3,66	1,37	1,93	1,04	0,039
2,0-2,1	2,7	11,4	1,65	4,61	0,87	0,693	0,047
3,0-3,1	1,36	17,2	1,71	2,33	1,08	0,39	0,026
4,0-4,1	1,54	15,1	1,75	2,76	1,19	0,389	0,025
5,0-5,1	1,9	11,9	2,35	2,04	1,37	0,489	0,029
6,0-6,1	1,64	17,7	1,45	2,76	0,89	0,454	0,024
7,0-7,1	2,15	15,9	1,98	2,3	1,33	0,471	0,026
8,0-8,1	1,68	14,4	1,97	2,21	1,25	0,435	0,028
9,0-9,1	1,91	14,7	1,95	2,7	1,31	0,563	0,026

Tablica 8. prikazuje vertikalnu raspodjelu elemenata u tragovima u jezgri NER1. Maksimalne koncentracije kobalta (Co), nikala (Ni) i cinka (Zn) zabilježene su na dubini od 1,3 do 1,4 m u iznosu od 17,2 mg/kg, 79,2 mg/kg i 98,1 mg/kg, dok su njihove minimalne vrijednosti izmjerene na dubini od 6 do 6,1 m u iznosima 4,75 mg/kg, 23,3 mg/kg i 36,6 mg/kg. Krom (Cr) također pokazuje najveću koncentraciju (69 mg/kg) na dubini jezgre od 1,3 do 1,4 m, dok je njegova najniža koncentracija (26,3 mg/kg) zabilježene na dubinama od 6 do 6,1 m i od 3 do 3,1 m. Nadalje, koncentracije bakra (Cu) i litija (Li) kreću se u rasponima od 9,13 do 37,2 mg/kg i od 21,8 do 71,4 mg/kg s najvišom vrijednosti na dubini od 1,3 do 1,4 m i najnižom na dubini od 4 do 4,1 m. Koncentracije žive (Hg) variraju u rasponu od 0,051 do 0,184 mg/kg, pri čemu je maksimalna vrijednost zabilježena na dubini od 5 do 5,1 m, a minimalna na dubini od 6 do 6,1 m. Olovo (Pb) i kadmij (Cd) pokazuju najvišu koncentraciju na dubini od 2 do 2,1 m (27 mg/kg i 1,05 mg/kg), dok je najniža koncentracija olova zabilježena na dubini od 4 do 4,1 m (8,74 mg/kg), a kadmija na dubini od 6,0 do 6,1 m (0,24 mg/kg). Suprotno tome, maksimalna koncentracija stroncija (Sr) izmjerena je na dubini od 7 do 7,1 m (216 mg/kg), dok je ona minimalna zabilježena na dubini od 1,3 do 1,4 m (57,5 mg/kg). Koncentracije titana (Ti) i vanadija (V) kreću se u rasponu od 132 do 255 mg/kg i od 28,7 do 67,1 mg/kg s najvišom vrijednosti na dubini od 0,1 m za titan i od 1,3 do 1,4 m za vanadij, te najnižom na dubini od 3 do 3,1 m.

Tablica 8. Raspodjela koncentracija nekih od elemenata u tragovima jezgre NER1 s rasponom dubina.

Dubina (m)	Cd (mg/kg)	Co (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Hg (mg/kg)	Li (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Sr (mg/kg)	Ti (mg/kg)	V (mg/kg)	Zn (mg/kg)
0,0-0,1	0,76	11,6	60,7	33,4	0,155	62,3	60,2	19,4	49,9	255	66,5	79,3
0,9-1,0	0,41	5,1	35,4	18,4	0,105	35,5	34,4	12,3	62,4	208	44	41,4
1,3-1,4	0,97	17,2	69	37,2	0,13	71,4	79,2	19,8	57,5	244	67,1	98,1
2,0-2,1	1,05	8,1	36,3	24,1	0,067	33,9	36	27	70	239	43,3	84,3
3,0-3,1	0,48	5,7	26,3	14,1	0,077	23,1	28,1	12,3	194	132	28,7	40
4,0-4,1	0,32	4,8	26,6	9,1	0,056	21,8	24,2	8,74	127	202	34,6	37,9
5,0-5,1	0,41	7,7	28,4	19,5	0,184	36,5	30,7	14,2	109	138	31,5	55,3
6,0-6,1	0,24	4,8	26,3	10,9	0,051	24,7	23,3	8,75	151	183	31,3	36,6
7,0-7,1	0,37	6,1	34,3	12,8	0,066	39,4	31,9	11,3	216	250	44,7	44,6
8,0-8,1	0,49	6,7	26,4	15	0,122	29,6	26,4	13,7	124	157	31	47,4
9,0-9,1	0,62	6,9	31,6	16,4	0,108	32,7	31,8	11,9	124	193	35,3	48,8

5.3.2. Jezgra NER3

Tablica 9. prikazuje distribuciju glavnih elemenata u sedimentu jezgre NER3. Aluminij (Al) pokazuje najveću koncentraciju (3,98 %) na dubini od 0,3 do 0,4 m, dok je njegova najniža koncentracija (1,41 %) izmjerena na dubini jezgre od 6 do 6,1 m. Maksimalna koncentracija kalcija (Ca) od 15,6 % zabilježena je na dubini od 2 do 2,1 m, a minimalna na dubini od 0,3 do 0,4 m (0,348 %). Nadalje, koncentracije željeza (Fe) kreću se u rasponu od 1,73 do 3,12 % s najvišom vrijednosti na dubini od 0,3 do 0,4 m i najnižom na dubini od 6 do 6,1 m. Koncentracije magnezija (Mg) variraju između 0,87 i 2,92 % s maksimalnom koncentracijom na dubini od 6 do 6,1 m te minimalnom na dubini od 0,3 do 0,4 m. Maksimalna koncentracija sumpora (S) od 1,15 % zabilježena je na dubini od 0,3 do 0,4 m, dok je minimalna koncentracija od 0,5 % izmjerena na dubini od 6 do 6,1 m. Koncentracije kalija (K) pokazuju najvišu vrijednost na dubini od 0,3 do 0,4 m (0,822 %), dok je njegova najniža koncentracija zabilježena na dubini jezgre od 7,4 do 7,5 m (0,397 %). Maksimalna koncentracija fosfora (P) od 0,031 % izmjerena je na dubini od 4 do 4,1 m, a minimalna na dubini od 6 do 6,1 m (0,028 %).

Tablica 9. Raspodjela koncentracija glavnih elemenata jezgre NER3 s rasponom dubina.

Dubina (m)	Al (%)	Ca (%)	Fe (%)	Mg (%)	S (%)	K (%)	P (%)
0,3-0,4	3,98	0,348	3,12	0,87	1,15	0,822	0,03
2,0-2,1	1,59	15,6	1,79	2,56	0,811	0,428	0,029
4,0-4,1	2,0	14,8	1,96	2,69	0,651	0,544	0,031
6,0-6,1	1,41	15,2	1,73	2,92	0,5	0,405	0,028
7,4-7,5	1,49	14,3	1,88	2,9	0,544	0,397	0,031

Vertikalna distribucija koncentracije elemenata u tragovima prikazana je u Tablici 10. Koncentracija kobalta (Cd) je na dubini jezgre od 2 do 7,5 m konstantna i iznosi 0,1 mg/kg, te je na dubini od 0,3 do 0,4 m zabilježen porast na 0,22 mg/kg. Najviše koncentracije kobalta (Co), kroma (Cr), bakra (Cu), žive (Hg), nikla (Ni) i cinka (Zn) izmjerene su na dubini od 0,3 do 0,4 m u iznosu od 9,41 mg/kg, 58,3 mg/kg, 28,2 mg/kg, 0,125 mg/kg, 48,5 mg/kg i 79,5 mg/kg, a najniže na dubini od 6 do 6,1 m redom u iznosima od 5,01 mg/kg, 19,6 mg/kg, 10,4 mg/kg, 0,047 mg/kg, 19,1 mg/kg i 42 mg/kg. Nadalje, koncentracija olova kreće se od 9,91 do 26,2 s maksimalnom vrijednosti na dubini jezgre od 0,3 do 0,4 m i minimalnom na dubini od 2 do 2,1 m. Koncentracije litija (Li) variraju između 30,1 i 75,5 mg/kg s najvišom vrijednosti zabilježenom na dubini od 0,3 do 0,4 m i minimalnom na dubini od 6 do 6,1 m. Stroncij (Sr) pokazuje najvišu koncentraciju na dubini od 2 do 2,1 m (133 mg/kg) i najnižu na dubini od 0,3 do 0,4 m (37,2 mg/kg). Maksimalne koncentracije titana (Ti) i vanadija (V) zabilježene su u vršnom dijelu jezgre, na dubini od 0,3 do 0,4 m u iznosu od 253 mg/kg i 60,9 mg/kg, dok su njihove minimalne koncentracije izmjerene na dubini od 6 do 6,1 m u iznosu od 131 mg/kg i 26,9 mg/kg.

Tablica 10. Raspodjela koncentracija nekih od elemenata u tragovima jezgre NER3 s rasponom dubina.

Dubina (m)	Cd (mg/kg)	Co (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Hg (mg/kg)	Li (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Sr (mg/kg)	Ti (mg/kg)	V (mg/kg)	Zn (mg/kg)
0,3-0,4	0,22	9,41	58,3	28,2	0,125	75,5	48,5	26,2	37,2	253	60,9	79,5
2,0-2,1	0,1	6,07	25,9	12,2	0,064	33,9	25,3	9,91	133	154	30,5	46,9
4,0-4,1	0,1	6,6	31,8	16,4	0,061	34,6	31,9	12	116	187	36,1	50,9
6,0-6,1	0,1	5,01	19,6	10,4	0,047	30,1	19,1	11,9	116	131	26,9	42
7,4-7,5	0,1	6,41	23,1	13,6	0,049	30,4	25,7	14,2	130	134	28,5	46,5

5.3.3. Jezgra NER6

Vertikalna distribucija glavnih elemenata u sedimentu jezgre NER6 prikazana je u Tablici 11. Najviša koncentracija aluminija (Al) od 5,13 % zabilježena je na dubini od 2,5 do 2,6 m, dok je njegova najniža koncentracija od 1,24 % izmjerena na dubini jezgre od 3,5 do 3,6 m. Nadalje, najviša koncentracija kalcija (Ca) izmjerena je na dubini od 3,5 do 3,6 m (17,1 %), a najniža na dubini od 2,5 do 2,6 m (2,9 %). Koncentracije željeza (Fe) kreću se u rasponu od 1,53 do 6,37 % s maksimalnom koncentracijom na dubini od 2,5 do 2,6 m i minimalnom na dubini od 3,5 do 3,6 m. Koncentracije magnezija (Mg) variraju između 0,77 i 2,39 % s najvišom vrijednosti na dubini od 5,5 do 5,6 m te najnižom na dubini od 2,5 do 2,6 m. Maksimalna koncentracija sumpora (S) od 2,0 % zabilježena je na dubini od 4,5 do 4,6 m, dok je minimalna koncentracija zabilježena na dubini od 2,5 do 2,6 m (0,294 %). Koncentracije kalija (K) i fosfora (P) kreću se od 0,331 do 0,712 % i od 0,026 do 0,072 % s najvišom vrijednosti na dubini od 2,5 do 2,6 m te najnižom na dubini jezgre od 3,5 do 3,6 m.

Tablica 11. Raspodjela koncentracija glavnih elemenata jezgre NER6 s rasponom dubina.

Dubina (m)	Al (%)	Ca (%)	Fe (%)	Mg (%)	S (%)	K (%)	P (%)
2,5-2,6	5,13	2,9	6,37	0,77	0,294	0,712	0,072
3,5-3,6	1,24	17,1	1,53	1,49	1,53	0,331	0,026
4,5-4,6	1,96	16,4	2,49	1,95	2,0	0,464	0,031
5,5-5,6	1,89	15,9	1,89	2,39	1,09	0,463	0,033
6,5-6,6	1,76	16,3	1,92	2,24	0,905	0,418	0,031
7,5-7,6	2,19	14,5	2,3	1,99	0,567	0,496	0,033

Tablica 12. prikazuje raspodjelu koncentracija elemenata u tragovima u sedimentu jezgre NER6. Kadmij (Cd) pokazuje najveću vrijednost koncentracije na dubini od 2,5 do 2,6 m (0,77 mg/kg), dok je njegova najniža koncentracija od 0,1 mg/kg izmjerena na dubini od 6,5 do 6,6 m. Maksimalne koncentracije kobalta (Co), kroma (Cr), bakra (Cu), nikla (Ni), olova (Pb) i cinka (Zn) zabilježene su na dubini od 2,5 do 2,6 m u iznosu od 17 mg/kg, 64,5 mg/kg, 23,7 mg/kg, 46,8 mg/kg, 26,6 mg/kg i 73 mg/kg, dok su njihove minimalne vrijednosti redom od 6,66 mg/kg, 23,2 mg/kg, 11,1 mg/kg, 20,1 mg/kg, 9,81 mg/kg i 33,2 mg/kg pronađene na dubini od 3,5 do 6,5 m. Koncentracija žive (Hg) variraju između 0,067 i 0,085 mg/kg s najvišom koncentracijom na dubini od 7,5 do 7,6 m i najnižim na dubini od 3,5 i 3,6 m. Koncentracije litija (Li) i titana (Ti) kreću se od 19,4 do 61,1 mg/kg i od 168 do 803 mg/kg s maksimalnom vrijednosti zabilježenom na dubini jezgre od 2,5 do 2,3 m, te minimalnom na dubini od 3,5 do 3,6 m. Suprotno tome, stroncij (Sr) pokazuje najvišu koncentraciju na dubini od 3,5 do 3,6 m (165 mg/kg) i najnižu na dubini od 2,5 do 2,6 m (63,9 mg/kg). Maksimalna koncentracija vanadija (V) od 106 mg/kg izmjerena je na dubini od 2,5 do 2,6 m, dok je minimalna koncentracija izmjerena na dubini od 6,5 do 6,6 m (35,4 mg/kg).

Tablica 12. Raspodjela koncentracija nekih od elemenata u tragovima jezgre NER6 s rasponom dubina.

Dubina (m)	Cd (mg/kg)	Co (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Hg (mg/kg)	Li (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Sr (mg/kg)	Ti (mg/kg)	V (mg/kg)	Zn (mg/kg)
2,5-2,6	0,77	17	64,5	23,7	0,079	61,1	46,8	26,6	63,9	803	106	73
3,5-3,6	0,38	6,66	23,2	11,1	0,067	19,4	20,1	9,81	165	168	37	33,2
4,5-4,6	0,3	7,99	32,1	13,7	0,069	31,1	28,9	11,8	155	218	44,3	47,9
5,5-5,6	0,35	7,43	30,7	13,9	0,069	31,1	30,1	13,1	160	185	38,6	48,8
6,5-6,6	0,1	7,3	30,6	14,4	0,078	33,3	29,2	10,9	156	168	35,4	46,1
7,5-7,6	0,22	8,01	33,6	17	0,085	43,9	31,2	14,7	134	220	40,7	56,1

6. RASPRAVA

Granulometrijski su analizirani uzorci sedimenta triju jezgara, te su rezultati pokazali da je u sedimentu najzastupljenija frakcija praha. Iznimku predstavlja sediment jezgre NER6 s dubine od 2,5 do 2,6 m, gdje je frakcija šljunka (34,90%) zastupljenija u odnosu na druge analizirane uzorke. U preostalim uzorcima zastupljenost frakcije šljunka je veoma niska ili izostaje. Prema Folk (1954) veći dio uzoraka sedimenta jezgre NER1, NER3 i NER6 pripadaju grupi pjeskovitog mulja, dok nešto manji broj pripada grupi malo šljunkovito pjeskovitog mulja i malo šljunkovitog mulja, što je prikazano na trokomponentnom dijagramu zastupljenosti i distribucije šljunka, pijeska i mulja (DODATAK 1). Na dijagramu je također vidljivo da jedan uzorak jezgre NER6 (dubina od 2,5 do 2,6 m) pripada grupi muljevitog šljunka. S obzirom da je veći postotak šljunka primijećen u gornjem dijelu jezgre pretpostavlja se da su ga nanijeli ljudi. Uzorak sedimenta jezgre NER1 s dubine od 7,0 do 7,10 m također predstavlja iznimku s obzirom da je jedini koji pripada grupi šljunkovitog mulja. Za razliku od spomenutog uzorka jezgre NER6, uzorak jezgre NER1 izvađen je na većoj dubini zbog čega se pretpostavlja da je šljunak biogenog podrijetla. Trokomponentni dijagram zastupljenosti i distribucije pijeska, praha i gline prikazuje da uzorci svih triju jezgara najvećim dijelom pripadaju grupi pjeskovitog praha, a manjim dijelom grupi praha i pjeskovitog mulja (Folk, 1954) (DODATAK 1). Velika zastupljenost frakcije praha i mala zastupljenost frakcije šljunka mogu upućivati na antropogeni utjecaj. Naime, izgradnja brana na rijeci Neretvi i njenim pritokama uzrokovala je zadržavanje krupnozrnatog sedimenta, odnosno omogućila prolaz samo sitnijim česticama (Vranješ i sur., 2007). Na taj način, moguć je utjecaj čovjeka na promjenu veličine materijala koji rijeka Neretva donosi do svoga ušća, te on može biti razlog taloženja većim dijelom sitnozrnatijeg sedimenta u delti. Također su analizirane koncentracije glavnih elemenata i elemenata u tragovima u tri sedimentne jezgre izvađene na području delte rijeke Neretve. Varijacije koncentracija elemenata u nižim slojevima jezgara su rezultat donosa materijala nastalog trošenjem različitih vrsta stijena, dok bi antropogeni utjecaj mogao biti prisutan samo u najplićim slojevima (Felja i sur., 2016). Glavni izvor većine elemenata u tragovima je materijal nastao trošenjem različitih magmatskih, metamorfnih i sedimentnih stijena kroz koje prolazi rijeka Neretva i njene pritoke (Dolenec i sur., 1998; Halamić i sur., 2012; Jurina i sur., 2015). Neki od važnih

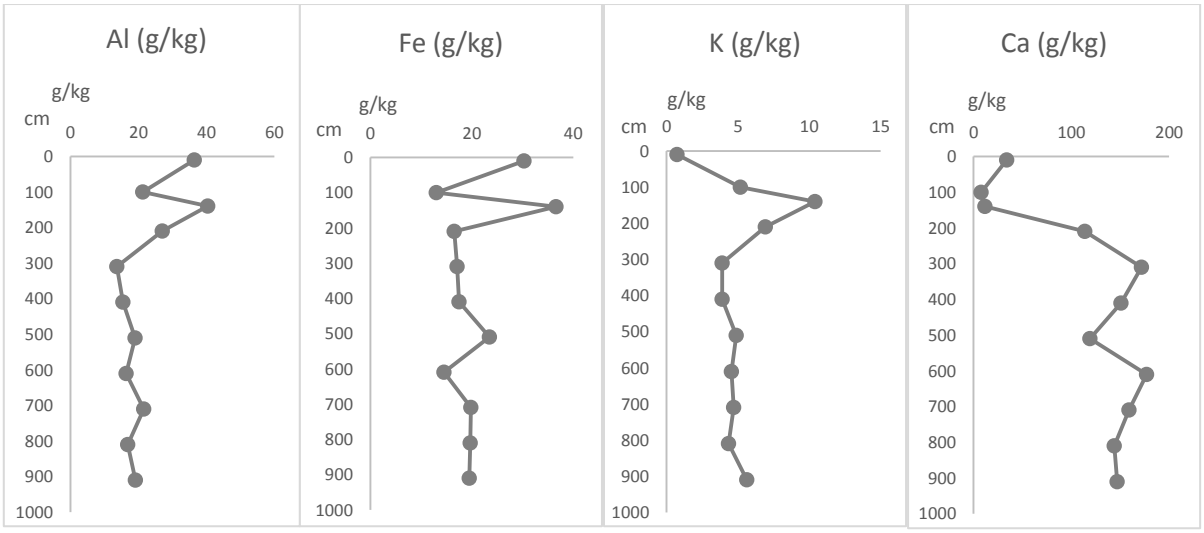
elemenata u određivanju antropogenog utjecaja (Co, Cr, Pb, Zn, Ni, Cu) analizirani su kako bi se moglo bolje razumjeti njihovo prirodno podrijetlo i distribucija. Distribucija većine analiziranih elemenata pokazuje slične trendove u sedimentu jezgara.

Slike 17-22 prikazuju vertikalnu distribuciju glavnih elemenata u sedimentu jezgre NER1, NER3 i NER6. Svi glavni elementi (Al, Ca, Fe, Mg, S, K, P) uglavnom prate sličan trend. U dijelovima jezgre NER1 plićim od oko 3,0 m određene su nešto više koncentracije Al, Fe, Mg, S, K i P u odnosu na koncentracije ispod te dubine, koje su većim dijelom konstantne. Tako Al, Fe i K bilježe maksimalne koncentracije na dubini od 1,0 do 2,0 m (Slika 17). U jezgri NER3 sličan trend je primijećen do dubine od oko 2,0 m (Slika 19), a u jezgri NER6 do dubine od 3,0 do 4,0 m (Slika 21). Povećane koncentracije ovih elemenata ukazuju na veće prisustvo alumosilikata i gline, s obzirom da oni ulaze u strukture alumosilikatnih minerala i posebno minerala glina (Dolenec i sur., 1998; Felja i sur., 2016). Na povezanost s glinom ukazuje i pozitivna korelacija između Al i K (r = 0,77) te Al i Fe (r = 0,93) (DODATAK 2), koja je slična onoj objavljenoj u Dolenec i sur. (1998) za centralni dio Jadrana (r = 0,96). Rasponi koncentracija Al zabilježeni u jezgri NER1 (1,36 – 4,04 %), NER3 (1,41 – 3,98 %) i NER6 (1,24 – 5,13 %) odgovaraju rasponu od 2,27 do 6,31 % izmjerenom u sedimentu Jadrana (Dolenec i sur., 1998), rasponu od 0,14 do 11,0 % izmjerenom u području kanala Mali Ston (Felja i sur., 2016) i rasponu od 4,69 do 5,14 % izmjerenim u području Palagruže (Ilijanić i sur., 2014). Prema tome, analizirane jezgre pokazuju prirodne koncentracije Al. Varijacije koncentracija Fe u jezgri ukazuju na izmjenu perioda u kojima je dominirala karbonatna komponenta (niže koncentracije Fe) i donos terigenog materijala (više koncentracije Fe), za koji se može pretpostaviti da potječe s područja kroz koja prolazi Neretva (BiH), gdje rijeka donosi čestice (koje sadrže različite elemente) u Jadransko more, koje potom morske struje dalje raznose (Felja i sur., 2016). Rasponi koncentracija Fe izmjereni u jezgri NER1 (1,3 – 3,66 %) i NER3 (1,73 – 3,12 %) nalaze se unutar raspona kojeg su Dolenec i sur. (1998) zabilježili u sedimentu Jadranskog mora (1,27 – 4,18 %) i onog izmjerenog u poljoprivrednom tlu u delti rijeke Neretve (0,96 – 3,52 %) (Romić i sur., 2012), dok onaj od 1,53 do 6,37 % izmjeren u jezgri NER6 odgovara rasponu koncentracija koje su objavili Halamić i sur. (2014) za sediment duž dinarskog obalnog područja (0,55 – 8,02 %). Koncentracija K u sedimentu Jadranskog mora varira između 0,74 i 2,01 % (Dolenec i sur., 1998), dok se u jezgri NER1 ona kreće između 0,07 i 1,04 %, u jezgri NER3 između 0,397 i 0,82 %, a u jezgri NER6 između 0,33 i 0,71 %. Kalij je osnovni element koji je potreban za

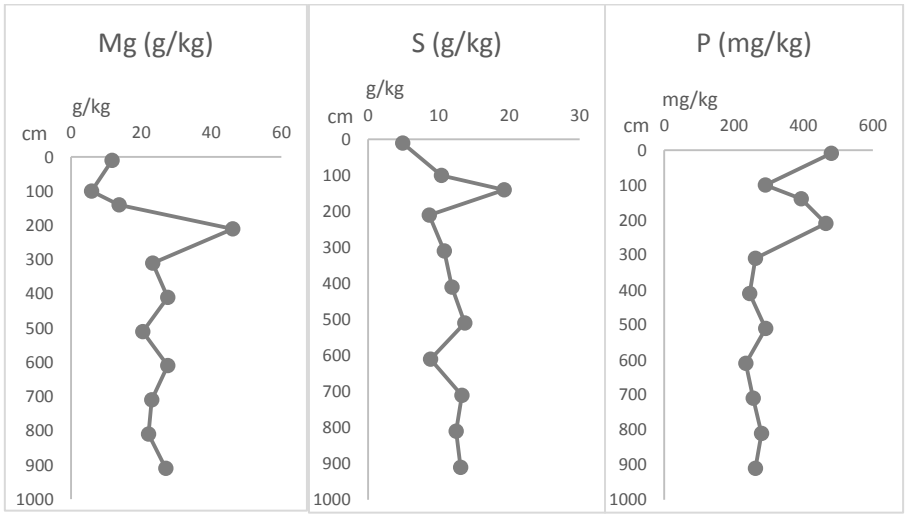
rast biljaka, s toga se on dodaje u obradive površine u obliku umjetnih gnojiva (Halamić i sur., 2012). S obzirom da koncentracije Fe i K izmjerene u analiziranim jezgrama ne prelaze raspone zabilježene u sedimentu Jadranskog mora (Dolenec i sur., 1998) pretpostavlja se da je njihovo podrijetlo prirodno, na što ukazuju i dijagrami normalizacije. Na dijagramu normalizacije Al i K vidljivo je da su njihove koncentracije proporcionalne (DODATAK 2), dok sedimenti koji sadrže veći udio karbonata sadrže niže koncentracije K (DODATAK 3). Povišene koncentracije P u sedimentu mogu biti rezultat korištenja umjetnih gnojiva, koja sadrže fosfor, u poljoprivredne svrhe. Najviša koncentracija P u sedimentu jezgre NER1 zabilježena je u vršnom dijelu jezgre i iznosi 0,048 % (Slika 18). U sedimentu jezgre NER3 zabilježene su povišene koncentracije P na dubinama od oko 4,0 i 7,5 m (Slika 20), dok su u dok su njegove koncentracije u plićim dijelovima jezgre NER6 nešto više u odnosu na koncentracije izmjerene u dijelovima jezgre dubljim od oko 4,5 m, koje su većim dijelom konstantne (Slika 22). Raspon koncentracija P izmjeren u jezgrama NER1 (0,024 – 0,048 %) i NER3 (0,028 – 0,031 %) odgovara onom zabilježenom u sedimentu centralnog Jadrana (0,03 – 0,06 %) (Dolenec i sur., 1998), dok je raspon koncentracija izmjeren u jezgri NER6 (0,026 – 0,072 %) malo veći. Rezultati upućuju na prirodne koncentracije P u sedimentu analiziranih jezgara s obzirom da ne odstupaju previše od koncentracija izmjerenih u Jadranskom moru (Dolenec i sur., 1998), te prate sličan trend koncentracije Al.

Suprotno tome, koncentracije Ca i Mg u jezgri NER1 bilježe niže vrijednosti na dubini od 1,0 do 2,0 m (Slike 17-18). Koncentracije Ca variraju, te osim pada u vršnom dijelu jezgre, zabilježen je pad na dubini od oko 5,0 m. Sličan trend prate koncentracije Ca i Mg u jezgrama NER3 i NER6. U uzorcima sedimenta jezgre NER3 plićim od oko 2,0 m izmjerene su nešto niže koncentracije Ca i Mg u odnosu na koncentracije ispod te dubine, koje su uglavnom konstantne (Slike 19-20). Isti trend prati koncentracija Ca u jezgri NER6 do dubine od oko 4,5 m (Slika 21), te koncentracija Mg do dubine od oko 6,5 m (Slika 22). Ca je sastavni dio kalcita i ukazuje na njegovo prisustvo, dok su povišene koncentracije Mg posljedica trošenja dolomita, ali mogu ukazivati i na prisustvo alumosilikata koji sadrže Mg, kao što je npr. montmorilonit (Dolenec i sur., 1998; Ilijanić i sur., 2014). Snažna negativna korelacija između Al i Ca ($r = -0,92$) (DODATAK 2) potvrđuje usku povezanost Ca s karbonatima, kao i dijagram korelacije $CaCO_3$ i Ca na kojem je vidljivo njihovo dobro poklapanje (DODATAK 3). Snažna pozitivna korelacija između Ca i Mg ($r = 0,81$) i negativna korelacija između Al i Mg ($r = -0,68$) (DODATAK 2) ukazuje na povezanost Ca i Mg, te potvrđuje povezanost

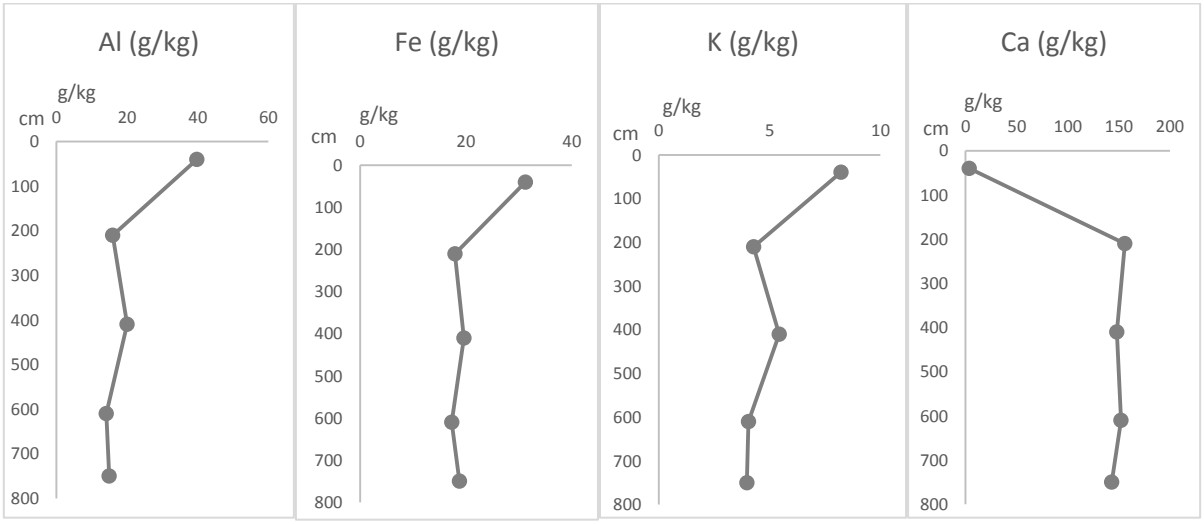
spomenutih elemenata s karbonatima. Rezultati kalcimetrije također ukazuju na značajno smanjenje udjela karbonata pliće od oko 2,0 m u sedimentu jezgre NER1 i NER3, te pliće od oko 3,5 m u sedimentu jezgre NER6. Prema Dolenec i sur. (1998) koncentracije Ca u sedimentu Jadrana variraju između 6,33 i 19,2 %, u području kanala Mali Ston između 0,34 i 31,6 % (Felja i sur., 2016), dok se u jezgri NER1 one kreću između 0,79 do 17,7%, u jezgri NER3 između 0,35 i 15,6%, a u jezgri NER6 između 2,9 i 16,4%. Prema Ilijanić i sur. (2014) najviše koncentracije Ca izmjerene su u jezgri izvađenoj na području Palagruže (13,68 – 16,81 %). Prema Halamić i sur. (2012) koncentracije Mg duž dinarskog obalnog područja kreću se u rasponu od 0,16 do 10,47 %, u sedimentu Jadrana od 0,91 do 3,58 % (Dolenec i sur., 1998), u tlu poljoprivrednog područja delte rijeke Neretve od 1,48 do 4,36 % (Romić i sur., 2012), dok se u jezgri NER1 kreću u rasponu od 0,58 do 4,61 %, u jezgri NER3 od 0,87 do 2,92 %, a u jezgri NER6 od 0,77 do 2,39 %. U svim analiziranim jezgrama, na istim dubinama na kojima dolazi do pada koncentracija Ca i Mg dolazi do porasta koncentracija Al i Fe. Izneseni podaci ukazuju na povećani donos alumosilikatnog terigenog materijala, vjerojatno nastao trošenjem bazičnih i ultrabazičnih magmatskih stijena, ali i sedimentnih stijena (Dolenec i sur., 1998).



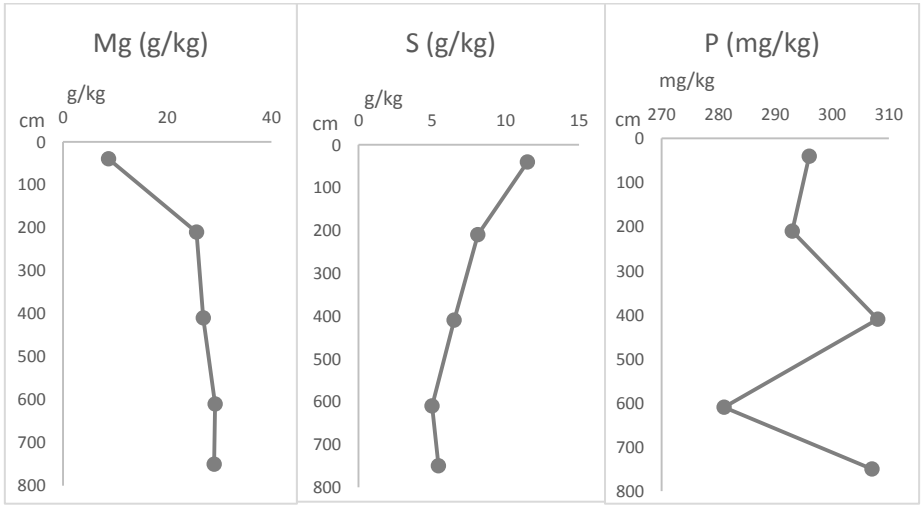
Slika 17. Vertikalna distribucija koncentracije aluminija, željeza, kalija i kalcija u jezgri NER1.



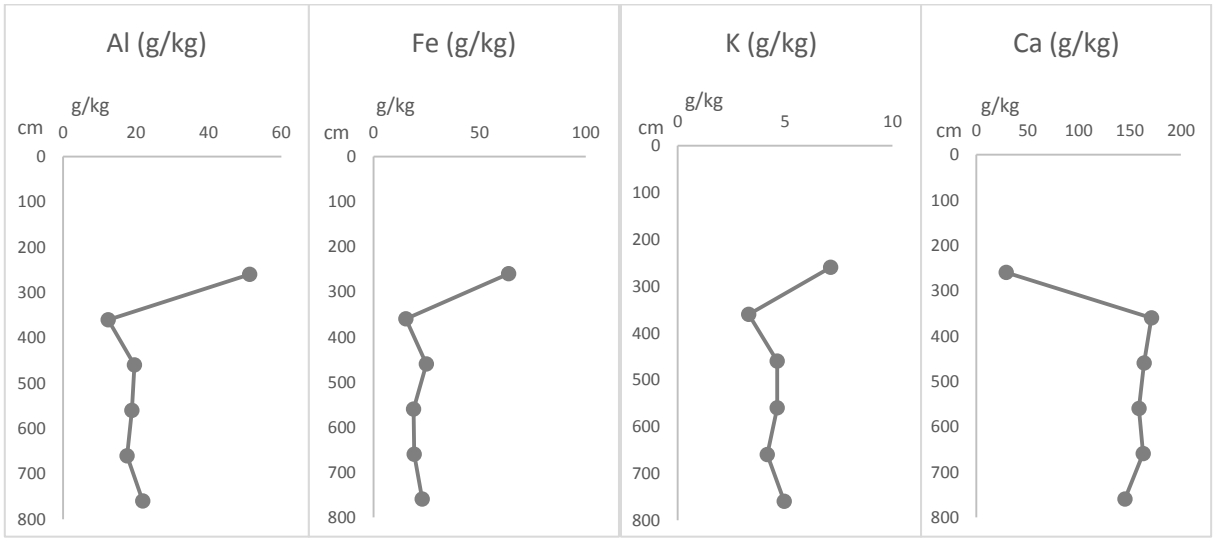
Slika 18. Vertikalna distribucija koncentracije magnezija, sumpora i fosfora u jezgri NER1.



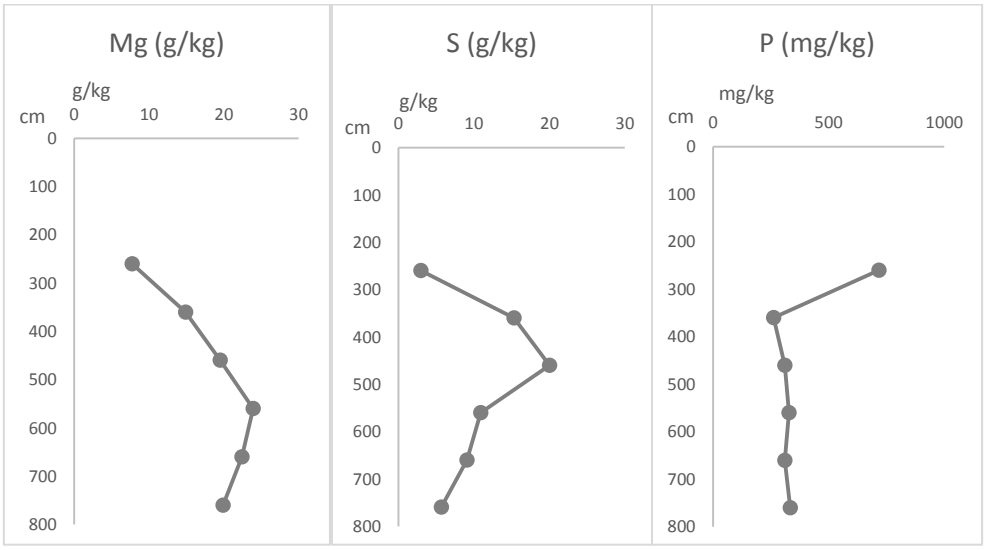
Slika 19. Vertikalna distribucija koncentracije aluminija, željeza, kalija i kalcija u jezgri NER3.



Slika 20. Vertikalna distribucija koncentracije magnezija, sumpora i fosfora u jezgri NER3.



Slika 21. Vertikalna distribucija koncentracije aluminija, željeza, kalija i kalcija u jezgri NER6.



Slika 22. Vertikalna distribucija koncentracije magnezija, sumpora i fosfora u jezgri NER6.

Slike 23-31 prikazuju distribuciju elemenata u tragovima u sedimentu jezgre NER1, NER3 i NER6. Koncentracije elemenata u tragovima slične su onima zabilježenim u sedimentu Jadranskog mora (Dolenec i sur., 1998) i kanala Mali Ston (Felja i sur., 2016). U dijelovima jezgre NER1 plićim od oko 3,0 m izmjerene su nešto više koncentracije Cd, Co, Cr, Cu, Li, Ni, Pb i Zn u odnosu na koncentracije ispod te dubine, koje su uglavnom konstantne (Slike 23-25). Slična distribucija koncentracija spomenutih elemenata zabilježena je i u jezgrama NER3 i NER6, pri čemu su u jezgri NER3 zabilježene nešto više koncentracije iznad dubine od oko 2,0 m (Slike 26-28), a

jezgri NER6 iznad dubine od oko 3,5 m (Slike 29-31). Iznimku čini raspodjela koncentracije kadmija u sedimentu jezgre NER6, gdje je, osim porasta na dubini od oko 3,5 m, zabilježen pad koncentracija na dubini od oko 6,5 m (Slika 29). Osim u najvišim slojevima sedimenta, nešto više koncentracije Cd, Co, Cu i Zn zabilježene su u jezgri NER1 na dubini od oko 5,0 m (Slike 23 i 25), što ukazuje na pojačano trošenje minerala koji sadrže te elemente. Koncentracija Cd u sedimentu jezgara NER1, NER3 i NER6 kreće se od 0,1 do 0,97 mg/kg i veća je od izmjerenih u sedimentu centralnog dijela Jadrana (0,06 – 0,14 mg/kg) (Ilijanić i sur., 2014) i u poljoprivrednom tlu u delti rijeke Neretve (0,12 – 0,71 mg/kg) (Romić i sur., 2012). Povišene koncentracije Co, Cr i Ni na području Neretvanske delte su posljedica značajnog trošenja magmatskih stijena kroz koje prolazi gornji tok rijeke Neretve (Felja i sur., 2016).

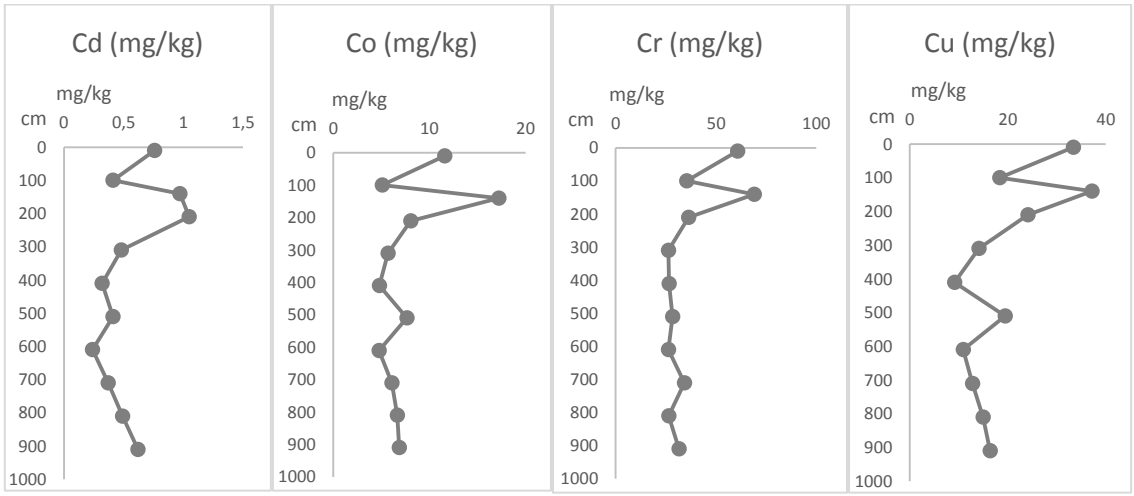
Koncentracije Cd, Co, Li, Ni i Zn u svim jezgrama pokazuju sličnu distribuciju kao i koncentracije Al i Fe, što upućuje na povezanost spomenutih elemenata u tragovima s mineralima glina (Jurina i sur., 2015). Na to upućuje i jaka korelacija između Al i Cd ($r = 0,86$), Al i Co ($r = 0,96$), Al i Li ($r = 0,96$), Al i Ni ($r = 0,96$), te Al i Zn ($r = 0,95$) (DODATAK 2). Dijagrami normalizacije $CaCO_3$ i Cd, Co, Ni, Zn (DODATAK 3) pokazuju da uzorci sedimenta koji sadrže veći udio karbonata sadrže niže koncentracije navedenih elemenata, što potvrđuje ranije navedene pretpostavke. Rasponi koncentracija Ni zabilježenih u jezgrama NER1 (23,3 – 79,2 mg/kg), NER3 (19,1 – 48,5 mg/kg) i NER6 (20,1 – 46,8 mg/kg) nalaze se unutar raspona izmjerenog u sedimentu s područja kanala Mali Ston (2,47 – 103 mg/kg) (Felja i sur., 2016), dok je na području Palagruže koncentracija Ni nešto viša (109 – 130 mg/kg) (Ilijanić i sur., 2014). Koncentracija Ni u poljoprivrednom tlu područja delte rijeke Neretve kreće se u rasponu od 11,7 do 59,1 mg/kg (Romić i sur., 2012). Koncentracije Zn u jezgrama NER1, NER3 i NER6 variraju između 33,2 i 98,1 mg/kg, dok se na području centralnog Jadrana one kreću od 61 do 112 mg/kg (Ilijanić i sur., 2014), a u poljoprivrednom tlu područja delte rijeke Neretve od 24,3 do 92,6 mg/kg (Romić i sur., 2012). Prema tome, pretpostavlja se da su koncentracije navedenih elemenata u sedimentu analiziranih jezgara prirodne. Krom se javlja kao element u tragovima u nekim mineralima bazičnih i ultrabazičnih stijena, te čini dobar pokazatelj njihove prisutnosti, no njegov izvor ujedno može biti i industrija (Halamić i sur., 2012). Krom i aluminij sadrže izuzetno visok pozitivan koeficijent korelacije ($r = 0,99$) (DODATAK 2) što ukazuje na njihovu blisku povezanost. Povezanost Cr s alumosilikatima potvrđuje i dijagram normalizacije $CaCO_3$ i Cr (DODATAK 3), koji ukazuje na smanjenje koncentracije Cr s povećanjem

udjela karbonata. Koncentracije Cr zabilježene u sedimentu jezgara NER1 (26,3 – 69 mg/kg), NER3 (19,6 – 58,3 mg/kg) i NER6 (23,2 – 64,5 mg/kg) slične su koncentraciji izmjerenoj u poljoprivrednom tlu područja delte rijeke Neretve (17,2 – 68,2 mg/kg) (Romić i sur., 2012), te su manje od onih izmjerenih u području Palagruže (120 mg/kg) (Ilijanić i sur., 2014) i kanala Mali Ston (3,04 – 145 mg/kg) (Felja i sur., 2016). Bakar je sastavni dio modre galice koja se koristi u poljoprivredi, npr. u vinogradima, za prevenciju od biljnih bolesti, što može rezultirati povišenim koncentracijama u sedimentu. U sedimentu obalnog područja centralnog Jadrana zabilježene su veće koncentracije Cu, Zn i Hg u odnosu na one izmjerene u sedimentu pučine, što upućuje na mogući antropogeni donos tih elemenata (Dolenec i sur., 1998). Korelacija između Cu i Al (r = 0,97) (DODATAK 2) veća je od one koju su izmjerili Ilijanić i sur. (2014) u centralnom dijelu Jadrana (r = 0,83), te upućuje na povezanost bakra s alumosilikatima, što potvrđuje i dijagram normalizacije $CaCO_3$ i Cu (DODATAK 3). Prema Felja i sur. (2016) koncentracija Cu u području kanala Mali Ston kreće se od 2,15 do 43,5 mg/kg, u području Palagruže od 19,3 do 26,4 mg/kg prema Ilijanić i sur. (2014), dok ona u jezgri NER1 varira između 9,13 i 37,2 mg/kg, u jezgri NER3 između 10,4 i 28,2 mg/kg, a u jezgri NER6 između 11,1 i 23,7 mg/kg. Koncentracija Cu u poljoprivrednom tlu područja delte rijeke Neretve kreće se između 7,1 i 423 mg/kg (Romić i sur., 2012), te je puno viša od onih izmjerenih u analiziranim jezgrama. Prema tome, pretpostavlja se da analizirane jezgre pokazuju prirodnu koncentraciju Cu, kao i ostalih spomenutih elemenata.

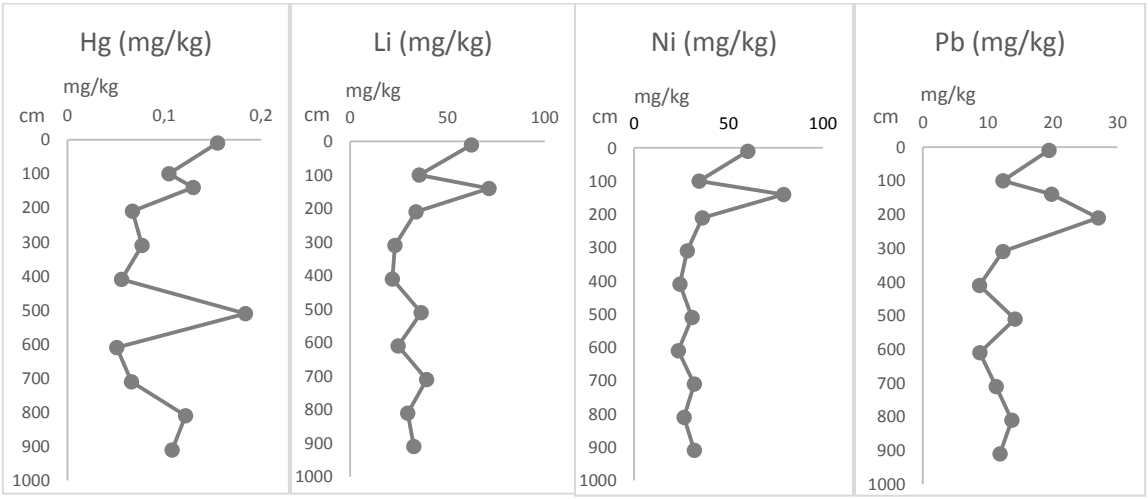
Nadalje, koncentracija Hg veoma varira s obzirom na dubinu jezgre NER1, dok je u sedimentu jezgara NER3 i NER6 relativno konstantna. U dijelovima jezgre NER1 plićim od oko 2,0 m izmjerene su nešto više koncentracije Hg u odnosu na koncentracije ispod te dubine, dok je najviša koncentracija izmjerena na dubini od oko 5,0 m (Slika 24). U jezgri NER6 nisu zabilježene povišene koncentracije Hg (Slika 30), dok su u jezgri NER3 povišene koncentracije izmjerene u dijelovima jezgre plićim od oko 2,0 m (Slika 27). Varijacije koncentracija Hg mogu biti rezultat perioda u kojima je bilo pojačano i smanjeno trošenje minerala bogatih živom. Koncentracija Pb, kao i kod ostalih elemenata u tragovima u sedimentu jezgre NER1, do dubine od oko 3,0 m je povišena u odnosu na koncentraciju ispod te dubine. Osim u vršnim slojevima, koncentracija Pb također bilježi manji porast na dubini jezgre od oko 5,0 m (Slika 24). U sedimentu jezgre NER3 koncentracija Pb povišena je do dubine od oko 2,0 m u odnosu na koncentraciju ispod te dubine, koja je većim dijelom konstantna (Slika 27),

te je u jezgri NER6 isti slučaj do dubine od oko 3,5 m (Slika 30). Koncentracije olova su često povišene zbog antropogenog utjecaja, a njegovi izvori najčešće su korištenje olovnog benzina, rudarenje i izgaranje ugljena (Felja i sur., 2016). Pozitivna korelacija Al i Pb (r = 0,88) (DODATAK 2) i dijagram normalizacije $CaCO_3$ i Pb (DODATAK 3) ukazuju na povezanost olova s alumosilikatima. Raspon koncentracije Pb zabilježen u jezgri izvađenoj u području Palagruže kreće se od 14,9 do 20,7 mg/kg (Ilijanić i sur., 2014), te je nešto niži on onog izmjerenog u jezgri NER1 (8,74 – 27 mg/kg), NER3 (9,91 – 26,2 mg/kg) i NER6 (9,81 – 26,6 mg/kg). Koncentracije Pb izmjerena u poljoprivrednom tlu područja delte rijeke Neretve (5,69 do 30,2 mg/kg) (Romić i sur., 2012) odgovara koncentracijama zabilježenim u sedimentu analiziranih jezgara. S obzirom na vrlo dobro poklapanje Pb i Al na dijagramu korelacije pretpostavlja se da su koncentracije Pb u jezgrama NER1, NER3 i NER6 prirodne.

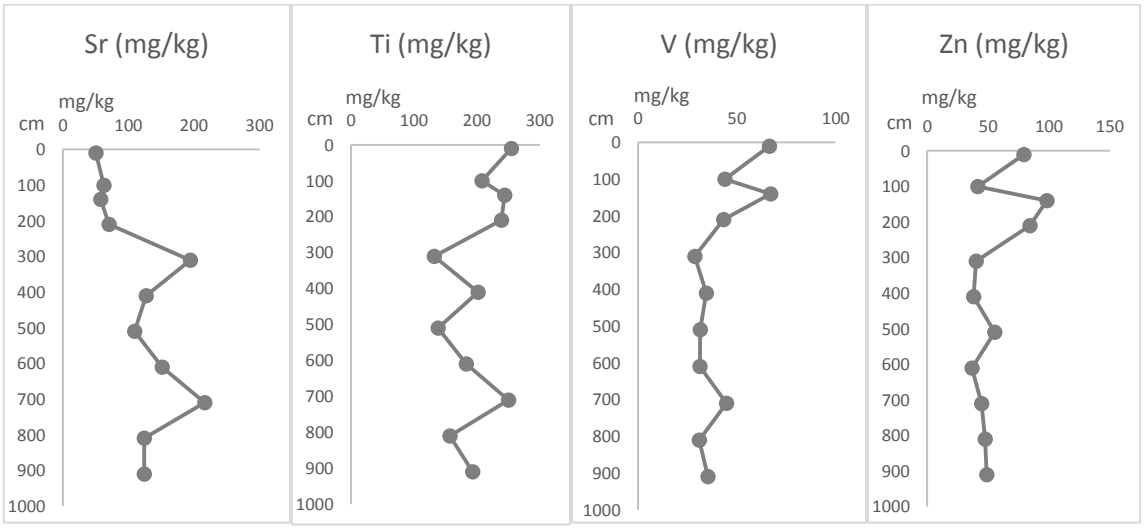
Koncentracija Sr u jezgrama prati koncentraciju Ca, te su njegove povišene vrijednosti zabilježene na dubinama od oko 3,0 i 7,0 m u jezgri NER1, dok su iznad dubine od 3,0 m njegove koncentracije niže (Slika 25). Razlog tome je vjerojatno njegova povezanost s karbonatima, s obzirom da sadrži tendenciju zamjenjivanja Ca u kristalnoj rešetci aragonita (Felja i sur., 2016). U sedimentu jezgara NER3 i NER6 koncentracija Sr također prati trend koncentracije Ca, te je u jezgri NER3 niža koncentracija do dubine od oko 2,0 m (Slika 28), a u jezgri NER6 do dubine od oko 3,5 m (Slika 31). Na povezanost Sr s karbonatima ukazuje i negativna korelacija između Al i Sr (r = -0,88), ali i snažna pozitivna korelacija između Ca i Sr (r = 0,93) (DODATAK 2). Koncentracija Ti u jezgri NER1 varira s dubinom jezgre (Slika 25), te je zabilježen njegov porasti na dubinama od oko 2,0, 4,0 i 7,0 m, od kojih je najveći onaj zabilježen na dubini od oko 7,0 m. U jezgri NER3 koncentracija Ti bilježi slabi porast na dubini od oko 2,0 m (Slika 28), dok je porast koncentracija u jezgri NER6 na dubini od oko 3,5 m puno značajniji (Slika 31). Nadalje, zabilježene su povišene koncentracije V u jezgri NER1 pliće od oko 3,0 m s obzirom na koncentracije ispod te dubine, koje su većim dijelom konstantne (Slika 25). Koncentracije V u jezgrama NER3 i NER6 prate sličan trend kao u jezgri NER1, te su u jezgri NER3 one povišene pliće od oko 2,0 m (Slika 28), a u jezgri NER6 pliće od oko 3,5 m (Slika 31).



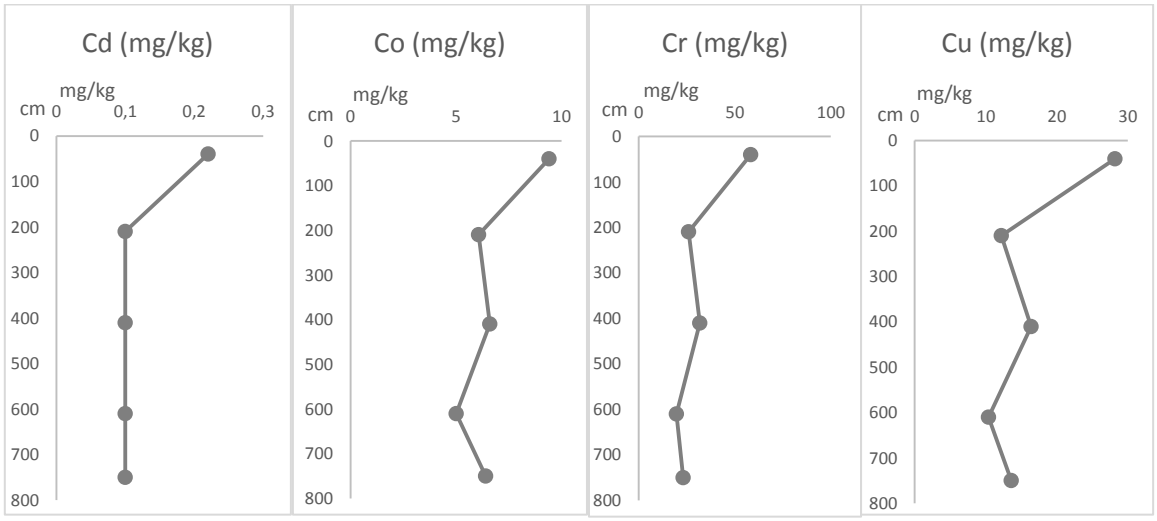
Slika 23. Vertikalna distribucija koncentracije kadmija, kobalta, kroma i bakra u jezgri NER1.



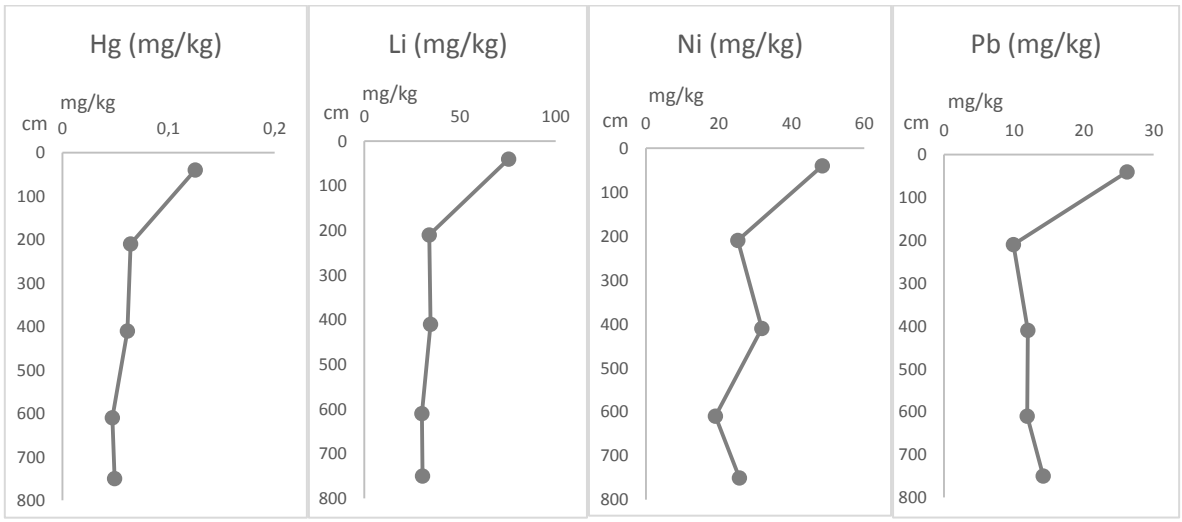
Slika 24. Vertikalna distribucija koncentracije žive, litija, nikla i olova u jezgri NER1.



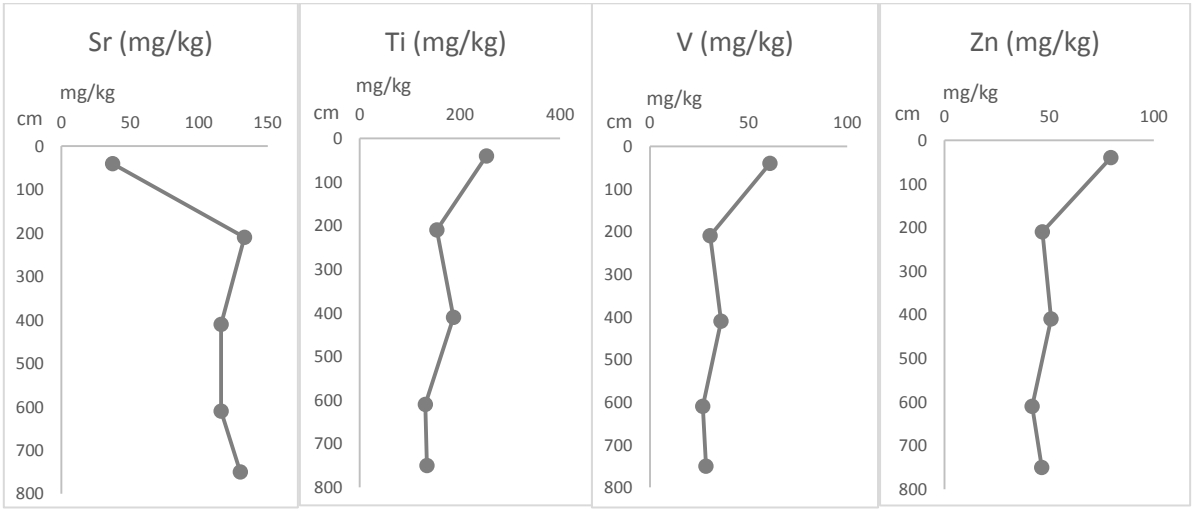
Slika 25. Vertikalna distribucija koncentracije stroncija, titana, vanadija i cinka u jezgri NER1.



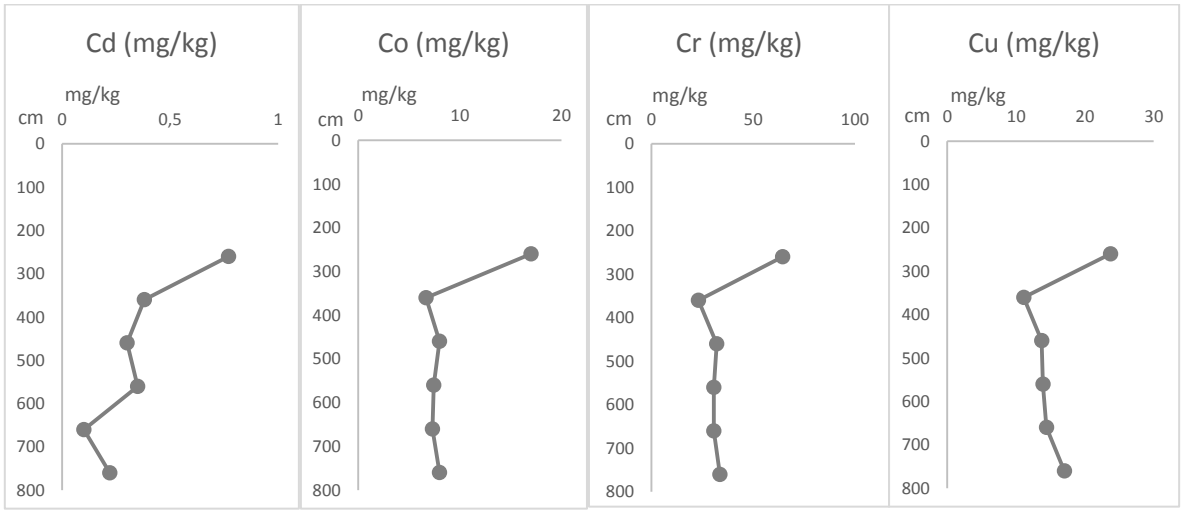
Slika 26. Vertikalna distribucija koncentracije kadmija, kobalta, kroma i bakra u jezgri NER3.



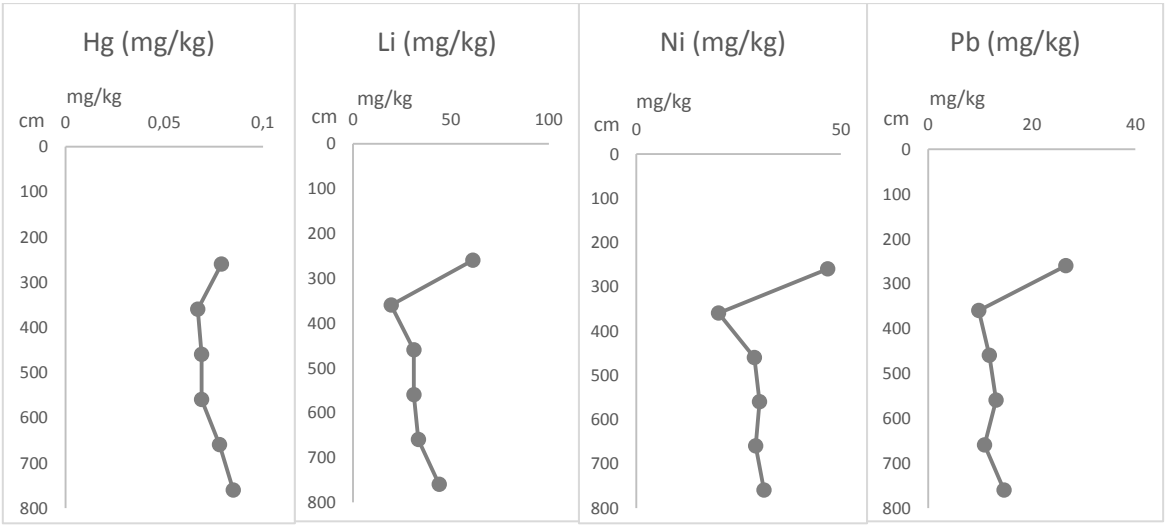
Slika 27. Vertikalna distribucija koncentracije žive, litija, nikla i olova u jezgri NER3.



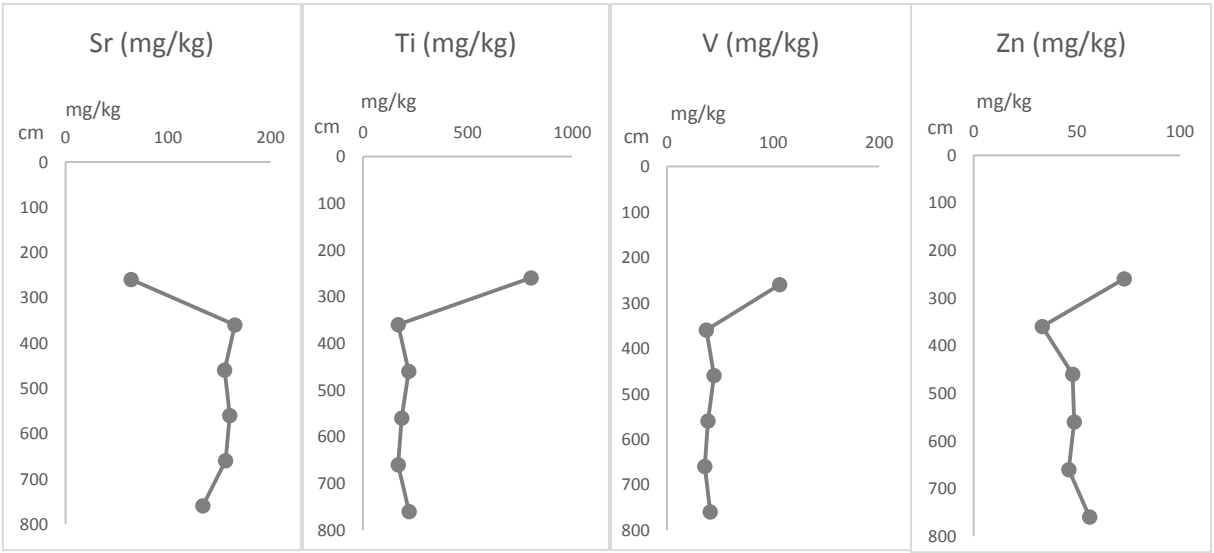
Slika 28. Vertikalna distribucija koncentracije stroncija, titana, vanadija i cinka u jezgri NER3.



Slika 29. Vertikalna distribucija koncentracije kadmija, kobalta, kroma i bakra u jezgri NER6.



Slika 30. Vertikalna distribucija koncentracije žive, litija, nikla i olova u jezgri NER6.



Slika 31. Vertikalna distribucija koncentracije stroncija, titana, vanadija i cinka u jezgri NER6.

Glavni izvor Al, Fe i većine elemenata u tragovima je materijal nastao trošenjem različitih magmatskih, metamorfnih i sedimentnih stijena, koje se nalaze u BiH i Hrvatskoj, a kroz koje prolazi rijeka Neretva i njezine pritoke (Dolenec i sur., 1998; Ilijanić i sur., 2014; Felja i sur., 2016). Koncentracije elemenata u sedimentu dubljih dijelova jezgara pokazuju prirodne koncentracije tih elemenata, odnosno njihovu pozadinsku koncentraciju (*background*), s obzirom da na tim dubinama nije moglo biti značajnog antropogenog utjecaja (Felja i sur., 2016). Kod vršnih dijelova analiziranih jezgara mogući je ljudski utjecaj, najvećim dijelom putem industrije i otpada. Rijeka Neretva sadrži brojne hidroakumulacije i brane, a njena delta čini značajan poljoprivredni kraj (Romić i sur., 2012). Rezultati analiza obrađenih u ovom diplomskom radu pokazuju da je sediment delte rijeke Neretve ujednačen, te se taložio u pretežno mirnom području. Također, rezultati ukazuju da je utjecaj ljudi rezultirao promjenom količine donesenog materijala u deltu, te se danas u delti taloži većim dijelom sitnozrnati materijal, dok onaj krupniji zaostaje na izgrađenim branama. Suprotno tome, rezultati ne pokazuju primjetan antropogeni utjecaj na koncentracije analiziranih elemenata, te su one vjerojatno rezultat prirodnih procesa. Ponašanje, mobilnost i štetnost elemenata u tragovima velikim dijelom ovise o uvjetima u okolišu u kojem se nalaze, a u ljudski organizam najlakše ulaze putem povrća koje je raslo u onečišćenom tlu (Romić i sur., 2012). Prema tome, potrebno je konstantno pratiti promjene u okolišu i ponašanje elemenata u tragovima kako bi se spriječio njihova moguća štetnost na ljudsko zdravlje. Također, kako bi se moglo sa sigurnošću tvrditi da u delti rijeke Neretve ne postoji antropogeni utjecaj potrebno je napraviti dodatna, detaljnija istraživanja koja bi bolje pokazala pozadinsku koncentraciju elemenata, kao i usporediti ju s drugim deltama u svijetu.

7. ZAKLJUČAK

Određene su granulometrijske i geokemijske karakteristike sedimenta triju jezgara (NER1, NER3 i NER6), izvađenih u delti rijeke Neretve. Dobiveni rezultati granulometrijskih analiza uzoraka ukazuju na dominantno taloženje frakcije praha, dok je frakcija šljunka malo zastupljena. Uzorci sedimenta svih analiziranih jezgri, ovisno gleda li se omjer šljunka, pijeska i mulja ili pijeska, praha i gline, najvećim dijelom pripadaju grupi pjeskovitog mulja, odnosno pjeskovitog praha, a manjim dijelom grupi malo šljunkovito pjeskovitog mulja i malo šljunkovitog mulja, odnosno praha i pjeskovitog mulja. Velika zastupljenost frakcije praha i mala zastupljenost frakcije šljunka u sedimentu mogu biti rezultat ljudskog utjecaja, ali i prirodnih procesa. Na rijeci Neretvi izgrađene su brojne brane koje uzrokuju zadržavanje krupnijih čestica i propuštanje samo onih sitnijih koje rijeka nosi do svog ušća.

Rezultati analiza udjela karbonata u uzorcima sedimenta ukazuju na pad udjela karbonata u sedimentu vršnih slojeva jezgara. Na smanjenje karbonatne sedimentacije ukazuju i rezultati geokemijskih analiza. Naime, u sedimentu svih jezgara, na istim dubinama na kojima je zabilježen pad udjela karbonata, te koncentracije Ca i Mg, zabilježen je porast koncentracija Fe i Al, ali i većine elemenata u tragovima, i obrnuto. Snažna pozitivna korelacija Fe i elemenata u tragovima s Al ukazuje na njihovu međusobnu povezanost, a samim time na povezanost navedenih elemenata prvenstveno s mineralima glina. Suprotno tome, negativna korelacija između Al i Ca, Al i Mg, te Al i Sr ukazuje na njihovu vezu s karbonatima. Povezanost Ca s karbonatima potvrđuje i dijagram normalizacije $CaCO_3$ i Ca na kojem je vidljivo njihovo dobro poklapanje. Navedeni rezultati upućuju na promjenu razdoblja u kojim je dominirala biogena sedimentacija i onog s dominantnom terigenom sedimentacijom. Glavni izvor Fe, Al i većine elemenata u tragovima je materijal nastao trošenjem različitih magmatskih, metamorfnih i sedimentnih stijena, koje se nalaze u BiH i Hrvatskoj, a kroz koje prolazi rijeka Neretva i njezine pritoke. Koncentracije ispitivanih elemenata izmjerene u sedimentu jezgre NER1, NER3 i NER6 ne razlikuju se značajno od koncentracija zabilježenih u sedimentu Jadranskog mora i obalnih tala.

Na rijeci Neretvi izgrađene su brojne hidroakumulacije u svrhu energetskog iskorištenja, dok je delta rijeke Neretve važan poljoprivredni kraj u kojem se najvećim dijelom uzgajaju agrumi. Rezultati analiza obrađenih u ovom diplomskom radu pokazuju da je sediment delte rijeke Neretve taložen u mirnom okolišu, te je on ujednačen. Rezultati također pokazuju da je antropogeni utjecaj rezultirao promjenom količine donesenog materijala u deltu, te da se u delti taloži pretežno sitnozrnati materijal, dok se onaj krupniji zadržava na branama. Koncentracije analiziranih elemenata ne ukazuju na ljudski utjecaj, te su povišene koncentracije određenih elemenata vjerojatno rezultat prirodnih procesa. Ponašanje elemenata u tragovima, odnosno njihova mobilnost i štetnost najvećim dijelom ovisi o uvjetima u okolišu u kojem se nalaze, a u ljudski organizam najlakše ulaze putem povrća. Kako bi se spriječio bilo kakav negativan utjecaj elemenata u tragovima na čovjeka potrebno je konstantno pratiti promjene u okolišu, te ponašanje elemenata u tragovima. Kako bi potpuno sigurni mogli tvrditi da u delti rijeke Neretve ne postoji vidljivi utjecaj čovjeka potrebno je napraviti detaljnija istraživanja koja bi bolje odredila prirodne koncentracije elemenata, te usporediti deltu s drugim svjetskim deltnim sustavima.

8. LITERATURA

- Brown, E., Colling, A., Park, D., Phillips, J., Rothery, D., Wright, J., (2006): Delta morphology. U: Bearman, G., Waves, tides and shallow-water processes. Open University, England. 2. izdanje, 180.
- Clark, P.U., Dyke, A.S., Shakun, J.D., Carlson, A.E., Clark, J., Wohlfarth, B., Mitrovica, J.X., Hostetler, S.W., Mccabe, A.M. (2009): The last Glacial Maximum. Science 324, 720-714.
- Dolenec, T., Faganeli, J., Pirc, S. (1998): Major, minor and trace elements in surficial sediments from the open Adriatic sea: A regional geochemical study. Geologica Croatica, 51/1, 59-73.
- Felja, I., Fontana, A., Furlani, S., Bajraktarević, Z., Paradžik, A., Topalović, E., Rossato, S., Ćosović, V. & Juračić, M. (2015): Environmental changes in the lower Mirna River valley (Istria, Croatia) during the Middle and Late Holocene. Geologica Croatica, 68/3, 209-224.
- Felja, I., Romić, M., Romić, D., Bakić, H., Pikelj, K. & Juračić, M. (2016): Application of empiricalmodel to predict background metal concentration in mixed carbonate-alumosilicate sediment (Adriatic Sea, Croatia). Marine Pollution Bulletin, 190-199.
- Folk, R.L. (1954): The distinction between grain size and mineral composition in sedimentary-rock nomenclature. Journal of Geology and Geophysics, 62/4, 344-59.
- Galloway, W.E. (1975): Process framework for describing the morphologic and stratigraphic evolution of deltaic depositional systems. U: M.L. Broussard (ur.), Deltas, Models for Exploration, 87–98. Houston Geological Society, Houston, TX.
- Ghosh, S., Prasanna, L. V., Sowjanya, B., Srivani, P., Alagaraja, M. & Banji, D. (2013): Inductively Coupled Plasma – Optical Emission Spectroscopy: A Review. Asian J. Pharm. Ana. Vol. 3, Issue 1, 24-33.
- GRADISTAT (2008): A Grain Size Distribution and Statistics Package for the Analysis of Unconsolidated Sediments by Sieving or Laser Granulometer, Version 6.0, Crowthorne Enterprise Centre, Berkshire, UK.

- Halamić, J., Peh, Z., Miko, S., Galović. L. & Šorša, A. (2012): Geochemical Atlas of Croatia: Environmental implications and geodynamical thread. Journal of Geochemical Exploration, 115, 36-46.
- Ilijanić, N., Miko, S., Petrinec, B., Franić, Z. (2014): Metal deposition in deep sediments from the Central and South Adriatic Sea. Geologia Croatica, 67/3, 185-205.
- Juračić, M. (1998): O nastanku i promjenama delte rijeke Neretve. Dubrovnik, časopis za književnost i znanost, Nova serija, godište IX, 4, 228-232.
- Jurina, I., Ivanić, M., Vdović, N., Troskot-Čorbić, T., Lojen, S., Mikac, N. & Sondi, I. (2015): Deposition of trace metal sin sediments of the deltaic plain and adjacent coastal area (the Neretva River, Adriatic Sea). Journal of Geochemical Exploration, 157, 120-131.
- Marinčić, S., Magaš, N., Benček, Đ. (1978): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, list Ploče, K33-35. Beograd: Savezni geološki zavod.
- Micromeritics (2002): SediGraph 5100 Particle size analysis system operator' manual, Micromeritics Instrument Corporation, Norcross, Georgia.
- Mojičević, M., Laušević, M. (1973a): Osnovna geološka karta Jugoslavije 1:100 000, list Mostar, K33-24. Beograd: Savezni geološki institut.
- Mojičević, M., Laušević, M. (1973b): Osnovna geološka karta Jugoslavije 1:100 000, list Nevesinje, K34-25. Beograd: Savezni geološki institut.
- Mojičević, M., Tomić, B. (1977): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, list Kalinovik, K34-13. Beograd: Savezni geološki zavod.
- Önorm L 1084 (1989): Chemical analyses of soils – Determination of carbonate, Österreichisches Normungsinstitut, Beč.
- Pamić, J., Gušić, I., Jelaska, V. (1998): Geodynamic evolution of the Central Dinarides. Tectonophysics 297, 251-268.
- Paul, J. & Meischner, D. (1976): Heavy metal analyses from sediments of the Adriatic Sea. Senckenbergiana Marit., 8, 91-102.
- Pikelj, K. (2010): Sastav i porijeklo sedimenata dna istočne strane Jadranskog mora. Disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Geološki odsjek, Zagreb.
- Prohić, E. & Juračić, M. (1989): Heavy metals in sediments – problems concerning determination of the antropogenic influence. Study in the Krka River

Estuary, Estern Adriatic Coast, Yugoslavia, Environmental Geology Water Science 13/2, 145-151.

- Raić, V., Ahac, A., Papeš, J. (1976): Osnovna geološka karta Jugoslavije 1:100 000, list Imotski, K33-23. Sarajevo: Institut za geološka istraživanja; Beograd: Savezni geološki institut.
- Raić, V., Papeš, J., Behlilović, S., Crnolatac, I., Mojičević, N., Ranković, M., Slišković, T., Đorđević, G., Golo, B., Ahac, A., Luburić, P., Marić, Lj. (1977): Osnovna geološka karta Jugoslavije 1:100 000, list Metković, K33-36. Sarajevo: Institut za geološka istraživanja; Beograd: Savezni geološki institut.
- Raić, V., Papeš, J., Ahac, A. (1980): Osnovna geološka karta Jugoslavije 1:100 000, list Ston, K33-48. Sarajevo: Institut za geološka istraživanja; Beograd: Savezni geološki institut.
- Riđanović, J. (2002): Geografija mora. Hrvatski Zemljopis – naklada Dr. Feletar, Copygraf, Zagreb, 214 str.
- Romić, D., Romić, M., Zovko, M., Bakić, H., Ondrašek, G., 2012. Trace metals in the coastal soils developed from estuarine floodplain sediments in the Croatian Mediterranean region. Environmental Geochemistry and Health 34/4, 399–416.
- Rouessac, F. & Rouessac, A. (2007): Chemical Analysis, Modern Instrumentation Methods and Techniques. Second Edition, Wiley, West Sussex, 574 str.
- Scisciani, V. & Calamita, F. (2009): Active intraplate deformation within Adria: Examples from the Adriatic region. Tectonophysics, 476/1-2, 57-72.
- Seibold, E. & Berger, W. H. (1996): The Sea Floor – An Introduction to Marine Geology. 3rd Ed., Springer, Berlin, 356 str.
- Sikora, M., Mihanović, H., Vilibić, I. (2014): Paleo-coastline of the Central Adriatic Sea, and Paleo-Channels of the Cetina and Neretva rivers during the last glacial maximum. Acta Adriatica, 55(1), 3-18.
- Sofilj, J., Živanović, M. (1979): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, list Prozor, K33-12. Beograd: Savezni geološki zavod.
- Syvitski, J.P.M., Kettner, A.J., Correggiari, A., Nelson, B.W. (2005): Distributary channels and their impact on sediment dispersal. Marine Geology, 222-223, 75-94.

- Syvitski, J.P.M. & Saito, Y. (2007): Morphodynamics of deltas under the influence of humans. Global and Planetary Changes, 57, 261-282.
- Vlahović, I., Tišljar, J., Velić, I. & Matičec, D. (2005): Evolution of the Adriatic Carbonate Platform: Palaeogeography, main events and depositional dynamics. Palaeogeography. Palaeoclimatology Palaeoecology 220, 333-360.
- Vranješ, M., Vidoš, D., Glavaš, B. (2007): Stanje sedimenata u donjoj Neretvi. U: D. Gereš (ur.), 4. Hrvatska konferencija o vodama: Hrvatske vode i Europska unija - izazovi i mogućnosti: zbornik radova. Zagreb: Hrvatske vode, 337-344.
- Wentworth, C. K. (1922):A scale of grade and class terms for clastic sediments. The Journal of Geology 30, 377-392.

Internetski izvori:

- http://opgmataga.hr/hr/dolina-neretve/
- https://en.eijkelkamp.com/products/augering-soil-sampling-equipment/bi-partite-gouge-auger-set-sa.html
- Google Earth

POPIS SLIKA

Slika 1. Ušće rijeke Neretve u Jadransko more (izvor: http://opgmataga.hr/hr/dolina-neretve/).

Slika 2. Klasifikacija delti prema dominirajućem utjecaju rijeke, valova i morskih mijena (modificirano prema Syvitski i Saito, 2007 i prema Galloway, 1975).

Slika 3. Lokacija Jadranskog mora s označenom lokacijom ušća rijeke Neretve (Google Earth).

Slika 4. Delta rijeke Neretve (Google Earth).

Slika 5. Lokacije na kojima su izvađene jezgre NER1, NER3 i NER6 (Google Earth).

Slika 6. Korer marke Eijkelkamp.

Slika 7. Set Retsch® ASTM sita pričvršćenih na tresilicu Fritcsh Analysette®, Geološko-paleontološki zavod PMF-a.

Slika 8. SediGraph 5100, Geološko-paleontološki zavod PMF-a.

Slika 9. Scheiblerov kalcimetar, Mineraloško-petrografski zavod PMF-a.

Slika 10. Osušeni i usitnjeni poduzorci na satnim stakalcima.

Slika 11. Zastupljenost frakcija šljunka, pijeska, praha i gline kroz uzorke sedimenta jezgre NER1 iz delte rijeke Neretve.

Slika 12. Zastupljenost frakcija šljunka, pijeska, praha i gline kroz uzorke sedimenta jezgre NER3 iz delte rijeke Neretve.

Slika 13. Zastupljenost frakcija šljunka, pijeska, praha i gline kroz uzorke sedimenta jezgre NER6 iz delte rijeke Neretve.

Slika 14. Udio karbonatne komponente u 11 analiziranih uzoraka sedimenta jezgre NER1 iz deltne ravnice rijeke Neretve.

Slika 15. Udio karbonatne komponente u 5 analiziranih uzoraka sedimenta jezgre NER3 iz deltne ravnice rijeke Neretve.

Slika 16. Udio karbonatne komponente u 6 analiziranih uzoraka sedimenta jezgre NER6 iz deltne ravnice rijeke Neretve.

Slika 17. Vertikalna distribucija koncentracije aluminija, željeza, kalija i kalcija u jezgri NER1.

Slika 18. Vertikalna distribucija koncentracije magnezija, sumpora i fosfora u jezgri NER1.

Slika 19. Vertikalna distribucija koncentracije aluminija, željeza, kalija i kalcija u jezgri NER3
Slika 20. Vertikalna distribucija koncentracije magnezija, sumpora i fosfora u jezgri NER3.
Slika 21. Vertikalna distribucija koncentracije aluminija, željeza, kalija i kalcija u jezgri NER6.
Slika 22. Vertikalna distribucija koncentracije magnezija, sumpora i fosfora u jezgri NER6.
Slika 23. Vertikalna distribucija koncentracije kadmija, kobalta, kroma i bakra u jezgri NER1.
Slika 24. Vertikalna distribucija koncentracije žive, litija, nikla i olova u jezgri NER1.
Slika 25. Vertikalna distribucija koncentracije stroncija, titana, vanadija i cinka u jezgri NER1.
Slika 26. Vertikalna distribucija koncentracije kadmija, kobalta, kroma i bakra u jezgri NER3.
Slika 27. Vertikalna distribucija koncentracije žive, litija, nikla i olova u jezgri NER3.
Slika 28. Vertikalna distribucija koncentracije stroncija, titana, vanadija i cinka u jezgri NER3.
Slika 29. Vertikalna distribucija koncentracije kadmija, kobalta, kroma i bakra u jezgri NER6.
Slika 30. Vertikalna distribucija koncentracije žive, litija, nikla i olova u jezgri NER6.
Slika 31. Vertikalna distribucija koncentracije stroncija, titana, vanadija i cinka u jezgri NER6.

POPIS TABLICA

Tablica 1. Udio zastupljenosti frakcije šljunka, pijeska, praha i gline u sedimentu jezgre NER1 s obzirom na dubinu.

Tablica 2. Udio zastupljenosti frakcije šljunka, pijeska, praha i gline u sedimentu jezgre NER3 s obzirom na dubinu.

Tablica 3. Udio zastupljenosti frakcije šljunka, pijeska, praha i gline u sedimentu jezgre NER6 s obzirom na dubinu.

Tablica 4. Udio karbonatne komponente u 11 uzoraka sedimenta jezgre NER1 s rasponom dubina od 0 m do 9,10 m.

Tablica 5. Udio karbonatne komponente u 5 uzoraka sedimenta jezgre NER3 s rasponom dubina od 0,3 m do 7,50 m.

Tablica 6. Udio karbonatne komponente u 6 uzoraka sedimenta jezgre NER6 s rasponom dubina od 2,50 m do 7,60 m.

Tablica 7. Raspodjela koncentracija glavnih elemenata jezgre NER1 s rasponom dubina.

Tablica 8. Raspodjela koncentracija nekih od elemenata u tragovima jezgre NER1 s rasponom dubina.

Tablica 9. Raspodjela koncentracija glavnih elemenata jezgre NER3 s rasponom dubina.

Tablica 10. Raspodjela koncentracija nekih od elemenata u tragovima jezgre NER3 s rasponom dubina.

Tablica 11. Raspodjela koncentracija glavnih elemenata jezgre NER6 s rasponom dubina.

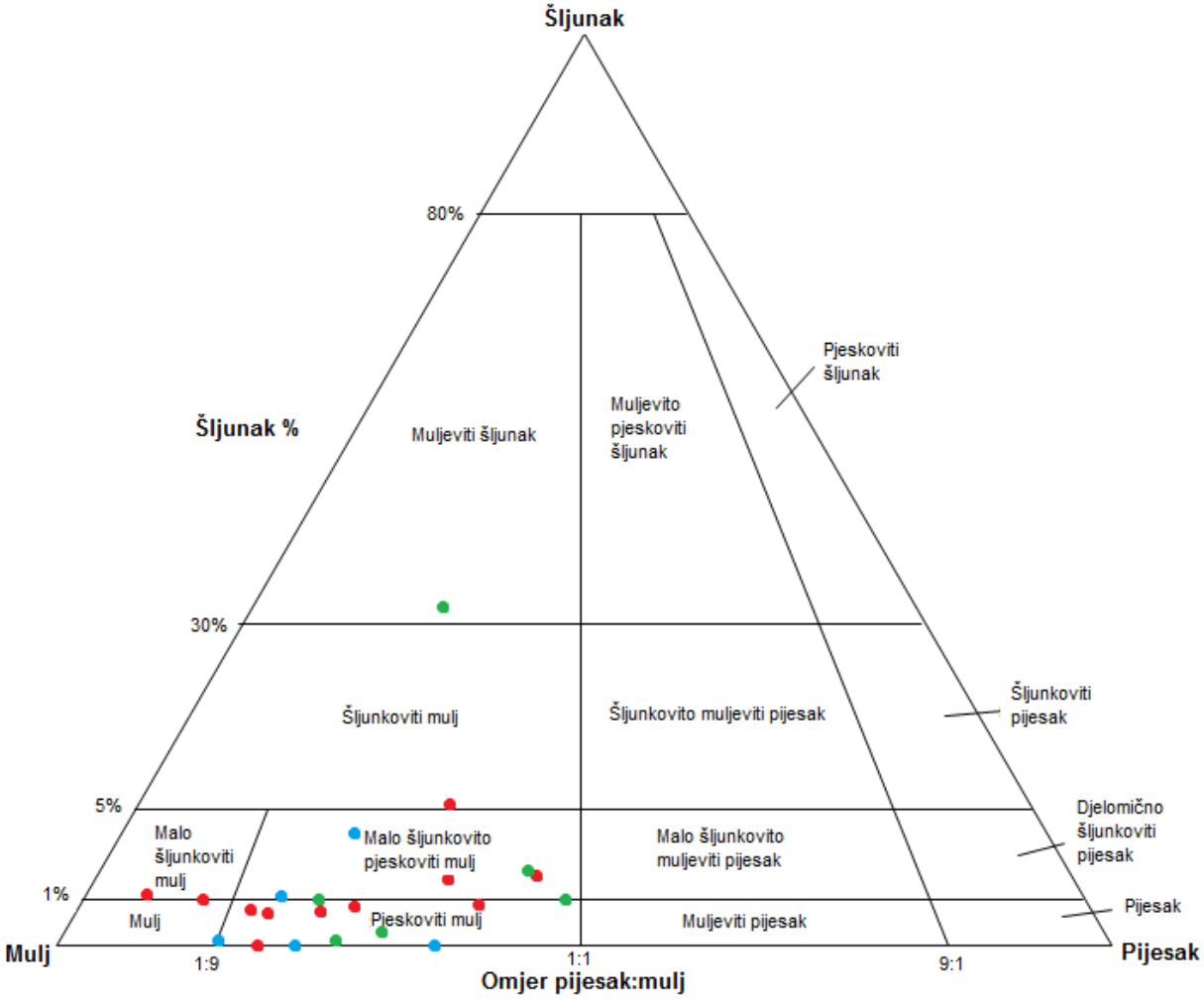
Tablica 12. Raspodjela koncentracija nekih od elemenata u tragovima jezgre NER6 s rasponom dubina.

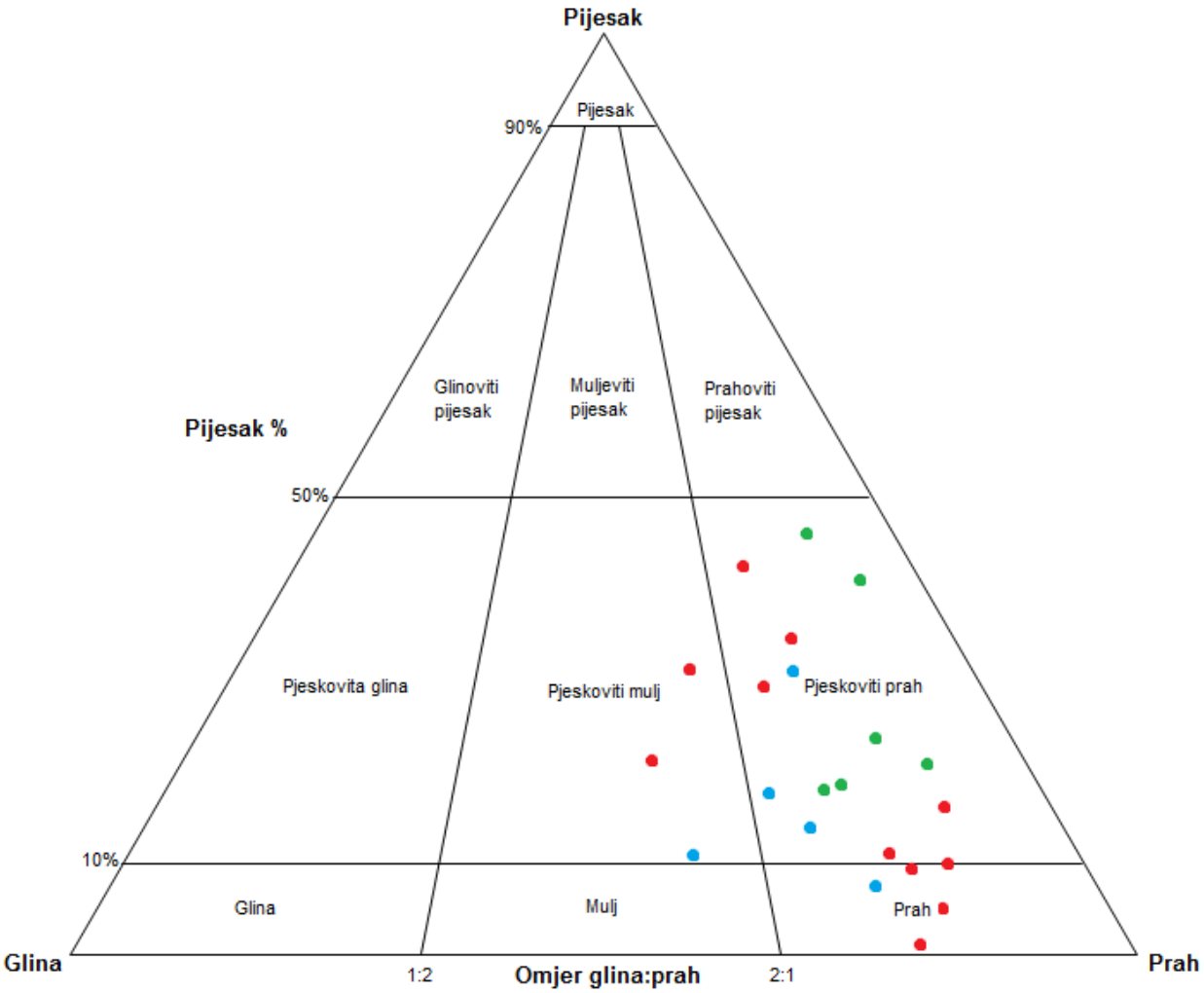
POPIS FORMULA

1) $v = \left(\frac{d}{K}\right)^2$
2) $v = \frac{s}{t}$
3) $\%\ CaCO_3 = (ml\ CO_2 \times F \times 2{,}274 \times 100) \div mg\ sedimenta$

DODATAK 1

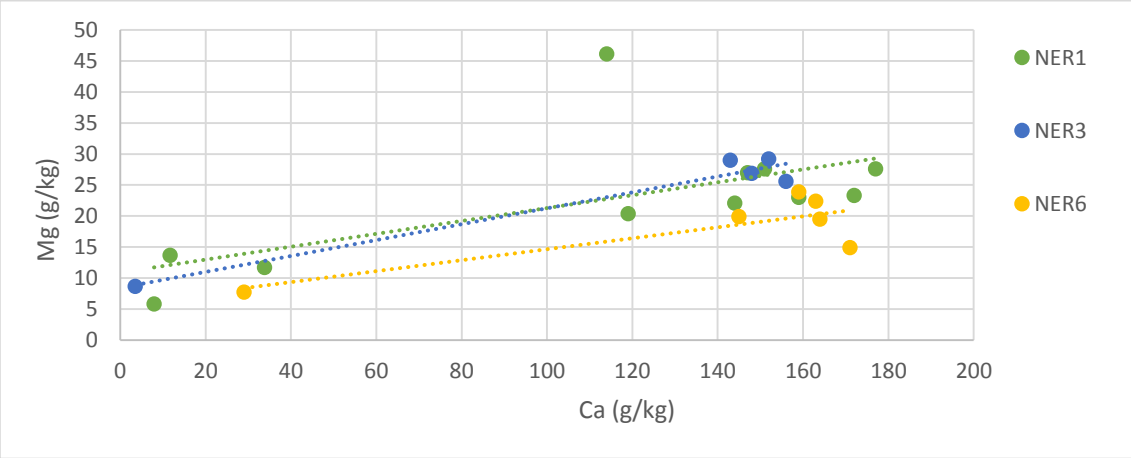
Granulometrijski sastav uzoraka sedimenata jezgre NER1 (crveno), NER3 (plavo) i NER6 (zeleno) iz delte rijeke Neretve u trokomponentnom dijagramu šljunka, pijeska i mulja, te trokomponentnom dijagramu pijeska, praha i gline (prema Folk, 1954).

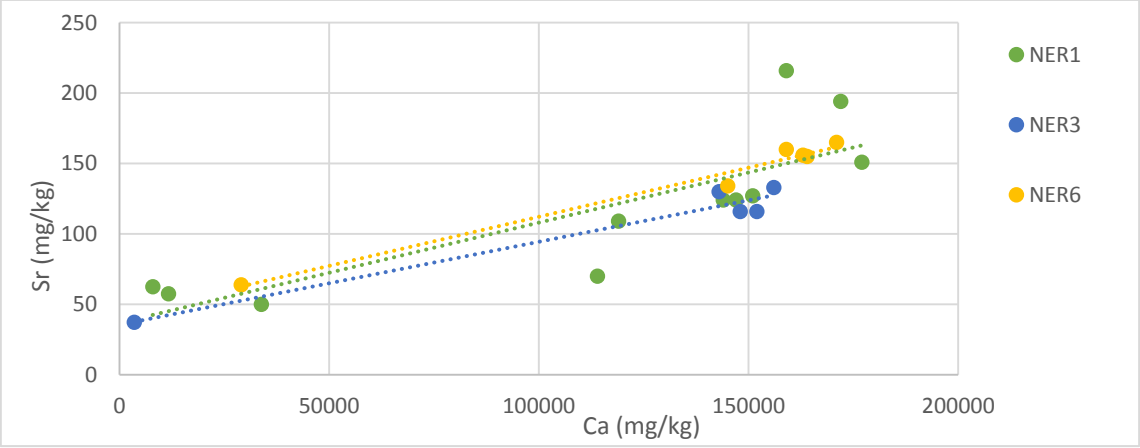


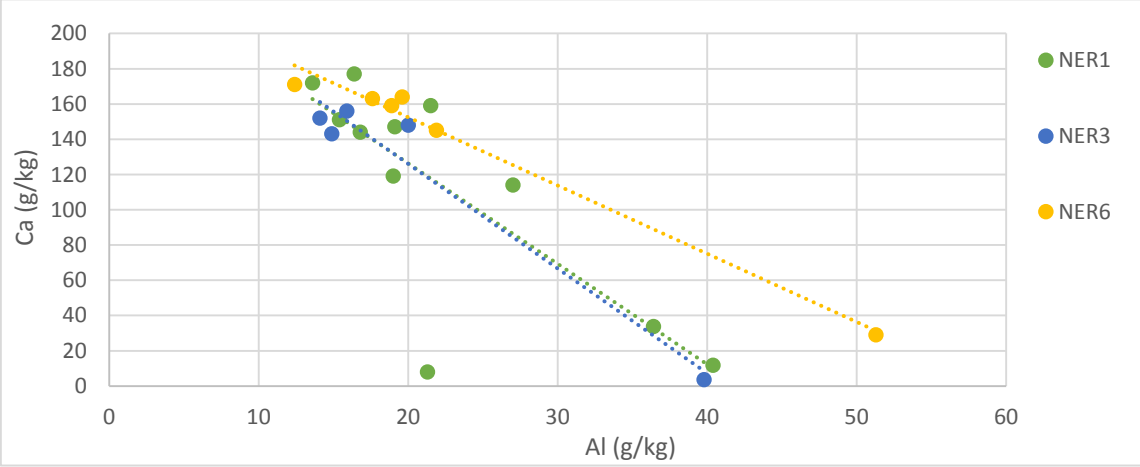

Pijesak
Pijesak
90%
Glinoviti pijesak
Muljeviti pijesak
Prahoviti pijesak
Pijesak %
50%
Pjeskovita glina
Pjeskoviti mulj
Pjeskoviti prah
10%
Glina
Mulj
Prah
Glina
1:2
Omjer glina:prah
2:1
Prah

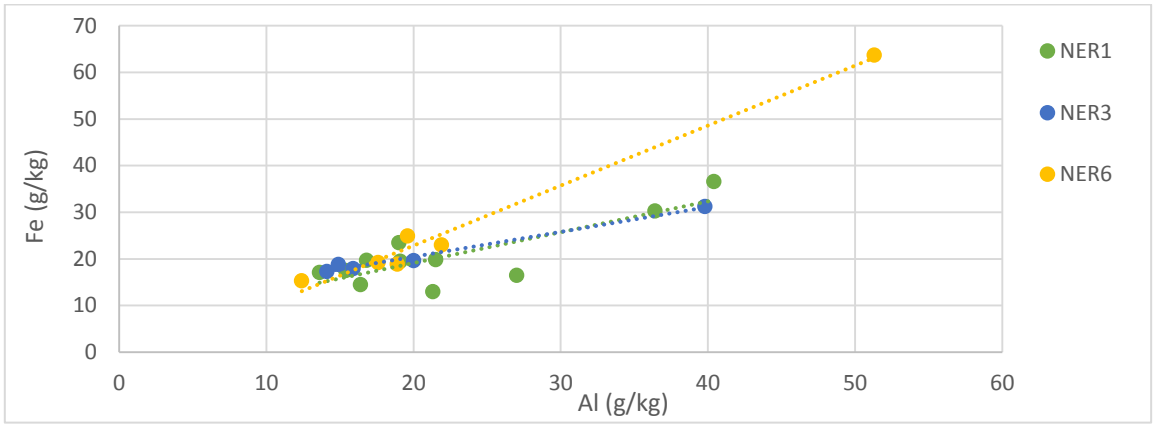
DODATAK 2

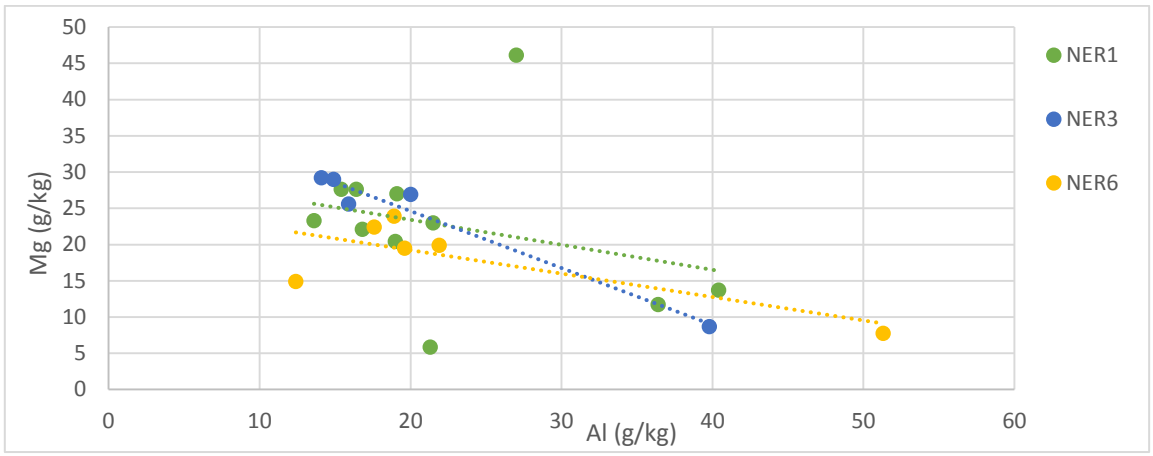
Dijagrami normalizacije Ca i Mg, Ca i Sr, te Al i Ca, Fe, Mg, S, Na, K, P, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Li, Ni, Pb, Sr, Ti, V, Zn u uzorcima jezgre NER1, NER3 i NER6.

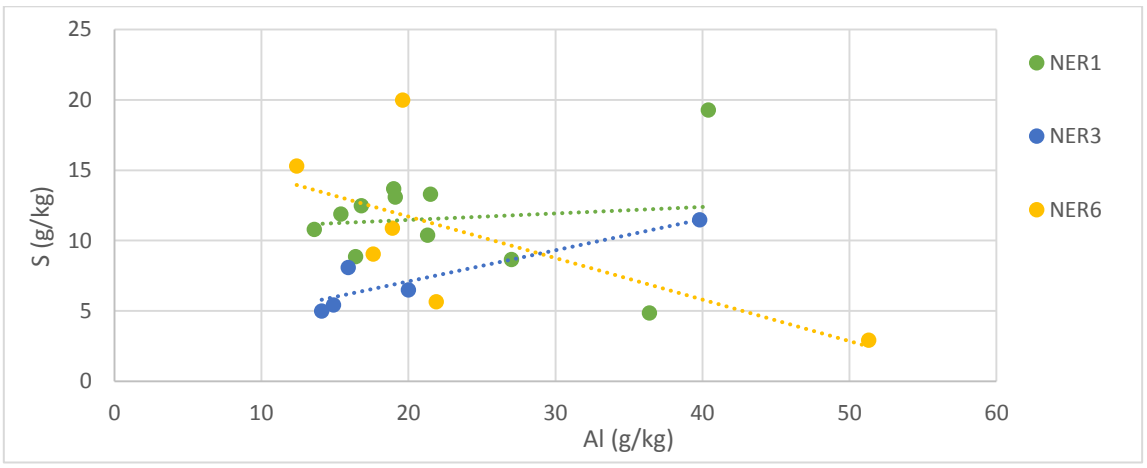


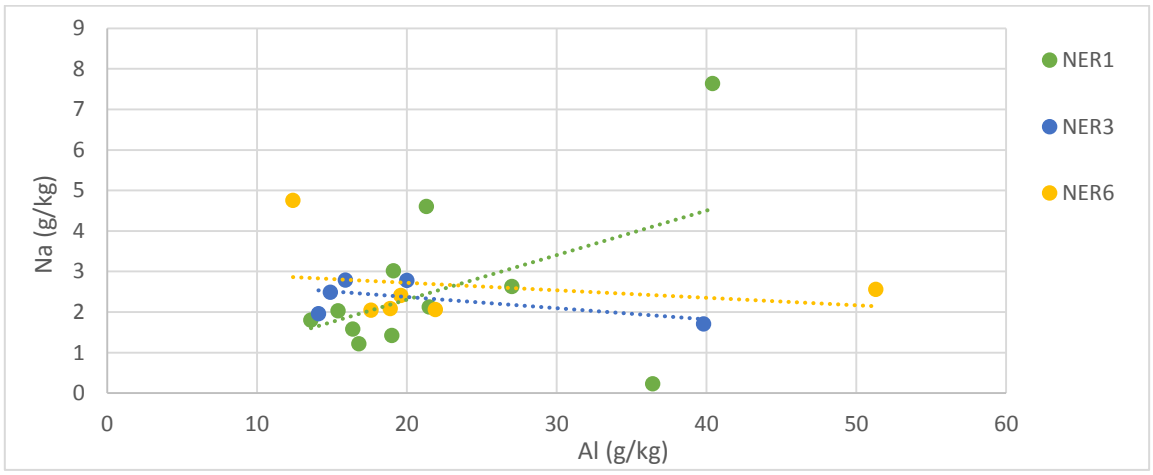


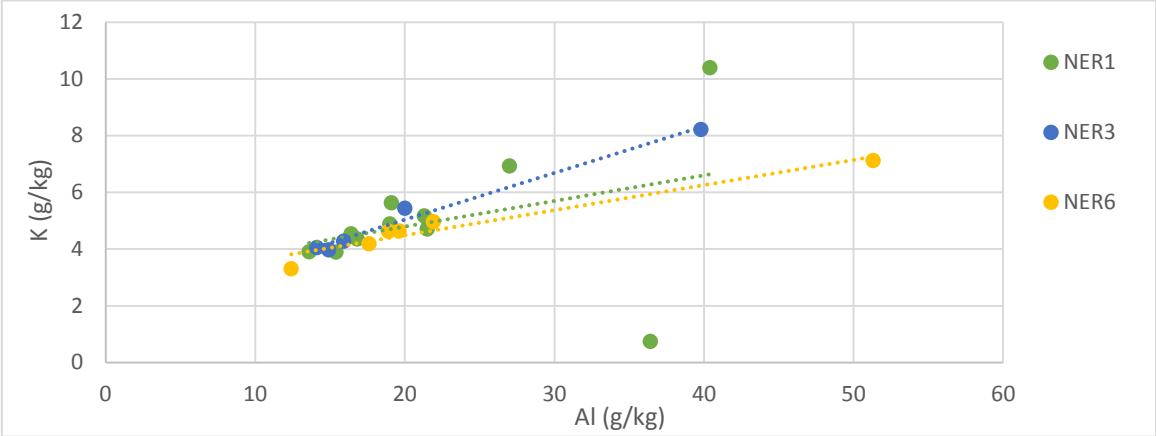


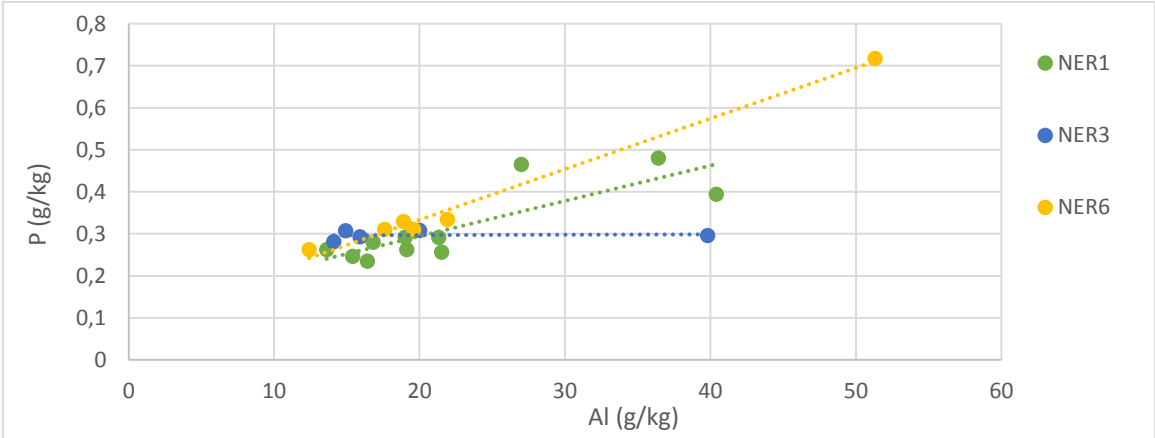

Fe (g/kg)
Al (g/kg)
NER1
NER3
NER6

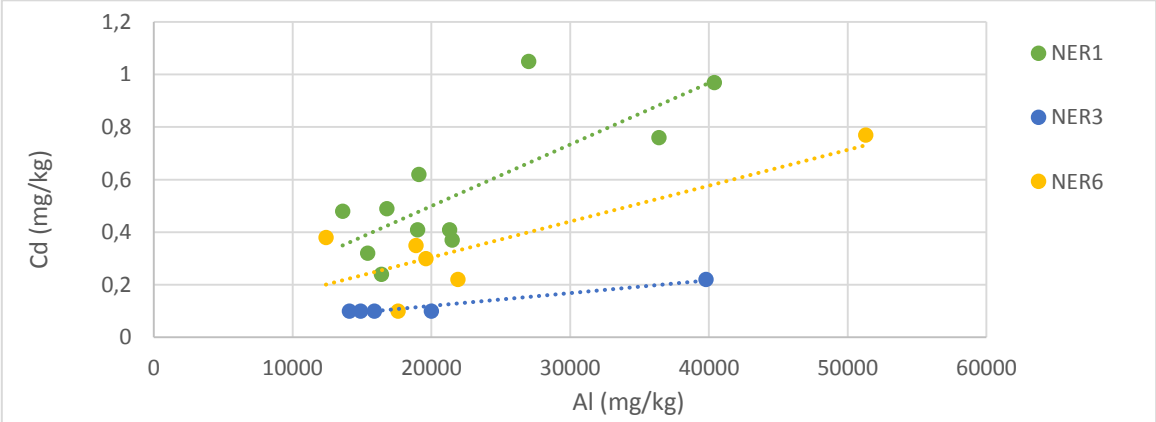

Mg (g/kg)
Al (g/kg)
NER1
NER3
NER6

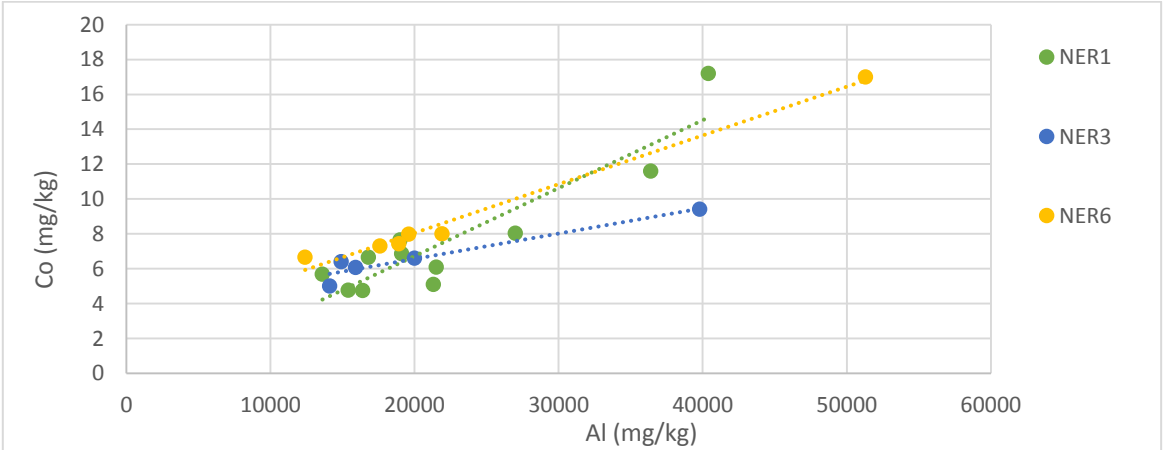

S (g/kg)
Al (g/kg)
NER1
NER3
NER6

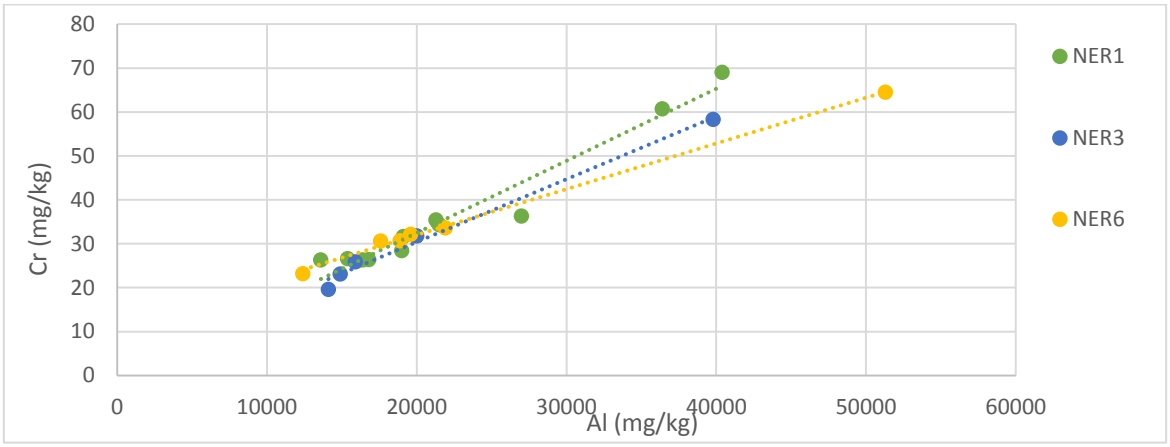

Na (g/kg)
Al (g/kg)
NER1
NER3
NER6

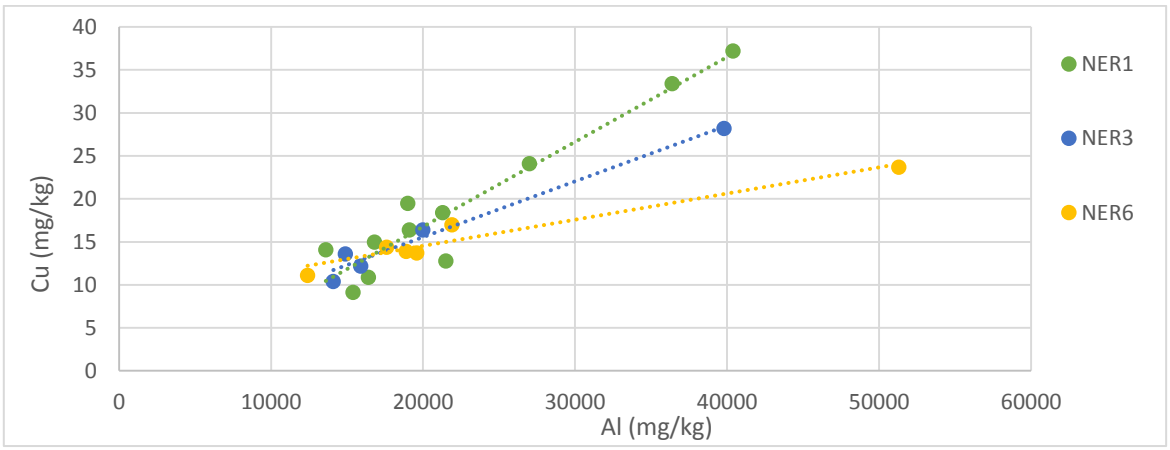

K (g/kg)
Al (g/kg)
NER1
NER3
NER6

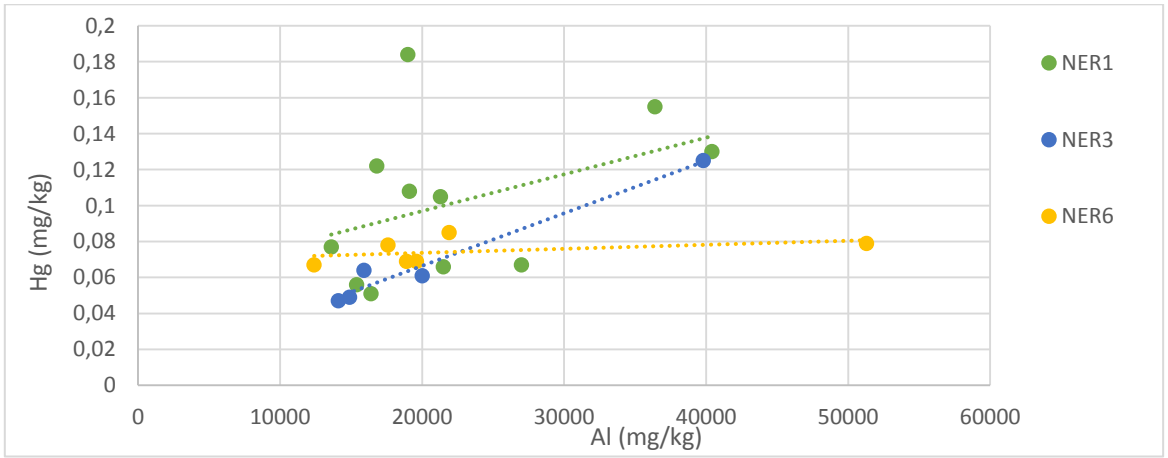

P (g/kg)
Al (g/kg)
NER1
NER3
NER6

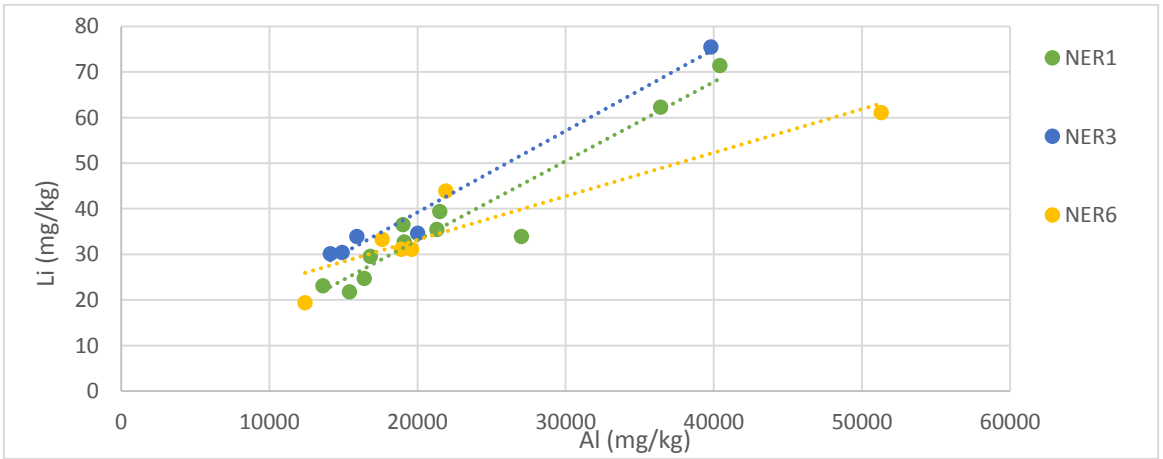

Cd (mg/kg)
Al (mg/kg)
NER1
NER3
NER6

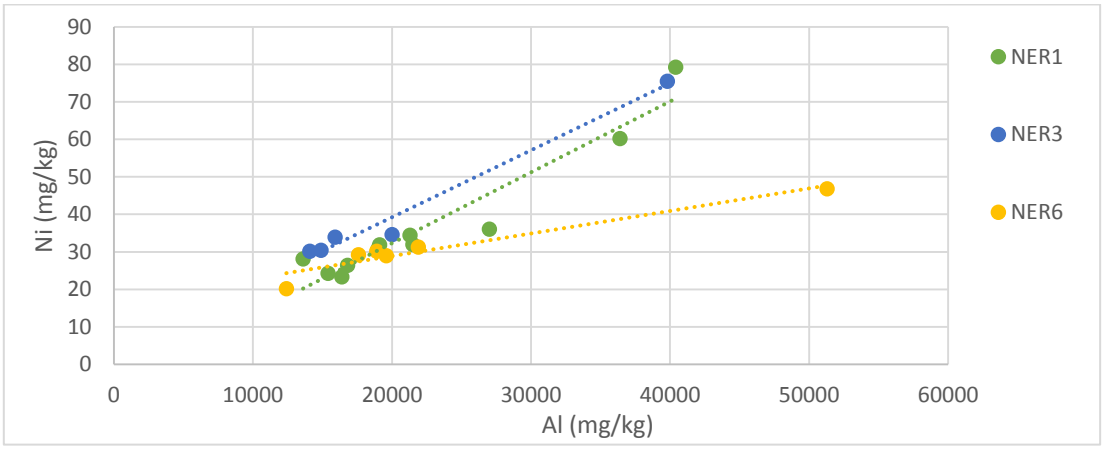

Co (mg/kg)
Al (mg/kg)
NER1
NER3
NER6

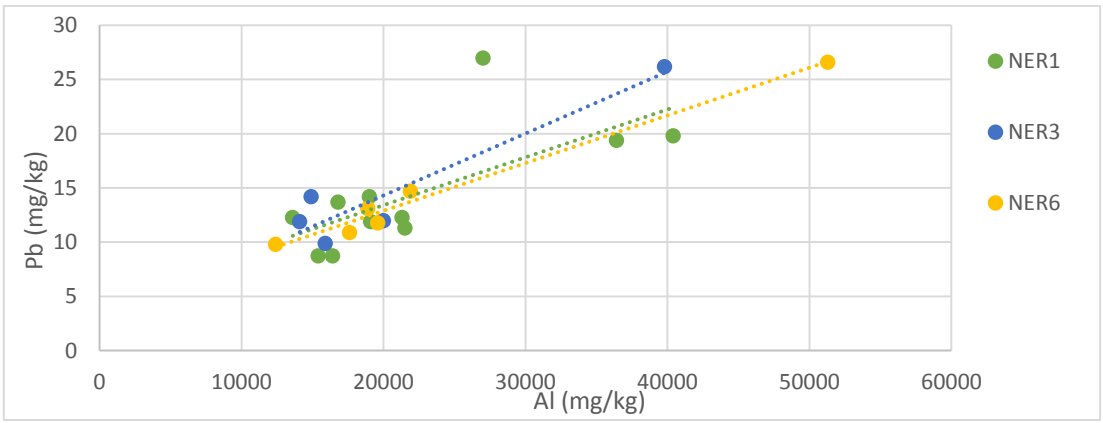

Cr (mg/kg)
Al (mg/kg)
NER1
NER3
NER6

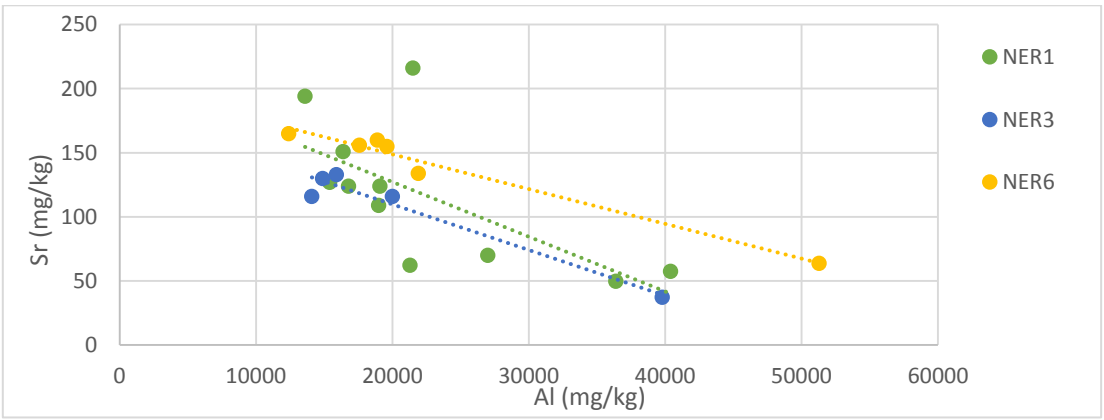

Cu (mg/kg)
Al (mg/kg)
NER1
NER3
NER6

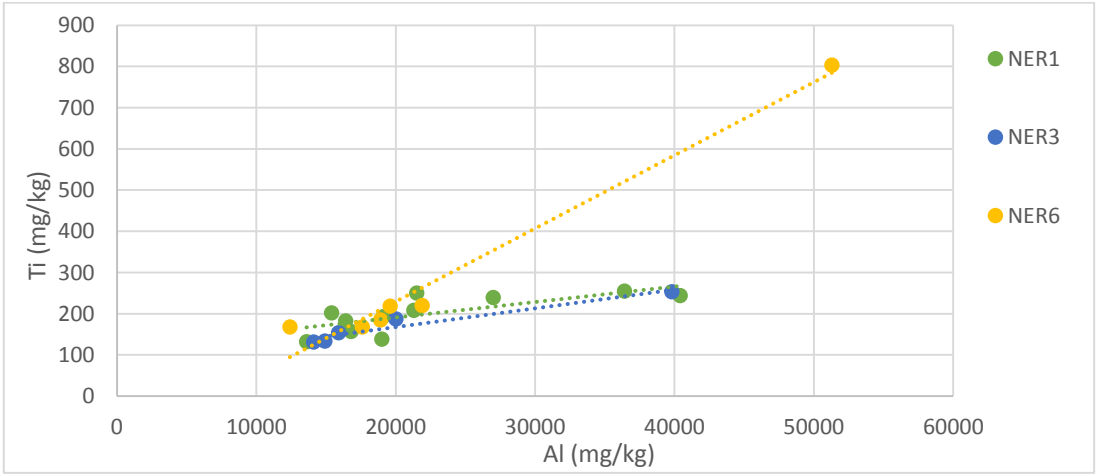

Hg (mg/kg)
Al (mg/kg)
NER1
NER3
NER6

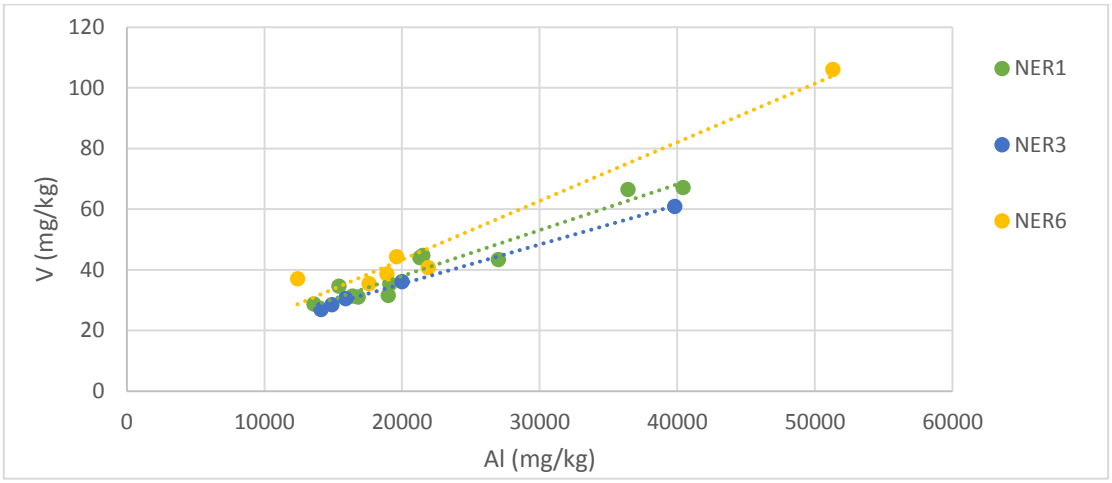

Li (mg/kg)
Al (mg/kg)
NER1
NER3
NER6

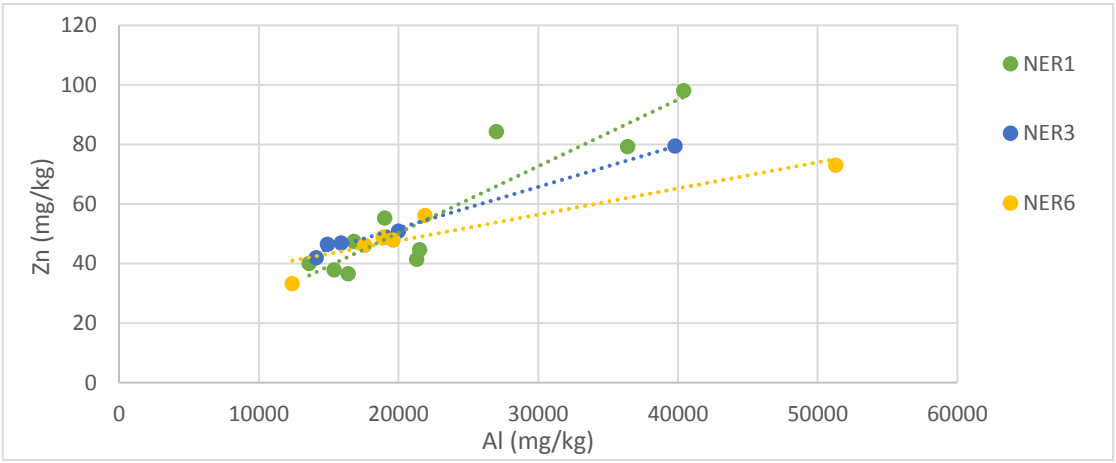

Ni (mg/kg)
Al (mg/kg)
NER1
NER3
NER6


Pb (mg/kg)
Al (mg/kg)
NER1
NER3
NER6


Sr (mg/kg)
Al (mg/kg)
NER1
NER3
NER6

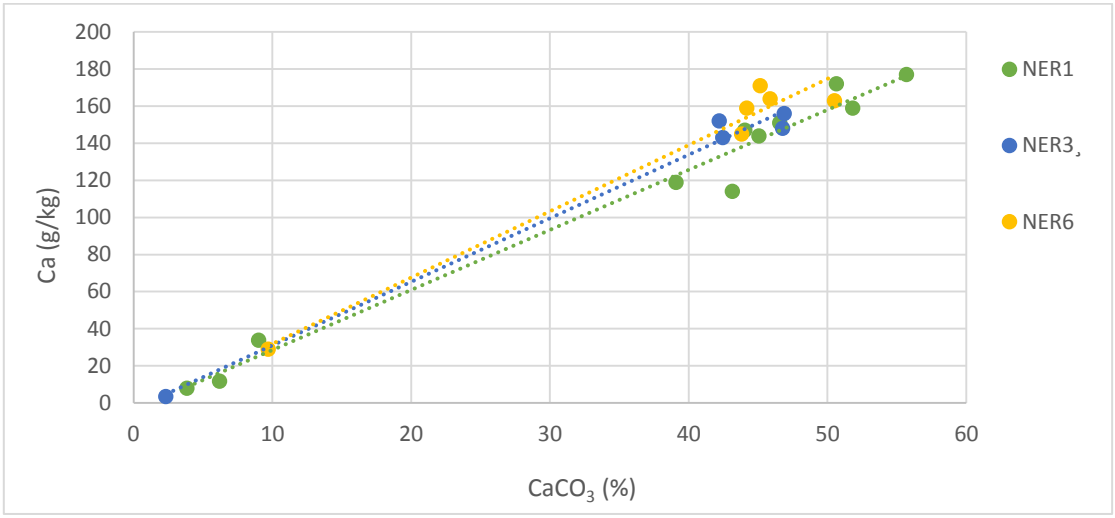

Ti (mg/kg)
Al (mg/kg)
NER1
NER3
NER6

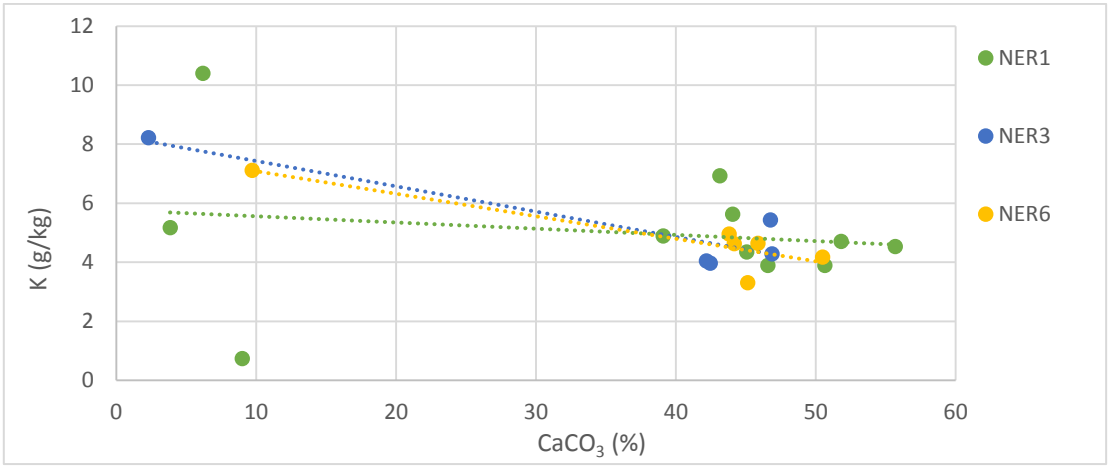

120
100
80
60
40
20
0
V (mg/kg)
0
10000
20000
30000
40000
50000
60000
Al (mg/kg)
NER1
NER3
NER6

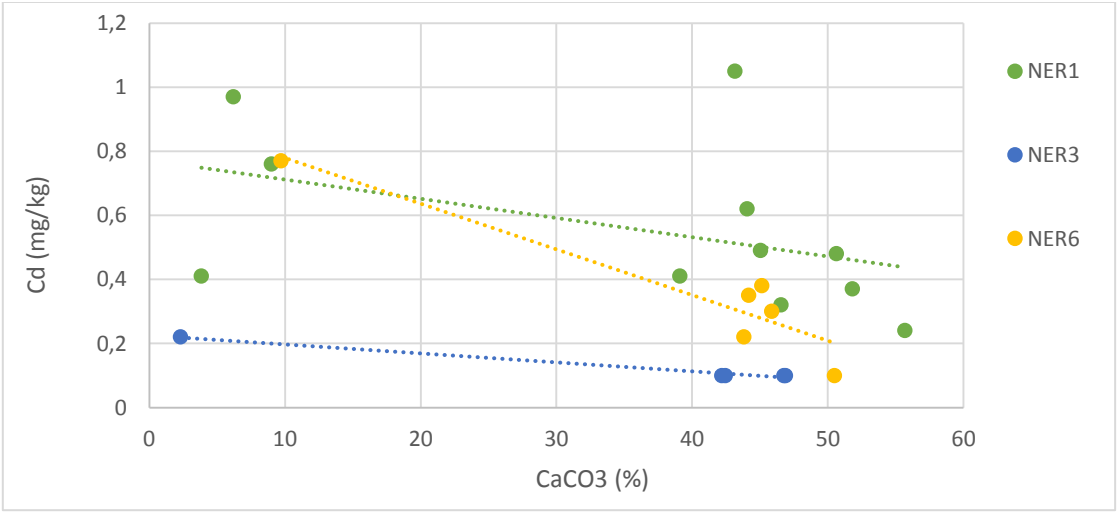

120
100
80
60
40
20
0
Zn (mg/kg)
0
10000
20000
30000
40000
50000
60000
Al (mg/kg)
NER1
NER3
NER6

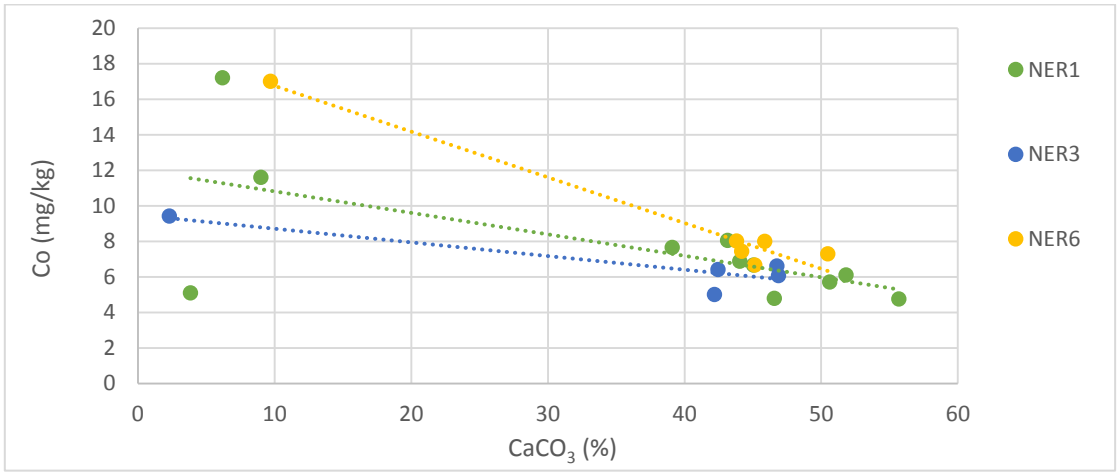
DODATAK 3

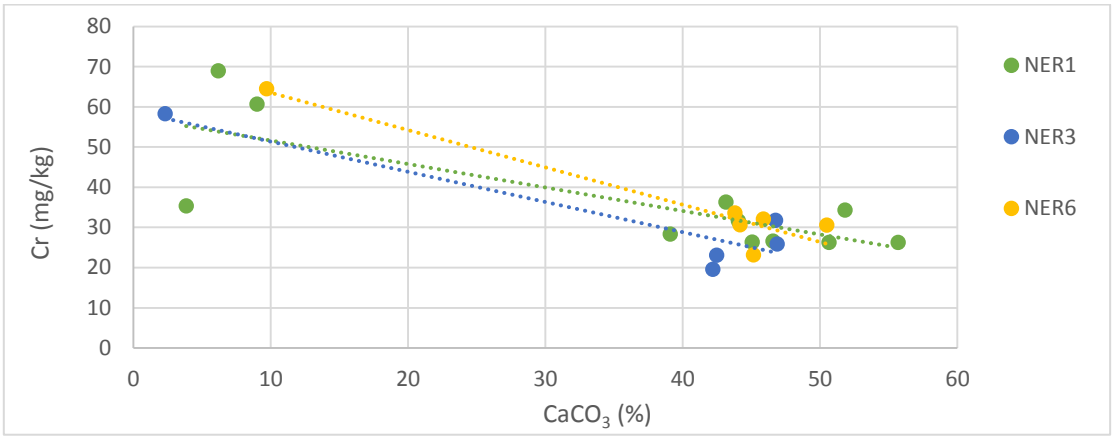
Dijagrami normalizacije $CaCO_3$ i Ca, K, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn u uzorcima jezgre NER1, NER3 i NER6.

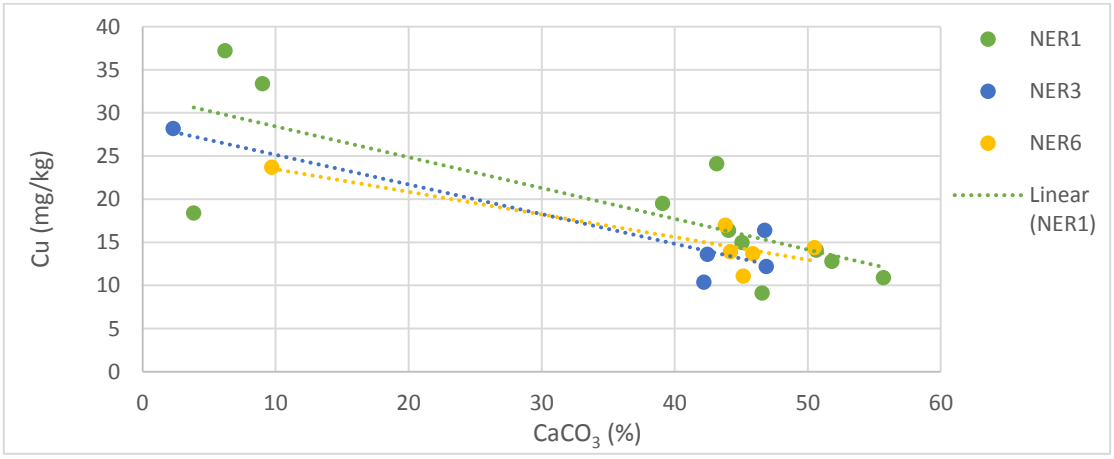


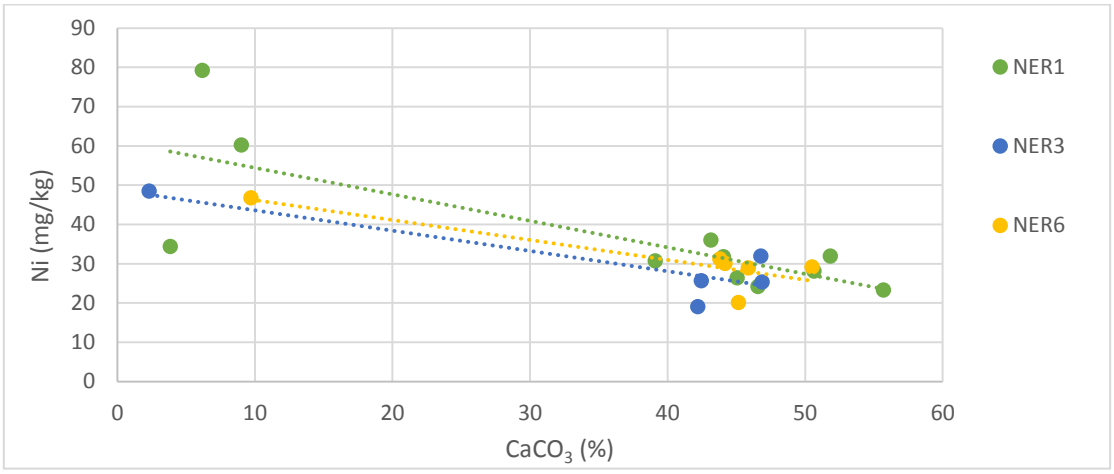


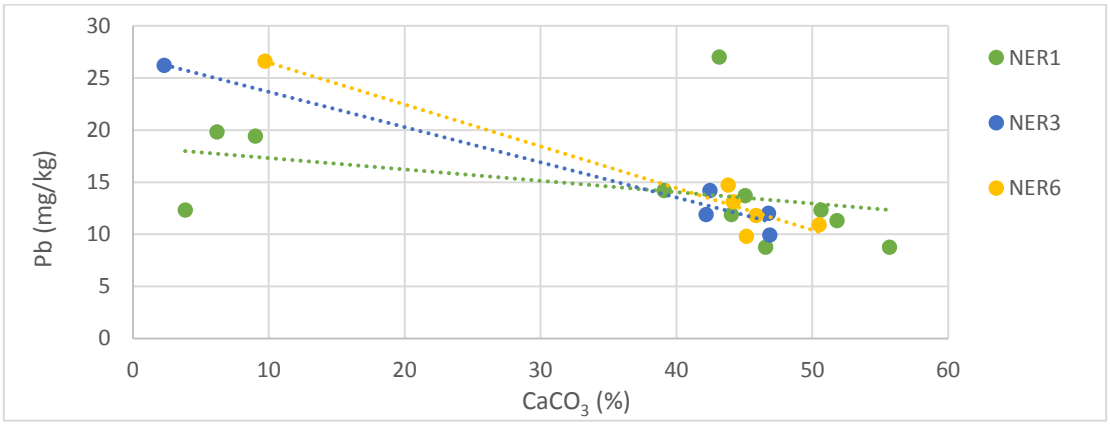


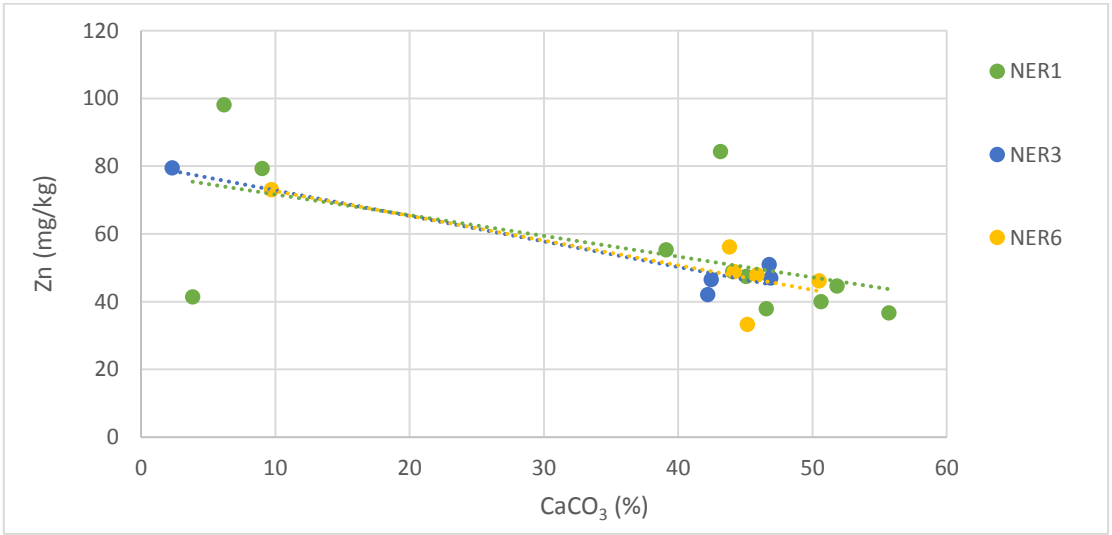

Co (mg/kg)
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
0
0
10
20
30
40
50
60
CaCO3 (%)
NER1
NER3
NER6


Cr (mg/kg)
80
70
60
50
40
30
20
10
0
0
10
20
30
40
50
60
CaCO3 (%)
NER1
NER3
NER6


Cu (mg/kg)
40
35
30
25
20
15
10
5
0
0
10
20
30
40
50
60
CaCO3 (%)
NER1
NER3
NER6
Linear (NER1)


Ni (mg/kg)
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
0
10
20
30
40
50
60
CaCO3 (%)
NER1
NER3
NER6


Pb (mg/kg)
30
25
20
15
10
5
0
0
10
20
30
40
50
60
CaCO3 (%)
NER1
NER3
NER6


Zn (mg/kg)
120
100
80
60
40
20
0
0
10
20
30
40
50
60
CaCO3 (%)
NER1
NER3
NER6

DODATAK 4

Korelacijski koeficijenti normalizacije Ca i Mg, Ca i Sr, te Al i Ca, Fe, Mg, S, Na, K, P, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Li, Ni, Pb, Sr, Ti, V, Zn.

	Al	Ca
Al	1	
Ca	**-0,92**	1
Fe	**0,93**	-0,84
Mg	-0,68	**0,81**
S	0,12	-0,08
Na	-0,13	0,1
K	**0,77**	-0,71
P	0,63	-0,54
Cd	**0,86**	-0,79
Co	**0,96**	-0,86
Cr	**0,99**	-0,91
Cu	0,97	-0,9
Hg	0,61	-0,63
Li	**0,96**	-0,89
Ni	**0,96**	-0,88
Pb	**0,88**	-0,82
Sr	-0,88	**0,93**
Ti	0,897	-0,8
V	0,98	-0,92
Zn	**0,95**	-0,83